

تشخیص خرابی تیغه‌های سوزن راه آهن با استفاده از پردازش تصویر

زهرا فتح الهی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

امیر گل رو، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

مرتضی باقری، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: z.fathollahi@aut.ac.ir

دریافت: 95/07/25 - پذیرش: 95/12/05

چکیده

افزایش قابلیت اطمینان و ایمنی شبکه راه آهن از جمله اهداف مدیران صنعت ریلی است که نیازمند بکارگیری روش‌هایی برای تشخیص و شناسایی خرابی می‌باشد. در راه آهن ایران طبق آمار ارایه شده توسط راه آهن جمهوری اسلامی ایران، 90 درصد سوانح در ایستگاه تهران بر روی سوزن رخ می‌دهد که 40 درصد آن به دلیل عدم دقت در مانور، 25 درصد مسیر اشتباهی، 25 درصد خرابی سوزن و 10 درصد نیز برخورد دیزل با واگن و یا دیزل در تقاطع‌های خطوط می‌باشد. تجهیزات سیستم سوزن به لحاظ وظیفه عملکردی در صورت عدم وجود کنترل مناسب، از حساس‌ترین بخش‌ها و عناصر سیستم ریلی محسوب می‌شوند. بنابراین، اگر بتوان از صحت اتصال و تغییر ایمن مسیر توسط سیستم سوزن اطمینان حاصل کرد، ایمنی و قابلیت اطمینان شبکه راه آهن افزایش یافته و حوادث ناشی از آن کاهش می‌یابد. در این مقاله، با استفاده از تکنولوژی پردازش تصویر به پایش سلامت تیغه‌های سوزن به عنوان مهم‌ترین عنصر ایمنی شبکه ریلی، پرداخته می‌شود. بدین منظور توسط دوربین با وضوح تصویر مطلوب، از محل تیغه‌های سوزن تصاویر گرفته شده و عملیات پردازش تصویر روی آنها به منظور تشخیص خرابی انجام می‌شود. الگوریتمی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته بر مبنای آشکار سازی تغییرات ایجاد شده روی تیغه سوزن جهت بررسی تأثیرات آن در تعویض مسیر و کسب اطمینان از عبور ایمن قطار از آن استوار است. در نهایت میزان عبور تیغه سوزن که شامل بریدگی و پریدگی ریل تیغه می‌باشد به عنوان خروجی پردازش تصویر گزارش می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سوزن، پردازش تصویر، تشخیص اتصال

1- مقدمه

مربوط به انشعاب‌ها مدام نیاز به کنترل و در دسترس بودن دارند و به هیچ وجه نباید در نقاطی غیر از نقاط ایستگاهی نصب شوند. در کشور ایران 35 درصد از مجموع عوامل خروج از خط مربوط به سوزن بوده است که نشان‌دهنده اهمیت سوزن و تأثیر آن در حوادث ریلی می‌باشد (شهنی دزفولیان، جعفرپور و میرمحمدصادقی، 1384). حادثه خروج از خط به عنوان رایج‌ترین طبقه سوانح ریلی دنیا، سالانه دو میلیون دلار خسارت به راه آهن آمریکا تحمیل می‌کند که عمده علت این سوانح خرابی ادوات انشعاب (سوزن‌ها) گزارش شده‌اند. در راه آهن کانادا نیز در سال 2009، در مجموع 54/3 درصد سهم حوادث

وسایل نقلیه در حمل و نقل ریلی بر خلاف سایر سیستم‌های حمل و نقل، تنها از یک بُعد حرکتی برخوردارند. این در حالی است که به لحاظ بهره‌برداری در محوطه ایستگاه‌ها و بنادر، نیاز به عملیات مانور و تغییر جهت مسیر حرکت امری اجتناب ناپذیر تلقی می‌گردد. به منظور رفع این نیاز از ادوات و تجهیزات خاصی به نام سوزن‌ها استفاده می‌گردد. سوزن‌ها از یک سو به لحاظ بهره‌برداری و ایجاد انعطاف‌پذیری در خطوط راه آهن، عنصر مهمی به شمار می‌آیند، اما از سوی دیگر به دلیل وجود پتانسیل خروج از خط وسایل نقلیه، به لحاظ ایمنی سیر و حرکت از خطرناک‌ترین نقاط مسیر محسوب می‌شوند. ادوات

می‌تواند گامی در راستای مدیریت صحیح نگهداری و تعمیر این قطعات باشد.

1-1-1- خرابی تیغه‌های سوزن

در ادامه آنچه از خرابی‌های فیزیکی تیغه سوزن، در این تحقیق مورد شناسایی قرار خواهد گرفت.

1-1-1- سائیدگی، لهیدگی و پدیدگی لبه‌های تیغه

این معایب بر اثر تردد زیاد وسایط نقلیه بر روی تیغه‌ها، به خصوص تیغه‌های قوس ایجاد گردیده و با تردد وسایط نقلیه، سائیدگی در تیغه سوزن ظاهر و لبه آن به مرور زمان کوتاه می‌گردد. با کوتاه شدن لبه تیغه سوزن حالت لهیدگی در آن ایجاد و تیغه سوزن به سمت ریل پهلویی منحرف می‌شود. در صورت تشدید، این عیب در سوزن به صورت ترک و یا پارگی در تیغه سوزن نمایان می‌گردد. از عوامل دیگر که سبب بروز این عیب در تیغه سوزن می‌گردد، عدم سوزن کوبی به موقع و تراز نمودن آن می‌باشد. نمونه خرابی‌های مربوط به تیغه سوزن در شکل‌ها آورده شده‌اند.



شکل 1. لب پدیدگی تیغه سوزن

1-1-2- خرابی و شکستگی در تیغه سوزن

این خرابی می‌تواند ناشی از افتادن دستگیره قلاب اتوماتیک واگن یا میله مثلث و دیگر قطعات آلات ناقله و گیر نمودن آنها به تیغه سوزن باشد.

خروج از خط در خطوط اصلی و فرعی گزارش شده که موقعیت اکثر این خروج از خطها در محل سوزن اعلام شده است (شهینی دزفولیان، جعفرپور و میرمحمدصادقی، 1384).

با توجه به آمار فوق‌الذکر و ادبیات موجود نشان داده شده است که غالب حوادث خروج از خط، روی سوزن اتفاق می‌افتد، بنابراین بررسی و ارایه شاخصی مبنی بر ایمن بودن سوزن برای عبور قطار موضوع مهمی است که بایستی مورد بررسی قرار گیرد. بازدیدها یکی از شیوه‌های مناسب جهت شناسایی معایب فیزیکی موجود در خط آهن می‌باشد. بازدیدهای دوره‌ای و کنترل چشمی خط آهن و شناسایی معایب توسط بازرسی خطوط ریلی برای تشخیص اولیه معایب صورت می‌گیرد، اما با توجه به محدودیت‌های موجود در این نوع بازرسی فقط می‌تواند جهت تعیین محل‌هایی که شدت خرابی بالایی دارند استفاده شود. بازرسی مکانیزه و خودکار می‌تواند در تشخیص و شناسایی بهنگام عیب در سیستم‌های صنعتی قبل از آنکه باعث ضرر و آسیب زیادی شوند، بسیار مهم و راهگشا باشد. از آنجایی که در این روش نیروی انسانی از پیمایش و برداشت داده حذف می‌شود امنیت جانی برای کارگران این بخش افزایش می‌یابد، به علاوه قضاوت شخصی مسئولین در جمع آوری داده دخیل نبوده و داده‌ها از صحت و دقت بالاتری برخوردار خواهند بود. به این ترتیب تکرار عملیات برداشت داده نیز به آسانی قابل تحقیق می‌باشد و استانداردپذیری بالاتری نیز خواهد داشت. ضمن آنکه در این حالت داده‌های بیشتری با هزینه‌ی کمتر (حذف دستمزد کارگران و مسئولان این بخش) قابل برداشت خواهند بود. در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری بر روی نگهداری پیشگیرانه در بسیاری از صنایع مثل صنعت راه آهن با هدف افزایش قابلیت اطمینان صورت گرفته است (fernando, et al. 2011). از طرفی به دلیل سیاست افزایش سرعت سیر و بار محوری این هزینه‌ها چند برابر خواهد شد، که این بر اهمیت موضوع می‌افزاید. با توجه به آنچه از اهمیت سوزن در هدایت ایمن قطار از روی ریل ارایه شد و با عنایت به آمار حوادث و خروج از خطها در محل سوزن و با توجه به دقت و سرعت پایین بازرسی‌های چشمی و ایمنی حداقل این روش‌ها، یکی از راهبردهای کارا در این زمینه هوشمندسازی برداشت داده از وضعیت عملکردی سوزن می‌باشد. لذا معرفی روش تشخیص هوشمند خرابی تیغه‌های سوزن در این تحقیق

ماندربوتا و همکاران در ایتالیا سیستمی را برای کشف و تشخیص ناهمواری‌های ریل توسعه داده‌اند که این سیستم از تصاویر با دقت 2048x512 پیکسلی، نورهای مصنوعی و طبقه‌بندی بافت برای شناسایی عیوب سطحی استفاده می‌کند. این سیستم قادر است تا با سرعتی تا سقف 200 کیلومتر بر ساعت تصاویر را جمع‌آوری کند (Berry, et al. 2008).

دانشگاه فلوریدا مرکزی در حال توسعه یک سیستم برای اندازه‌گیری عرض خط و بازرسی از پابندها است این سیستم از دوربین‌های CCD^۲ با سرعت بالا با دقت تصویر 768x1027 پیکسل استفاده می‌کند. این دوربین با چراغ‌های استروب تنظیم می‌شود تا تفاوت وضوح تصویر را در طول روز به حداقل برساند.

همچنین محافظ نور آفتاب هم نصب شده تا از اثر افتادن سایه در تصاویر جلوگیری کند. این سیستم لبه‌های ریل‌ها را شناسایی می‌کند و با کمک فاصله مشخص میان دو دوربین، تخمینی از عرض خط را ارائه می‌دهد (Babenko 2009).

بسیاری از تکنیک‌های نظارت دستگاهی مورد بررسی قرار گرفته است و این سیستم‌ها در سراسر جهان برای بازرسی از اجزای خط از جمله ریل، سیستم‌های پابندی، وصله‌های ریلی، و بالاست استفاده می‌شود. سامانه‌های پایش سلامت هوشمند ریلی قابلیت چشم‌گیری در شناسایی خرابی دارند که موجب ارتقای حوزه بازرسی ریلی می‌شوند. در بسیاری از موارد نتایج تجربی با دقت بیش از 80 درصد و سرعت‌های اندازه‌گیری تا 320 کیلومتر در ساعت را نشان داده است (papaeliass, roberts and davis 2008) کارهای آینه هم شامل کارهای تجربی بیشتر با شرایط نورپردازی متغیر، به خصوص در شرایط نامساعد جوی و در تاریکی است. همچنین باید تحقیقات بیشتری برای ارتقای سرعت‌های پردازش الگوریتمی انجام شود تا تحلیل داده‌های زمان واقعی انجام شود و قابلیت اطمینان افزایش یابد.

3- بیان مسأله

با توجه به آنچه از اهمیت سلامت تیغه‌های سوزن در هدایت ایمن قطار و لزوم پایش هوشمندانه آنها بیان شد، در این مقاله به ارائه روشی مبنی بر تشخیص خرابی‌های این قطعات پرداخته می‌شود. در راستای این هدف خرابی‌های مورد نظر به صورت سائیدگی، پریدگی و یا پریدگی ریل تیغه تعریف شده و روش



شکل 2. پریدگی تیغه سوزن

2- پیشینه تحقیق

یکی از فناوری‌های مربوط به توسعه نظارت به کمک سامانه‌های هوشمند، استفاده از دوربین‌های ویدئویی، حسگرهای اپتیکی و الگوریتم‌های طراحی شده سفارشی است که در اوایل دهه 1990 با وظیفه تشخیص عیوب سطحی ریل شروع به کار کرد (davis 2008 و papaeliass, roberts). تا چندی پیش، بازرسی چشمی ریل تنها توسط پیاده‌روی شخصی با تجربه در طول ریل و نگاه کردن وی برای تشخیص خرابی‌ها انجام می‌گرفت. اما در چند سال گذشته، در حوزه راه‌آهن سامانه‌های هوشمند مختلفی برپایه دوربین در سیستم‌های بازرسی خط و قطار، سیستم‌های نگهداری، تعمیرات و بهره‌برداری و سیستم‌های مربوط به مسافرین به کار گرفته می‌شود (Stella, et al. 2002). سیستم‌های بینایی ماشین اخیراً در بسیاری از بازرسی‌های راه‌آهن، روشی جایگزین در مقابل بازرسی‌های چشمی انسانی شده‌اند (hongfei, et al. 2014).

دیوتسچل و همکاران سیستم نظارت دستگاهی ارائه کرده‌اند که با استفاده از روش تفاوت تصویر طیفی^۱ تصاویر سه بعدی تولید کرده و عیوب سطحی در ریل‌ها را مشخص می‌کند. به علاوه دوربین‌ها می‌توانند با سرعتی تا میزان 60 کیلومتر در ساعت تصاویر را ثبت کنند. اگرچه این سیستم در حال حاضر تنها در خطوط تولید ریلی استفاده می‌شود، می‌تواند به یک وسیله نقلیه بازرسی برای بازرسی‌های میدانی از ریل هم متصل شود (mandriota, et al. 2004).

شناسایی و کنترل آنها بکارگیری الگوریتم‌های پردازش تصویر خواهد بود.

4- روش تحقیق

با توجه به آنچه از خرابی مورد نظر و اهمیت کنترل آن در شبکه خطوط راه آهن بیان شد و با در نظر گرفتن روش پردازش تصویر به عنوان یکی از فناوری‌های اخیر در صنعت بازرسی، در ادامه به معرفی این روش برای حل مساله پرداخته می‌شود.



شکل 3. فلوجارت روش تحقیق



شکل 4. نمونه‌ای از تصاویر برداشتی از محل تیغه سوزن

تصاویر رعایت نکات تصویر برداری یکنواخت برای اعمال روش بهینه در پردازش نرم‌افزاری آنها لازم است. به علاوه، حتی‌الامکان سعی شد که عملیات برداشت در شرایط مناسب جوی انجام گیرد. اصولاً، با توجه به هدف مطالعه، توجیهی برای برداشت داده در شرایط نامساعد جوی همچون گرد و غبار، هوای مه‌آلود و بارندگی وجود نداشت؛ شایان ذکر است برداشت داده‌های مورد نظر در شرایط نامساعد جوی موجب به هدر رفتن هزینه و زمان خواهد شد.

برای رعایت نکات مربوط به یکنواختی تصاویر و تهیه پایگاه داده‌ها شامل تصاویر همسان برای پردازش، تمامی تصاویر در شرایط یکسان برداشت شدند. لذا عکس برداری در شرایط نوری یکسان و ثابت با نورپردازی مصنوعی انجام گرفت. در همه مراحل از تنظیمات ثابت در طول تمام مراحل عکس برداری، برای تثبیت فاصله دوربین نسبت به هدف و زاویه برداشت، استفاده شد. تنظیمات مورد نظر برای ثبت تصویر با وضوح مطلوب، چندین بار تغییر داده شده و مورد بررسی قرار گرفت تا میزان فاصله بهینه و زاویه مناسب تصویر استخراج شود. برای دستیابی به تنظیمات بهینه دوربین لازم بود تا با شرایط مختلف تصاویر برداشت شده و نتایج مورد انتظار از آنها مورد بررسی قرار گیرد. در این عملیات تنظیمات ارتفاعی و زاویه‌ای دوربین هر بار تغییر داده شد و با توجه به هدف شناسایی ناهمواری پس از بررسی‌ها تنظیمات ثابت دوربین برای برداشت اصلی مورد استفاده قرار گرفت.

پس از آماده سازی شرایط مذکور، عملیات برداشت داده انجام شد. این گام در واقع همانند بازرسی‌های چشمی که هم اکنون در حال انجام است می‌باشد، با این تفاوت که نتایج خروجی از این گام دارای صحت و دقت بالاتر بوده و از استاندارد بالاتری برخوردارند. تصاویری که در این پایگاه قرار می‌گیرند دارای ویژگی‌های یکسان به لحاظ شرایط برداشت می‌باشند (xueyong, et al. 2012).

با معرفی خرابی مورد نظر، کدنویسی برای تشخیص و شناسایی این خرابی‌ها از بین تصاویر گرفته شده آغاز شد. کدنویسی در نرم‌افزار متلب و با استفاده از جعبه ابزار پردازش تصویر انجام گرفت. از آنجایی که معرفی سیستمی برای کمک به بازرسی‌های چشمی مورد نظر می‌باشد، در این راستا سعی می‌شود کد نوشته شده قابلیت استفاده برای شناسایی تصاویر مشابه داشته و از سرعت اجرایی بالایی برخوردار باشد.

4-1- برداشت داده

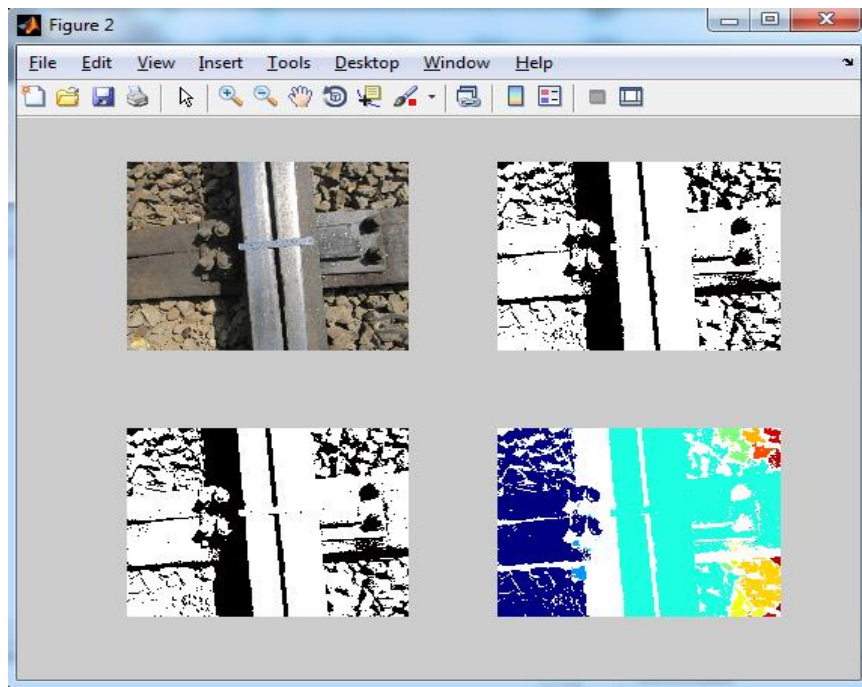
تصویربرداری (جمع‌آوری داده) نخستین مرحله عملی تحقیق می‌باشد. تصاویر تهیه شده بایستی دارای وضوح مناسب و تضاد کافی بین اجزای برداشت شده، باشند. لذا در جمع‌آوری

۲-۴- پردازش تصاویر

با توجه به ویژگی‌های تصاویر موجود، روند تحلیل تصاویر انتخاب و اعمال شد. از آنجایی که نمونه‌های برداشتی به لحاظ کمی زیاد نبودند لذا بخش آموزش نرم‌افزار با استفاده از تعریف ویژگی‌های قطعه سالم و معیوب انجام گرفت. به عبارت دیگر با توجه به مشخص بودن مقیاس تصاویر و با در نظر گرفتن جزئیات ابعادی تیغه سوزن سالم، این ویژگی‌ها برای نرم‌افزار تبیین شد. لذا، در گام‌های بعد هر تصویر دریافتی از برداشت میدانی با ویژگی‌های تعریف شده مقایسه شده و میزان اختلاف از مقادیر مطلوب به عنوان خروجی نرم‌افزار ارایه شد.

۳-۴- فراخوانی تصویر

فرآیند پردازش تصویر برای شناسایی هدف مورد نظر با فراخوانی تصویر توسط کامپیوتر شروع شد. با آماده شدن فاز نرم افزاری تحقیق و کدنویسی‌ها، تصاویر از پایگاه داده‌ها فراخوانی شده و وارد گام پردازش توسط رایانه شدند. تصاویر فراخوانی شده مورد پردازش قرار گرفته و نهایتاً با توجه به میزان انحراف از مقدار مطلوب، مورد تحلیل قرار گرفتند. روند تحلیل تصویر توسط نرم افزار به ترتیب زیر دنبال شد. در این مرحله تصویر به عنوان ورودی مسئله مورد تحلیل‌های بعدی قرار گرفت.



شکل 4. نمونه‌ی خروجی مرحله اول نرم‌افزار

۴-۴- بهبود کیفیت تصویر

با توجه به هدف تحقیق و لزوم برخورداری روش ارایه شده از صحت بالا، نیاز به بهبود کیفیت تصاویر وجود دارد. لذا، با استفاده از عملکرد توابع موجود در جعبه ابزار پردازش تصویر به افزایش تضاد^۳ تصاویر پرداخته شد و با استفاده از نمودارهای پراکندگی شدت نور پیکسل‌ها^۴، اختلاف شدت نور اجزای تصویر بالاخص در مرز جدایی اجزا مانند لبه‌های ریل افزایش یافته و تحلیل‌های بعدی روی تصویر با کیفیت بهتری انجام می‌شوند.

۵-۴- شناسایی اجزای تصویر

پس از دریافت تصویر با توجه به هدف شناسایی سائیدگی در تیغه‌ها لازم است تا ریل‌ها از سایر اجزای تصویر جدا شده و بررسی شوند. لذا از عملگر شناسایی لبه^۵ استفاده شد، به این ترتیب ریل کناری و نیز ریل تیغه شناسایی شده و از سایر اجزای تصویر جدا شدند اما از آنجایی که تنها بررسی ریل تیغه مطلوب است از ویژگی‌های ظاهری این قطعه استفاده شده و با آموزش این ویژگی‌ها به نرم‌افزار تنها ریل تیغه از تصویر باقی مانده و مابقی اجزای تصویر کنار گذاشته شد. ویژگی‌هایی که از آنها برای آموزش در جداسازی ریل تیغه از ریل پهلویی انجام

4-6-3- بیان میزان عیب براساس معیار اندازه‌گیری

واقعی

در مرحله برداشت تصویر از معیار تبدیل واحد تصویر به واحدهای اندازه‌گیری عینی استفاده شد، با توجه به ثابت بودن تنظیمات دوربین در تصویربرداری حضور معیار اندازه‌گیری (مانند خط‌کش) در یکی از تصاویر کافی بود تا ضریب تبدیل اندازه پیکسلی به اندازه عینی تعیین شود. لذا خروجی‌های مرحله قبل که اندازه پیکسلی خرابی بودند توسط این ضریب به اندازه میلی‌متری درآمدند.

خروجی‌های چند نمونه از تصاویر مورد بررسی در جدول 1 آمده‌اند.

جدول 1. خروجی‌های پردازش تصویر

تصویر	اندازه خرابی خروجی نرم‌افزار (میلی‌متر)	اندازه خرابی برداشت میدانی روش سنتی (میلی‌متر)
1	24	26
2	37	34
3	32	28
4	17	21
5	28	24

5- نتیجه‌گیری

همانطور که مشخص است انجام بازدید از خط آهن نیاز به صرف هزینه‌های زیاد و متوقف ساختن عبور و مرور از خط آهن مربوطه می‌باشد که این مساله خود هزینه زیادی را متوجه راه آهن خواهد ساخت. در این تحقیق هدف ایجاد سامانه پایش سلامت هوشمند بود که بتواند در زمان‌ها و شرایط مختلف نظر دقیق و صحیح مبنی بر سلامت تیغه‌های سوزن ارائه دهد. سامانه سامانه پایش سلامت هوشمند که در این تحقیق معرفی شده است، شامل برداشت تصویر از محل تیغه‌های سوزن و پردازش نرم‌افزاری تصاویر ثبت شده توسط کامپیوتر می‌باشد. در نهایت آنچه به عنوان خروجی در اختیار کاربر برنامه قرار می‌گیرد، معیاری برای سنجش سلامت سیستم بررسی شده، می‌باشد. با توجه به اهمیت سیستم سوزن در تعیین مسیر و حرکت ایمن قطار بر روی ریل، در این مقاله سعی شد الگوریتمی مبتنی بر پردازش تصویر برای کنترل خرابی‌های فیزیکی تیغه سوزن ارائه شود. در هر مرحله از پردازش بهترین و سریعترین روش انتخاب شد بگونه‌ای که تصاویر گرفته شده بتوانند بهترین عملکرد را در محیط راه آهن داشته باشند. طبق

شد تعریف شرایط به هم رسیدن انتهای دو لبه‌ی ریل تیغه بودند (ویژگی ترازوی دو لبه‌ی ریل پهلویی نیز می‌توانستند در این بخش مورد استفاده قرار گیرند). بدین ترتیب عملیات پردازش مبنی بر ارایه خروجی با تمرکز بر روی تیغه انجام گرفته و تحلیل‌ها از سرعت اجرایی بالاتری نسبت به تحلیل کل تصویر برخوردار خواهند بود.

روند پردازش‌هایی اولیه در شکل 5 نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشخص است و نیز طبق روند تحلیلی که بدان اشاره شد، در ابتدا تضاد اجزای تصویر با استفاده از هیستوگرام شدت نور افزایش داده شده است، در گام بعد برای شناسایی لبه‌ی ریل‌ها در تصویر، تصویر دو دویی ایجاد شده است. تصویر مذکور مجموعه اعمالی که برای آماده‌سازی تصویر برای استخراج ویژگی‌ها که همان اندازه خرابی است را نمایش می‌دهد.

4-6-6- ارایه خروجی

پس از تحلیل‌های اولیه در این مرحله استخراج ویژگی تصویر مورد نظر است لذا خروجی نهایی مبنی بر تشخیص عیب نتیجه تحلیل‌های این بخش است.

4-6-1- تطبیق و مقایسه تصویر تیغه مورد بررسی با

نمونه تصویر اولیه

ورودی این بخش از پردازش‌ها در واقع خروجی مرحله آخر (ریل تیغه از تصویر) می‌باشد و با توجه به معیار تعریفی اولیه -تصویر قطعه مشابه کارخانه‌ای- تفاوت‌های دو تصویر که بیانگر عیوب طول دوران بهره‌برداری هستند، با استفاده از ترکیب و مقایسه دو تصویر بیان می‌شود.

4-6-2- بیان میزان تفاوت تصویر از نمونه اولیه

با توجه به اختلاف تصویر تیغه مورد بررسی از تصویر مبنای، میزان این اختلاف به عنوان خروجی این بخش ارایه می‌شود، اما از آنجایی که این میزان با واحد تصویری (پیکسل) بیان شده، مورد توجه نبوده و اندازه خرابی براساس واحدهایی اندازه‌گیری مطلوب است.

انتظارات اولیه خروجی نرم‌افزار توانست اطلاعاتی مبنی بر تشخیص ساییدگی، بریدگی و یا پریدگی تیغه سوزن به عنوان خرابی فیزیکی این قطعه ارائه دهد.

-Hongfei, li, parikh dhaivat, he qing, qian buyue, li zhiguo, fang dongping, and hampapur arun. (2014), "improving rail network velocity: A machine learning approach to predict maintenance." transportation research part C.

-Mandriota , C, M Nitti, N Ancona, and E Stella . (2004), "Filter-based feature selection for rail defect detection." machine vision and applications.

-Papaeliass, m.p, c roberts, and l davis. (2008), "A review on non-destructive evaluation of rails." rail and rapid transit, pp.367-368.

-Stella, E, P Mazzeo, M Nitti, and G Cicirelli. (2002), "Visual recognition of missing fastening elements for railroad maintenance." IEEE-ITSC International Conference on IntelligentTransportation systems. -

-Xueyong, li, lu changhou, zhang jianchuan, xiao rujing, and ding jie. 2012. "an image acquisition method for raised characters based on laser vision technology." optics and lasers in engineering, pp.148-158.

- شهنی دزفولیان، ر.، جعفرپور، الف. و میرمحمدصادقی، س. ج.، (1384)، "بررسی نتایج حاصل از راه اندازی سامانه جامع مدیریت نگهداری و تعمیرات خطوط ریلی ایران". سومین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، تهران، ایران.

6- پی‌نوشت‌ها

1. SIDP
2. Charged Coupled Device
3. Contrast
4. Histogram Equalization
5. Edge detection

7- مراجع

- Babenko, P. (2009), Visual Inspection of Railroad Tracks,. university of central Florida.

-Berry, A, B Nejikovsky, X Gilbert, and A Tajaddi. (2008), "high speed video inspection of joint bars using advanced image collection and processing techniques." world congress on railway research. seoul, korea.

-Fernando, luis, molina camargo, j.riley edwards, and p.l.barkan christopher (2011), "emerging condition monitoring technologies for railway track componebrs and track work." joint rail conference. pueblo.

-
1. **SIDP**
 2. Charged Coupled Device
 3. Contrast
 4. Histogram Equalization
 5. Edge detection