

بهینه‌سازی تفسیر تصاویر پرتونگاری صنعتی جهت تشخیص عیب‌های لوله‌های نفت و گاز در نواحی جوش با استفاده از پردازش تصویر

علیرضا کریمیان^(۱) - منیر ترابیان^(۲) - محمدرضا یزدچی^(۱)

(۱) گروه برق - دانشگاه اصفهان

(۲) دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد و شرکت گاز استان اصفهان

خلاصه: آزمون پرتونگاری از مجموعه آزمون‌های غیرمخرب، یکی از پرکاربردترین و قدیمی‌ترین روش‌ها، جهت تشخیص عیب‌های نواحی جوش خطوط انتقال نفت و گاز می‌باشد. به منظور افزایش دقت شناسایی و آشکارسازی عیب‌های نواحی جوش در فیلم پرتونگاری و کاهش خطای شخص مفسر جوش، نیاز به سیستمی برای افزایش کیفیت تصاویر پرتونگاری، ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق، روشی که شامل چندین مرحله می‌باشد جهت بهبود کیفیت تصاویر پرتونگاری نواحی جوش به منظور آشکارسازی عیب‌های جوش موجود در این تصاویر پیشنهاد گردیده است. در این کار، به منظور آنالیز فیلم‌های پرتونگاری از روشهای پردازش تصاویر دیجیتال استفاده شده است. نتایج بدست آمده از اجرای روش پیشنهادی بر روی ۶۰ قطعه فیلم پرتونگاری ناحیه جوش با کیفیت‌های متفاوت، حاکی از آن است که این روش، قابلیت آشکارسازی عیب‌های جوش در فیلم‌های با کیفیت بالا و متوسط را با دقت ۱۰۰٪ و در فیلم‌های با کیفیت پایین و بسیار پایین را به ترتیب با دقت تقریبی ۸۷٪ و ۴۷٪ دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: آزمونهای غیرمخرب - پرتونگاری صنعتی - عیب‌های جوش - پردازش تصویر

۱ - مقدمه

امروزه انتقال نفت و گاز به فواصل دور، از طریق خطوط لوله فلزی انجام می‌شود، لذا حفاظت و نگهداری از این خطوط بسیار ضروری می‌باشد. یکی از عمده‌ترین مشکلاتی که در خطوط انتقال نفت و گاز دیده می‌شود، در نواحی جوش این خطوط می‌باشد. به منظور بازرسی و یافتن عیب‌ها در نواحی جوش خطوط انتقال نفت و گاز از آزمون‌های غیرمخرب استفاده می‌شود [۱]. روش‌های مختلف آزمون‌های غیرمخرب این امکان را برای کاربر فراهم می‌سازند تا بدون تغییر و یا تخریب قطعات، اطلاعات مربوط به کیفیت قطعات را بدست آورد.

یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها در تشخیص عیب‌های نواحی جوش خطوط انتقال نفت و گاز، پرتونگاری صنعتی است. این روش توسط عبور پرتو ایکس یا گاما از قطعه مورد آزمون و برخورد آن با فیلم پرتونگاری انجام می‌شود، به این صورت که پرتو ایکس و یا گاما به سمت قطعه تحت آزمون تابانده شده و پس از عبور از قطعه، پرتوها

دچار تضعیف می‌شوند و در نهایت پرتوهای خروجی بر روی فیلم پرتونگاری ثبت می‌گردند. با توجه به ساختار داخلی قطعه تحت آزمون، پس از مراحل ظهور و ثبوت فیلم، مناطق تاریک و یا روشنی در فیلم به وجود می‌آید. بررسی و تفسیر این فیلم پرتونگاری، نقص‌ها و معایب قطعه را نشان خواهد داد. از آنجایی که تفسیر فیلم‌های پرتونگاری اغلب توسط مفسر جوش (شخص متخصص در این زمینه) انجام می‌شود، بنابراین میزان تشخیص عیب‌های نواحی جوش، وابسته به تجربه و دانش مفسر جوش می‌باشد [۲]. در سالهای اخیر، بسیاری از محققان در سراسر دنیا برای ارائه سیستمی جهت آشکارسازی بهینه عیب‌های جوش با استفاده از فیلم‌های پرتونگاری صنعتی، فعالیت‌های زیادی نموده‌اند [۲، ۳]، اما بر طبق تحقیقات انجام شده، تا کنون در این زمینه فعالیت خاصی در ایران صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق، به منظور ارتقا کیفیت تصاویر پرتونگاری صنعتی و ارائه روشی کاربردی جهت تشخیص بهتر، دقیق‌تر و آسان‌تر عیب‌های جوش از

پردازش تصویر، تعدیل هیستوگرام تصویر است. هدف از بکاربردن روش تعدیل هیستوگرام، بدست آوردن تصویری با توزیع سطوح روشنایی مساوی روی کل مقیاس روشنایی می باشد. روش تعدیل هیستوگرام، باعث روشن تر شدن و وضوح بیشتر تصویر می شود، به طوری که اکثر جزئیات تصویر به راحتی با چشم قابل مشاهده است. نمودار هیستوگرام تصویر قبل و بعد از بکار بردن تکنیک تعدیل هیستوگرام در شکل (۱) نمایش داده شده است.

بعد از این مرحله، به منظور حذف نویز از تصویر، روش فیلتر کردن مکانی با استفاده از فیلتر میانه استفاده می شود. عملکرد فیلتر میانه به این صورت است که یک پنجره به صورت ماتریس 3×3 بر روی کل تصویر حرکت داده می شود. در هر حرکت پنجره، مقادیر خاکستری ۹ پیکسل قرار گرفته در زیر پنجره، از کوچک به بزرگ مرتب می شوند و مقداری که در وسط قرار می گیرد (پنجمین مقدار)، جایگزین پیکسل مرکزی پنجره می شود. در نهایت در این مرحله، به منظور آشکارسازی بیشتر نواحی عیب در تصویر، با استفاده از روش بخش بندی سطوح خاکستری، تعداد ۲۵۶ سطح خاکستری تصویر به ۵ سطح کاهش می یابد. این عمل بر اساس نمودار نشان داده شده در شکل (۲) انجام می شود.

ج - بخش بندی تصویر

بخش بندی تصویر پردازشی است که نواحی جالب (نواحی مشکوک به وجود عیب) در تصویر را از سایر نواحی تصویر جدا می کند [۴]. تصاویر پرتونگاری شامل عیب های جوش می باشند که بر روی زمینه تصویر قرار گرفته اند. این عیب های جوش و زمینه تصویر دارای چگالی های متفاوتی هستند، لذا در چنین تصاویری، فاکتور چگالی، به عنوان ویژگی تمیز دهنده ای برای استخراج عیب ها از زمینه تصویر به کار می رود. بنابراین با توجه به این توضیحات، روش آستانه گیری [۵]، یک انتخاب مناسب برای بخش بندی تصاویر پرتونگاری می باشد.

روش های پردازش تصویر استفاده شده و یک الگوریتم و سیستم اجرایی پیشنهاد شده است. سیستم ارائه شده شامل چهار مرحله: دیجیتال کردن تصاویر پرتونگاری، پیش پردازش تصویر، بخش بندی تصویر و ایجاد مستطیل محیط بر عیب می باشد.

۲ - روش کار

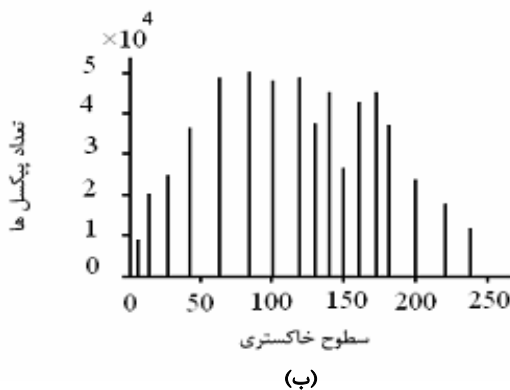
الف - دیجیتال کردن تصاویر پرتونگاری

از آنجایی که لازم است پردازش های دیجیتال بر روی فیلم های پرتونگاری انجام شود، بنابراین تبدیل این فیلم ها به تصاویر دیجیتال ضروری به نظر می رسد لذا برای رسیدن به این منظور از دستگاه اسکنر استفاده شده است. به دلیل اینکه اغلب فیلم های پرتونگاری بسیار تیره هستند و چگالی بالایی دارند، بنابراین با استفاده از یک اسکنر معمولی نمی توان، تصویری با وضوح و کیفیت خوب بدست آورد، لذا از اسکنر مدل میکروتک ۹۸۰۰ ایکس - ال با ۲۰۰۰ دی پی آی برای تبدیل فیلم های رادیو گرافی به تصاویر دیجیتال استفاده شده است.

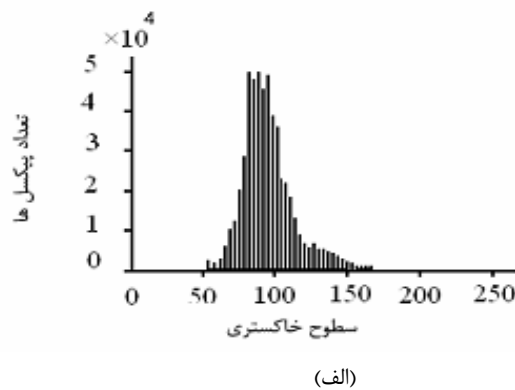
تصاویر دیجیتال شده با فرمت جی پی جی درون کامپیوتر ذخیره می شوند. نرم افزار استفاده شده برای انجام پردازش های بعدی بر روی این تصاویر، نرم افزار MATLAB می باشد. در این تحقیق، از دو مجموعه فیلم پرتونگاری متعلق به شرکت ملی گاز ایران و انجمن بین المللی جوشکاری استفاده شده است.

ب - پیش پردازش تصویر

پیش پردازش تصویر برای اصلاح مقادیر پیکسل های تصویر دیجیتال شده به مقادیری مناسب برای انجام پردازش های بعدی بکار می رود. پردازش هایی که در این مرحله انجام می شود، شامل بکاربردن روش های تعدیل هیستوگرام، فیلتر کردن مکانی با استفاده از فیلتر میانه (۹) و بخش بندی سطوح خاکستری (۱۰) تصویر می باشد. قبل از انجام مراحل پیش پردازش تصویر، پنجره ویژه ای (۱۱) اطراف عیب یا کل فضای جوشکاری در نظر گرفته می شود، سپس پردازش های بعدی به ترتیب بر روی این پنجره اعمال می شوند [۱]. اولین قدم برای پیش

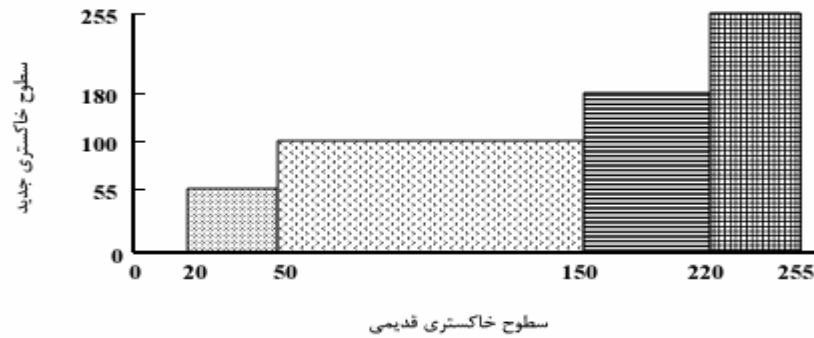


(ب)



(الف)

شکل (۱): نمودار هیستوگرام. (الف) نمودار هیستوگرام قبل از بکار بردن روش تعدیل هیستوگرام (ب) نمودار هیستوگرام بعد از بکار بردن روش تعدیل هیستوگرام



شکل (۲): نمودار بخش‌بندی سطوح خاکستری

بر روی این تصاویر اعمال می‌شود، نتایج حاکی از آن است که تصاویر روشن‌تر و واضح‌تر شده‌اند. در شکل‌های ۳.پ، ۴.پ و ۵.پ تاثیر بکاربردن روش تعدیل هیستوگرام دیده می‌شود. به دنبال آن در شکل‌های ۳.ت، ۴.ت و ۵.ت، روش فیلتر میانه اجرا شده است، که باعث صاف‌تر شدن تصاویر می‌شود. سپس روش بخش‌بندی سطوح خاکستری که باعث واضح‌تر شدن و آشکارتر شدن عیب‌ها از سایر نواحی تصویر می‌شود، در شکل‌های ۳.ج، ۴.ج و ۵.ج، دیده می‌شود. شکل‌های ۳.چ، ۴.چ و ۵.چ، تصاویر باینری را بعد از بکار بردن آستانه‌گیری سراسری نشان می‌دهند. سرانجام در آخرین مرحله الگوریتم رشد ناحیه، به منظور قرار دادن عیب، درون کوچکترین مستطیل محیط بر آن، بر روی عیب‌های شناسایی شده در تصویر، اجرا می‌شود. نتایج این مرحله در شکل‌های ۳.ح، ۴.ح و ۵.ح نشان داده شده‌اند.

در روش پیشنهاد شده، در ابتدای مراحل انجام پردازش تصویر، پنجره ویژه‌ای اطراف کل فضای جوشکاری یا ناحیه‌ای که مشکوک به وجود عیب است، در نظر گرفته می‌شود. انتخاب اندازه پنجره وابسته به میزان وضوح عیب در تصویر است. هر اندازه میزان سطوح خاکستری عیب به سطوح خاکستری محیط اطراف عیب نزدیک‌تر باشد، پنجره‌ای که انتخاب می‌شود باید کوچکتر در نظر گرفته شود و این در حالی است که هر اندازه میزان سطوح خاکستری عیب از سطوح خاکستری محیط اطراف آن فاصله داشته باشد، پنجره‌ای که انتخاب می‌شود باید بزرگتر در نظر گرفته شود.

۴ - بحث

الگوریتم ارائه شده در این تحقیق بر روی ۶۰ قطعه فیلم پرتونگاری صنعتی در ناحیه جوش اجرا شد. ابتدا این فیلم‌ها بر اساس سه معیار وضوح، نویز زمینه و تارشدگی به چهار گروه با کیفیت بالا، کیفیت متوسط، کیفیت پایین و کیفیت بسیار پایین تقسیم گردیدند و سپس الگوریتم پیشنهاد شده در این تحقیق بر روی این گروه‌ها و قطعات فیلمها اجرا گردید که نتایج حاصل در جدول (۱) نشان داده شده است.

در این تحقیق، به منظور بخش‌بندی تصویر از روش آستانه‌گیری سراسری استفاده شده است. در روش آستانه‌گیری سراسری یک مقدار آستانه برای کل تصویر محاسبه می‌شود که این مقدار، برابر میانگین کل پیکسل‌های تصویر می‌باشد. سپس پیکسل‌هایی از تصویر که دارای سطح خاکستری کمتر از این سطح آستانه می‌باشند، به یک گروه، و سایر پیکسل‌ها به گروه دیگری تعلق می‌گیرند. در نهایت تصویر حاصل، یک تصویر باینری می‌باشد.

د - ایجاد مستطیل محیط بر عیب

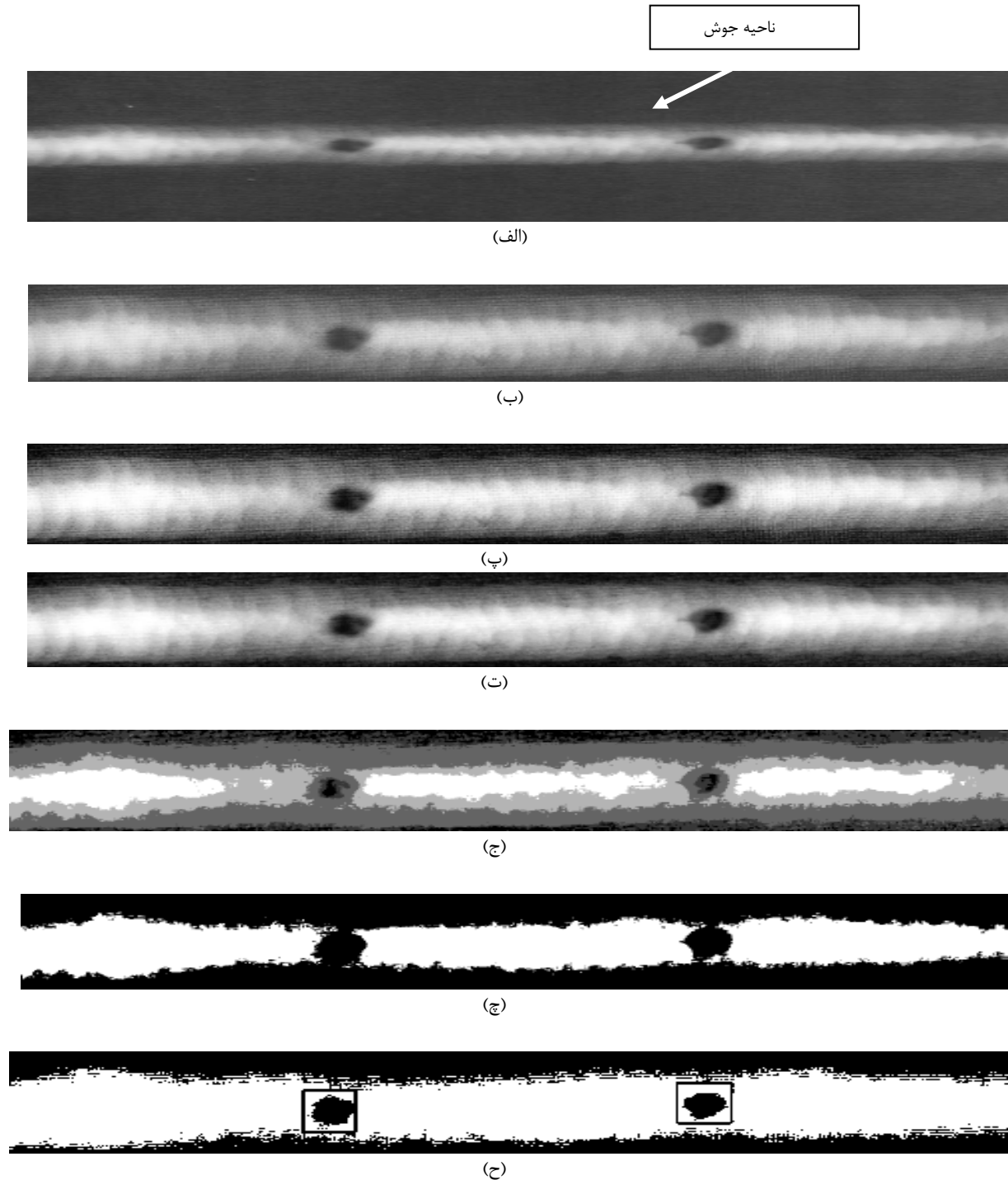
در این مرحله برای آشکارسازی بیشتر عیب جوش، مستطیلی اطراف عیب کشیده می‌شود که این مستطیل کوچکترین مستطیل محیط بر عیب می‌باشد [۶ و ۳]. در این تحقیق از روش رشد ناحیه (یکی از تکنیک‌های پردازش تصویر [۷])، برای رسیدن به این منظور استفاده شده است. روش کار به این صورت می‌باشد که یک پیکسل از عیب توسط کاربر انتخاب می‌شود، (اصطلاح در پردازش تصویر این پیکسل را بذر می‌نامند)، سپس با پیوستن پیکسل‌های همسایه بذر به آن، نواحی بزرگ و بزرگ‌تری ایجاد می‌شود. شرط پیوستن این پیکسل‌ها به بذر، تشابه سطح خاکستری آنها با بذر می‌باشد. سرانجام وقتی هیچ پیکسل دیگری معیارهای پیوستن به یک ناحیه را برآورده نکند، رشد ناحیه متوقف می‌شود.

۳ - نتیجه‌گیری

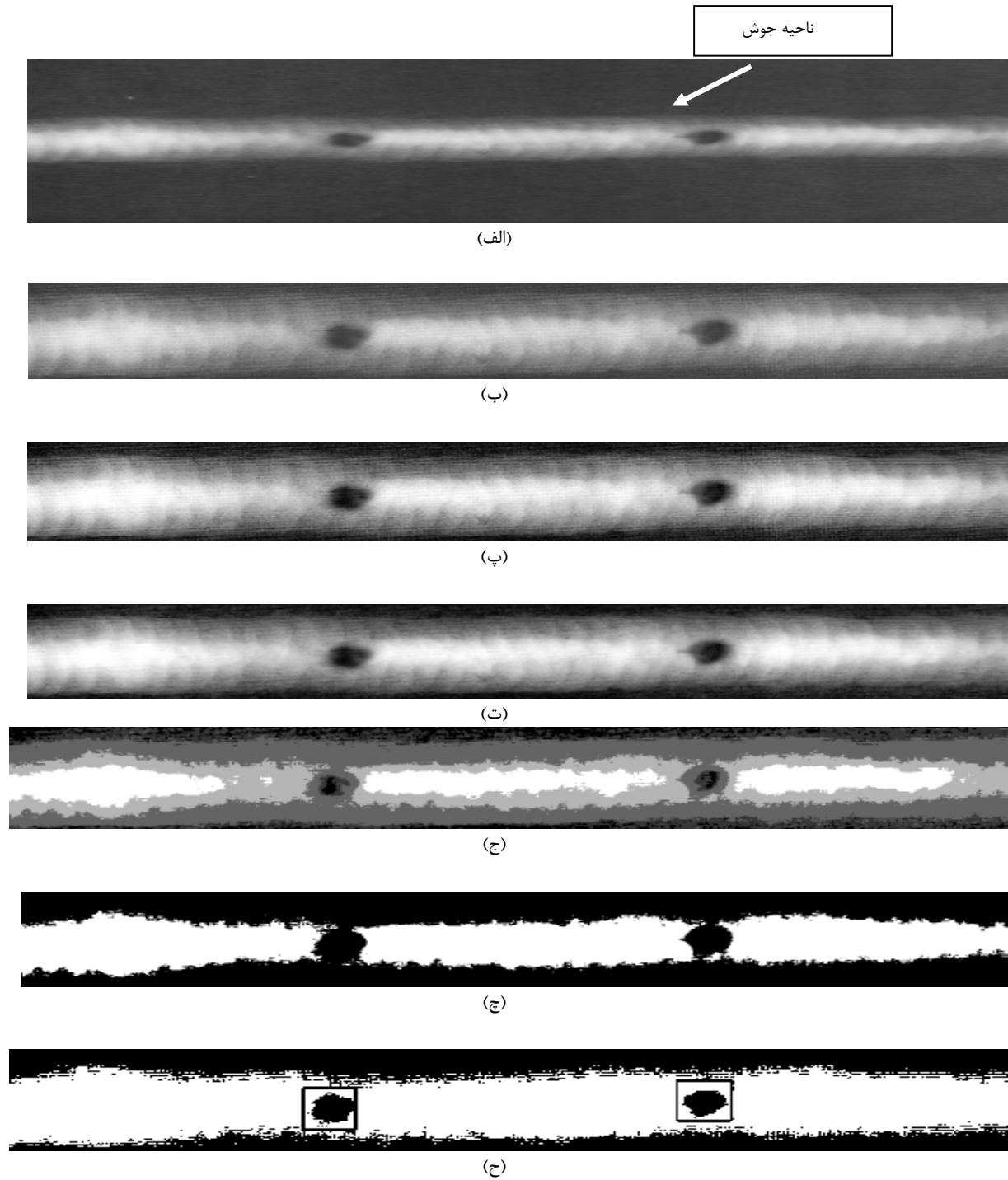
سه فیلم پرتونگاری متعلق به انجمن بین‌المللی جوشکاری و شرکت ملی گاز ایران، پس از تبدیل به فایل دیجیتال به ترتیب در شکل‌های ۳.الف، ۴.الف و ۵.الف نشان داده شده‌اند. این سه شکل متعلق به سه نوع عیب متداول عدم نفوذ، سوختگی داخلی و ترک عرضی مناطق جوشکاری شده می‌باشند. روش پیشنهادی در این تحقیق بر روی این سه تصویر اجرا شده و نتایج بدست آمده مرحله به مرحله در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) دیده می‌شوند.

در شکل‌های ۳.ب، ۴.ب و ۵.ب، پنجره ویژه‌ای اطراف کل فضای جوشکاری در نظر گرفته شده است. سپس تکنیک تعدیل هیستوگرام

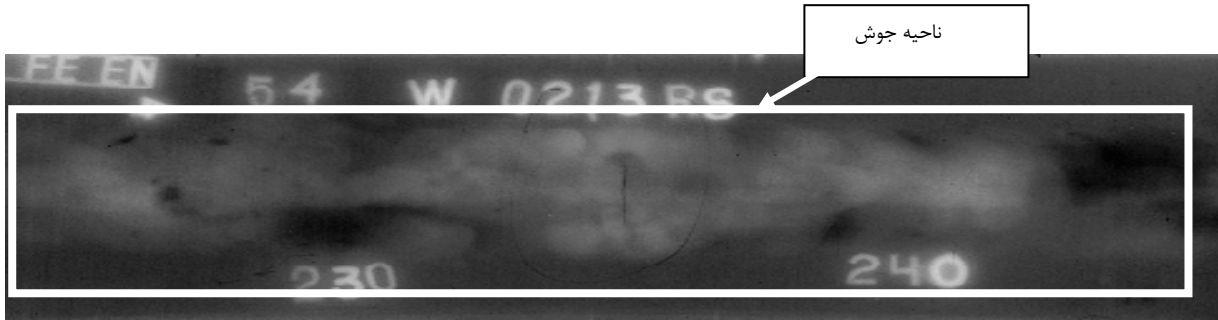
با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول (۱)، این روش قابلیت آشکارسازی عیب‌های جوش موجود در تصاویر با کیفیت بالا و متوسط راه، با دقت ۱۰۰٪ و در فیلم‌های با کیفیت پایین و بسیار پایین راه، به ترتیب با دقت تقریبی ۸۷٪ و ۴۷٪ دارا می‌باشد.



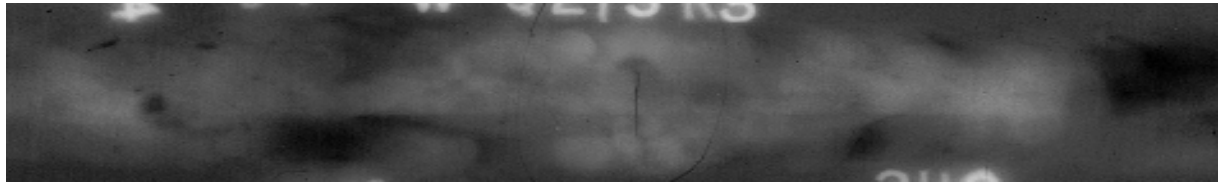
شکل (۳): مراحل تشخیص عیب عدم نفوذ. (الف) تصویر پرتونگاری (ب) قرار دادن پنجره ویژه اطراف کل فضای جوشکاری (پ) به کاربردن روش تعدیل هیستوگرام (ت) اعمال فیلتر میانه (ج) به کاربردن روش بخش‌بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه‌گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کاربردن روش رشد ناحیه



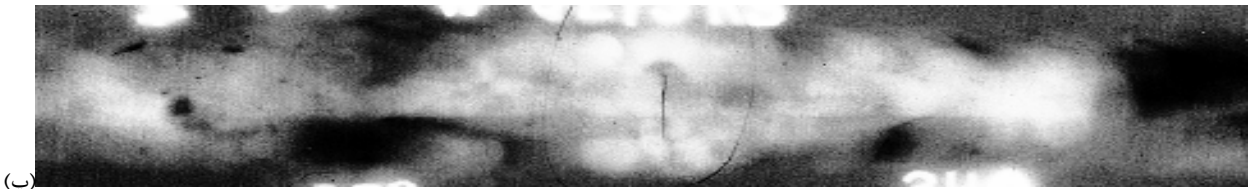
شکل (۴): مراحل تشخیص عیب سوختگی داخلی. (الف) تصویر پرتونگاری (ب) قرار دادن پنجره ویژه اطراف کل فضای جوشکاری (پ) به کاربردن روش تعدیل هیستوگرام (ت) اعمال فیلتر میانه (ج) به کاربردن روش بخش بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کاربردن روش رشد ناحیه



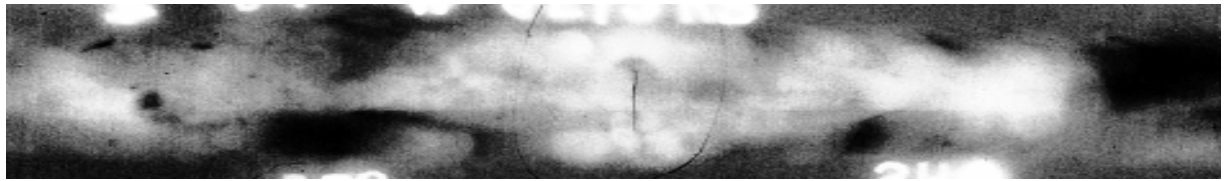
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)



(ج)



(چ)



(ح)

شکل (۵): مراحل تشخیص عیب ترک عرضی . (الف) تصویر پرتونگاری (ب) قرار دادن پنجره ویژه اطراف کل فضای جوشکاری (پ) به کاربردن روش تعدیل هیستوگرام (ت) اعمال فیلتر میانه (ج) به کار بردن روش بخش بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کار بردن روش رشد ناحیه

جدول (۱): نتایج حاصل از اجرای الگوریتم ارائه شده بر روی تصاویر پرتونگاری با کیفیت متفاوت

درصد موفقیت روش پیشنهادی	تعداد فیلمی که روش ارائه شده قادر به آشکارسازی بیش از ۹۰ درصد عیب‌های آن شده است	تعداد فیلم آزمایش شده	نوع فیلم
٪۱۰۰	۱۵	۱۵	کیفیت بالا
٪۱۰۰	۱۵	۱۵	کیفیت متوسط
٪۸۷	۱۳	۱۵	کیفیت پایین
٪۴۷	۷	۱۵	کیفیت بسیار پایین

آنالوگ هستند، از دیگر مزایای روش اجرا شده در این تحقیق می‌باشد. همچنین این روش علاوه بر آنکه باعث افزایش کیفیت تصاویر پرتونگاری می‌گردد، به مفسرین فیلم‌های پرتونگاری در به حداقل رساندن خطاهای تفسیر کمک می‌کند و نیز قابلیت تفسیر فیلم‌های پرتونگاری صنعتی را برای افراد غیرمتخصص فراهم می‌سازد.

از آنجایی که بیش از ۹۰٪ دستگاه‌های پرتونگاری صنعتی که اکنون در ایران و اکثر کشورهای دنیا استفاده می‌شوند، از نوع پرتونگاری با فیلم می‌باشند، لذا روش پیشنهادی در این تحقیق امکان استفاده بهینه و ارتقا کیفیت سیستم‌های پرتونگاری با فیلم را فراهم می‌کند. علاوه بر این، اقتصادی بودن استفاده از این روش به جای جایگزینی دستگاه‌های پرتونگاری صنعتی با فیلم، با دستگاه‌های پرتونگاری دیجیتال که دارای قیمتی حدود چند برابر دستگاه‌های پرتونگاری

مراجع

- [1] Shafeek H. I., Gadelmava E. S., Abdel-Shafy A. A. and Elewa I. M., "Assessment of welding defects for gas pipeline radiographs using computer vision", NDT&E International, 2004.
- [2] Lim T. Y., Ratnam M. M. and Khalid M. A., "Automatic classification of weld defects using simulated data and an MLP neural network", Insight, 2007.
- [3] Dasilva R. R., Galoba L. P., Siqueira M. H. S. and Rebello J. M. A., "Pattern recognition of weld defects detected by radiographic tests", NDT&E International, 2004.
- [4] Carrasco M. A. and Mery D., "Segmentation of welding defects using a robust algorithm", Materials Evaluation, 2004.
- [5] Nacereddine N., Hamami L., Tridi M. and Oucief N., "Histogram-based and locally adaptive thresholding techniques for weld defect extraction in digital radiography", 35th International Conference and NDT Technique Exposition, Defectoscopy, Znojmo, Czech Republic, 8-10 Nov 2005.
- [6] Mery D. and Berti M. A., "Automatic detection of welding defects using texture features", Insight, October 2003.
- [7] Gonzalez R. C., Woods R. E. and Eddins S. I., "Digital Image Processing Using Matlab", 1st Edition, Prentice Hall inc, 2004.
- [8] Nacereddine N., "Weld defect detection and recognition in industrial radiography based image analysis and neural classifiers", Fourth International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components, 6-8 Dec 2004.
- [9] Jacobsen C. and Zscherpel U., "Crack detection in digitized radiographs with neural networks", Proceedings of the Seventh European conference on Non-Destructive Testing, 1998.
- [10] Felisberto M. K., Lopes H. S., Centeno T. M. and Arruda L. V. R., "An object detection and recognition system for weld bead extraction from digital radiographs", Computer Vision and Image Understanding, 2006.

رزومه



علیرضا کریمی‌ان عضو گروه مهندسی پزشکی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه اصفهان دارای دکترای تخصصی در رشته مهندسی هسته‌ای از دانشگاه صنعتی امیر کبیر در سال ۱۳۸۴ می‌باشد. وی دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک در سال ۱۳۷۰ از دانشگاه فردوسی مشهد و دوره کارشناسی ارشد را در رشته مهندسی هسته‌ای در سال ۱۳۷۶ از دانشگاه صنعتی امیر کبیر به پایان رسانده است. زمینه‌های تخصصی مورد علاقه سیستم‌های تصویرگیری پزشکی و صنعتی، پردازش تصویر، آزمونهای غیر مخرب (NDT) می‌باشد. وی دوره فلوشیپ تحقیقاتی فیزیک پزشکی و سیستم‌های تصویر گیری پزشکی را در دانشگاه رم - ایتالیا گذرانده‌اند و تاکنون بیش از ۴۵ مقاله در کنفرانسهای ملی، بین‌المللی و مجلات علمی از ایشان چاپ شده است.



منیره ترابیان (متولد سال ۱۳۶۰ اصفهان) دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود در رشته برق و الکترونیک در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸۶ به پایان رسانده سات. وی به عنوان کارشناس ابزار دقیق با شرکت ملی گاز ایران همکاری دارند. زمینه‌های تخصصی مورد علاقه وی پردازش تصاویر و ابزار دقیق می‌باشد.



محمدرضا یزدچی در آبان‌ماه ۱۳۵۴ در شهر اصفهان در کشور ایران متولد شد. او مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۳۷۶ در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک از دانشگاه صنعتی اصفهان دریافت نمود. وی موفق به اخذ مدارک کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی در رشته مهندسی پزشکی-بیوالکترونیک در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۵ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران گردید. پس از اتمام تحصیلات، از سال ۱۳۸۵ به صورت رسمی به سمت عضو هیأت علمی گروه مهندسی پزشکی دانشکده فنی مهندسی دانشگاه اصفهان در آمد. زمینه‌های مورد علاقه وی پردازش سیگنال‌های حیاتی، گفتار و تصویر می‌باشد.