

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

علیرضا کریمیان<sup>(۱)</sup> - منیر تریایان<sup>(۲)</sup> - محمدرضا یزدچی<sup>(۱)</sup>

(۱) استادیار گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه اصفهان

(۲) کارشناسی ارشد گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد و شرکت گاز استان اصفهان

تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۷

**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 به دست آمده از اجرای روش پیشنهادی بر روی 60 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 100% و در فیلم‌های با کیفیت پایین و بسیار پایین را به ترتیب با دقت تقریبی 87% و 47% 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 به دست 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، تاکنون 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 روش‌های پردازش تصویر

به ترتیب بر روی این پنجره اعمال می‌شوند [۱]. اولین قدم برای پیش پردازش تصویر، تعدیل هیستوگرام تصویر است. هدف از به کار بردن روش تعدیل هیستوگرام، به دست آوردن تصویری با توزیع سطوح روشنایی مساوی روی کل مقیاس روشنایی می‌باشد. روش تعدیل هیستوگرام، باعث روشن تر شدن و وضوح بیشتر تصویر می‌شود، به طوری که اکثر جزئیات تصویر به راحتی با چشم قابل مشاهده است. نمودار هیستوگرام تصویر قبل و بعد از به کار 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 می‌شود. عملکرد فیلتر میانه به این صورت است که یک پنجره به صورت ماتریس  $3 \times 3$  بر روی کل تصویر حرکت داده می‌شود. در هر حرکت پنجره، مقادیر خاکستری ۹ پیکسل قرار گرفته در زیر پنجره، از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند و مقداری که در وسط قرار می‌گیرد (پنجمین مقدار)، جایگزین پیکسل مرکزی پنجره می‌شود. در نهایت در این مرحله، به منظور آشکارسازی بیشتر نواحی عیب در تصویر، با استفاده از روش بخش بندی سطوح خاکستری، تعداد 256 سطح خاکستری تصویر به 5 سطح کاهش می‌یابد. این عمل بر اساس نمودار نشان داده شده در شکل (۲) انجام می‌شود.

#### 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 می‌کند [۴]. تصاویر پرتونگاری شامل عیب‌های جوش می‌باشند که بر روی زمینه تصویر قرار گرفته‌اند. این عیب‌های جوش و زمینه تصویر دارای چگالی‌های متفاوتی هستند، لذا در چنین تصاویری، فاکتور چگالی، به عنوان ویژگی تمیز دهنده‌ای برای استخراج عیب‌ها از زمینه تصویر به کار می‌رود. بنابراین با توجه به این توضیحات، روش آستانه گیری [۵]، یک انتخاب مناسب برای بخش بندی تصاویر پرتونگاری می‌باشد.

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 می‌باشد.

#### ۲- روش کار

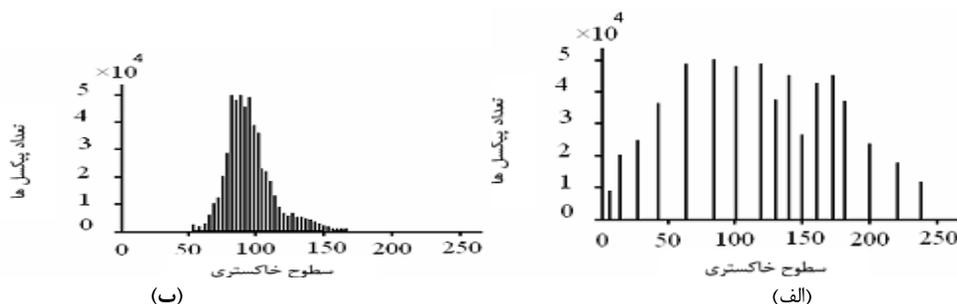
##### الف- دیجیتال کردن تصاویر پرتونگاری

از آنجایی که لازم است پردازش‌های دیجیتال بر روی فیلم‌های پرتونگاری انجام شود، بنابراین تبدیل این فیلم‌ها به تصاویر دیجیتال ضروری به نظر می‌رسد لذا برای رسیدن به این منظور از دستگاه اسکنر استفاده شده است. به دلیل اینکه اغلب فیلم‌های پرتونگاری بسیار تیره هستند و چگالی بالایی دارند، بنابراین با استفاده از یک اسکنر معمولی نمی‌توان، تصویری با وضوح و کیفیت خوب به دست آورد، لذا از اسکنر مدل میکروتک 9800 ایکس - ال با 2000 دی پی آی برای تبدیل فیلم‌های رادیو گرافی به تصاویر دیجیتال استفاده شده است.

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

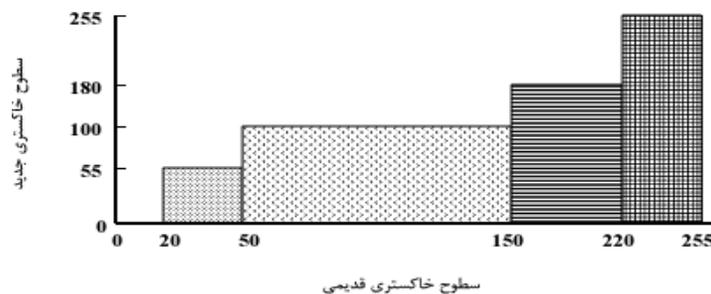
##### ب- پیش پردازش تصویر

پیش پردازش تصویر برای اصلاح مقادیر پیکسل‌های تصویر دیجیتال شده به مقادیری مناسب برای انجام پردازش‌های بعدی به کار می‌رود. پردازش‌هایی که در این مرحله انجام می‌شود، شامل به کار بردن روش‌های تعدیل هیستوگرام، فیلتر کردن مکانی با استفاده از فیلتر میانه (۹) و بخش بندی سطوح خاکستری (۱۰) تصویر می‌باشد. قبل از انجام مراحل پیش پردازش تصویر، پنجره ویژه‌ای (۱۱) اطراف عیب یا کل فضای جوشکاری در نظر گرفته می‌شود، سپس پردازش‌های بعدی



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

Fig. (1): The histograms. (a) The histograms before applying the adjustment method. (b) The histogram after applying the adjustment method



شکل (۲): نمودار بخش‌بندی سطوح خاکستری  
Fig. (2): The histogram of gray surface sectors

بکاربردن روش تعدیل هیستوگرام دیده می‌شود. به دنبال آن در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵)، 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)، (۴) و (۵)، دیده می‌شود. شکل‌های (۳)، (۴) و (۵)، تصاویر باینری را بعد از به کار 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 شناسایی‌شده در تصویر، اجرا می‌شود. نتایج این مرحله در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) 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 ارائه‌شده در این تحقیق بر روی 60 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. با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول (۱)، این روش قابلیت آشکارسازی عیب‌های جوش موجود در تصاویر با کیفیت بالا و متوسط را، با دقت 100% و در فیلم‌های با کیفیت پایین و بسیار پایین را، به ترتیب با دقت تقریبی 87% و 47% دارا می‌باشد.

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.

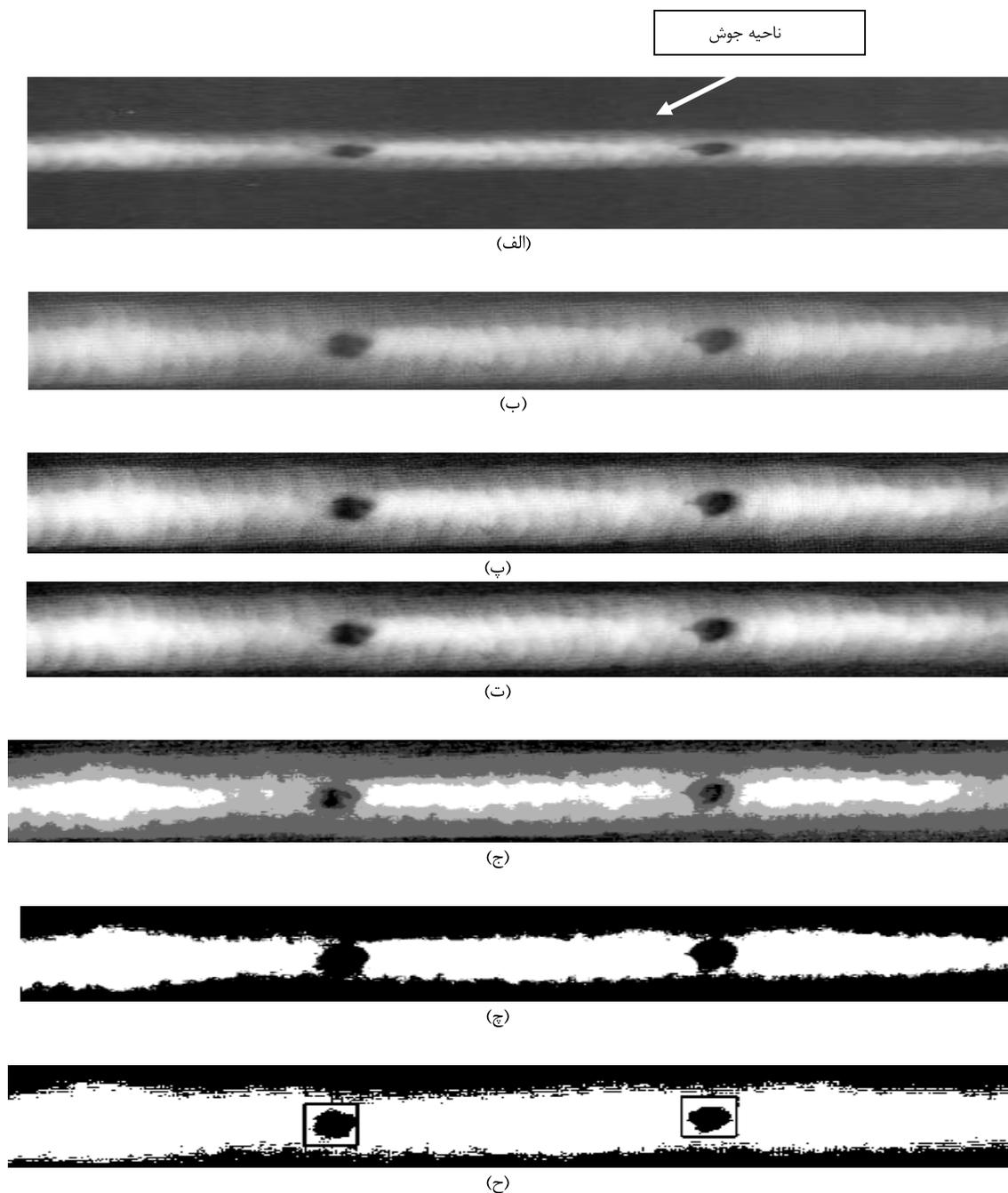
#### د- ایجاد مستطیل محیط بر عیب

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

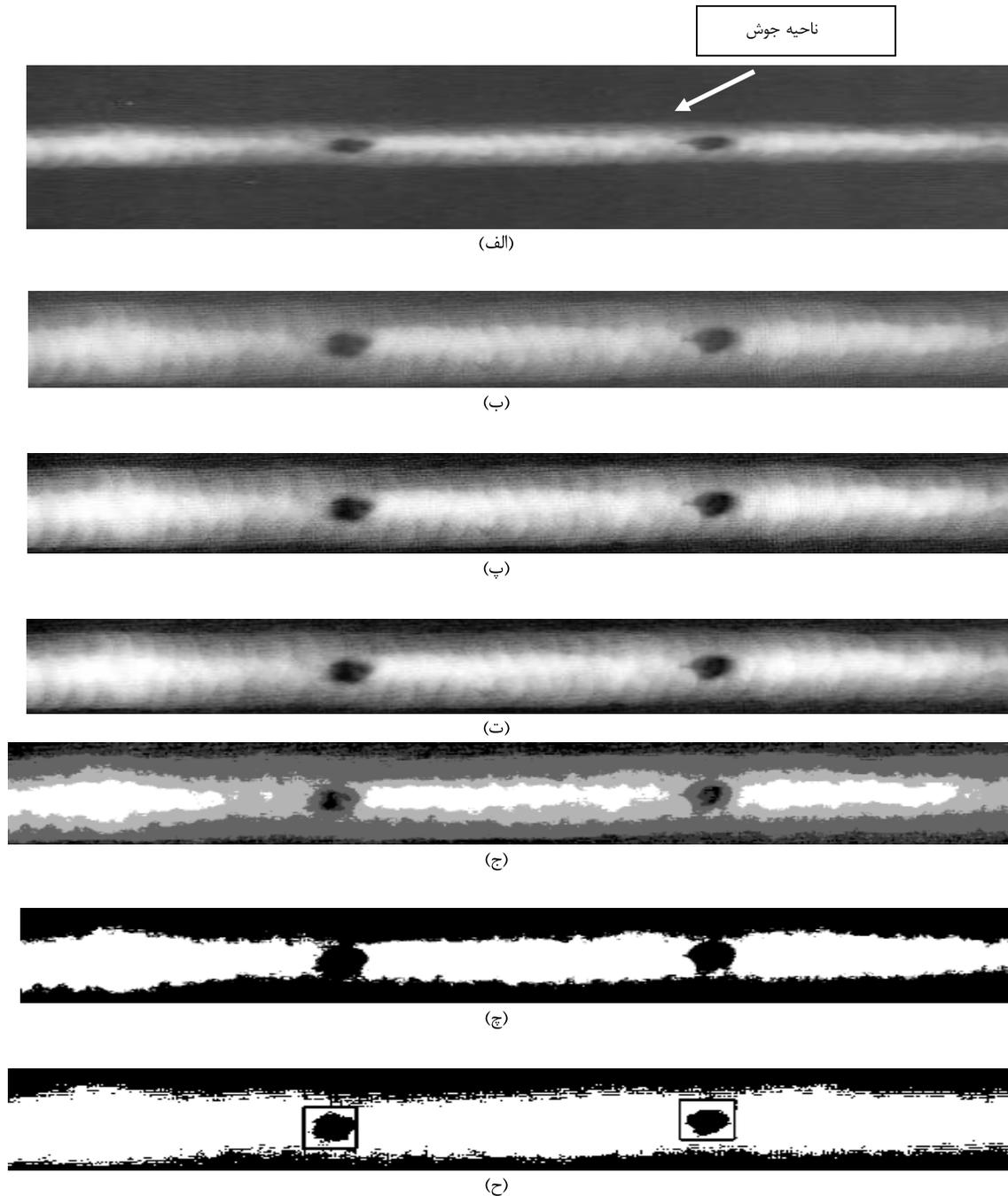
سه فیلم پرتونگاری متعلق به انجمن بین‌المللی جوشکاری و شرکت ملی گاز ایران، پس از تبدیل به فایل دیجیتال به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۵ الف نشان داده شده‌اند. این سه شکل متعلق به سه نوع عیب متداول عدم نفوذ، سوختگی داخلی و ترک عرضی مناطق جوشکاری شده می‌باشند. روش پیشنهادی در این تحقیق بر روی این سه تصویر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

در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵)، پنجره ویژه‌ای اطراف کل فضای جوشکاری در نظر گرفته شده است. سپس تکنیک تعدیل هیستوگرام بر روی این تصاویر اعمال می‌شود، نتایج حاکی از آن است که تصاویر روشن‌تر و واضح‌تر شده‌اند. در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) تاثیر



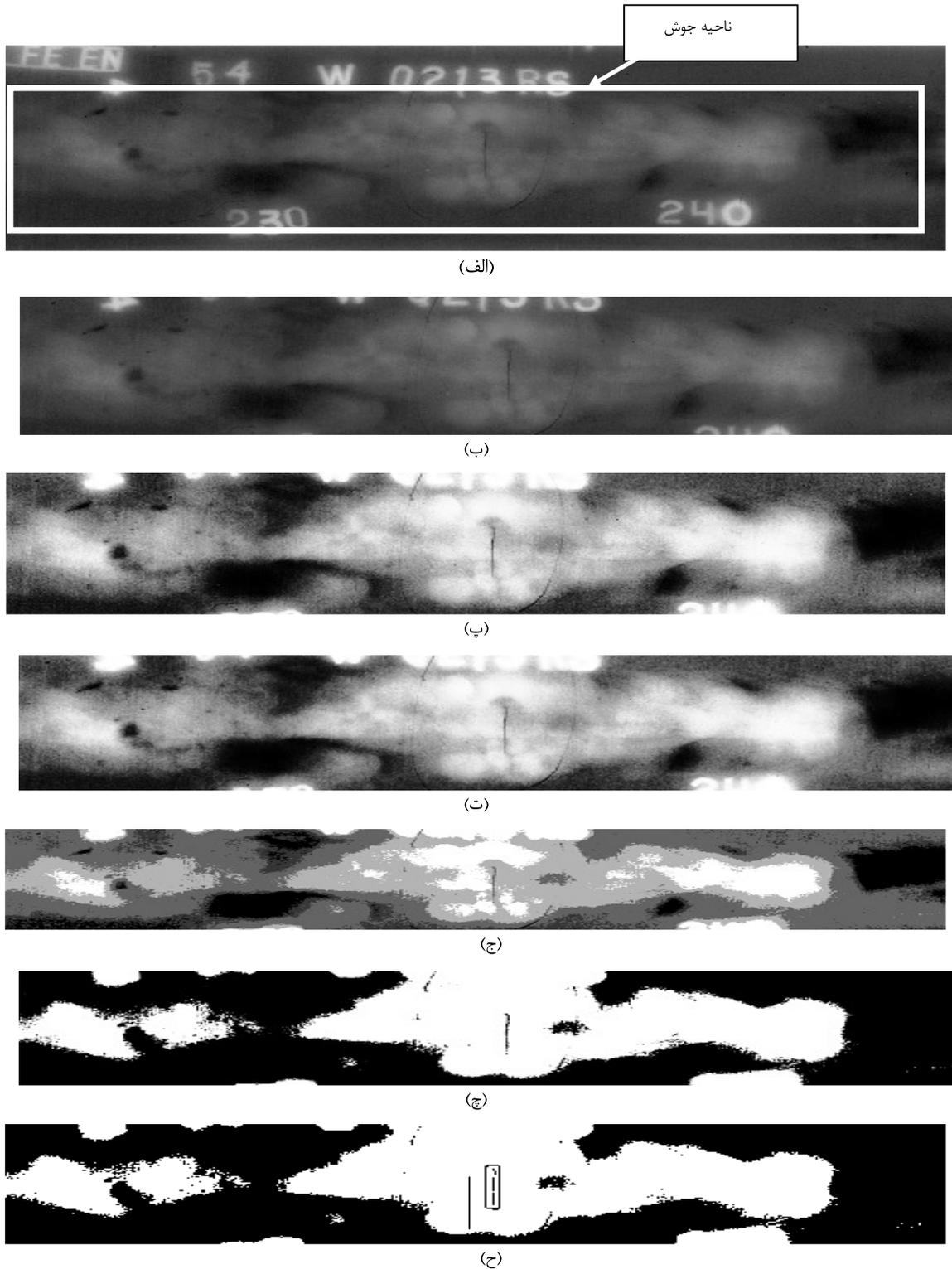
شکل (۳): مراحل تشخیص عیب عدم نفوذ. (الف) تصویر پرتونگاری (ب) قرار دادن پنجره ویژه اطراف کل فضای جوشکاری (پ) به کاربردن روش تعدیل هیستوگرام (ت) اعمال فیلتر میانه (ج) به کار بردن روش بخش بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کار بردن روش رشد ناحیه

Fig. (3): The stage of nondiffuse defects. (a) The radiography image (b) Laying a special window around the whole area of welding (c) Applying the adjustment method (d) Applying the median filter (e) Applying the method of classifying the gray surfaces (f) Applying the method of overall threshold (binary images) (g) Applying the regional growth



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 کار بردن روش بخش بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کار بردن روش رشد ناحیه

Fig. (4): The sequence of detecting internal burning (a) The radiography image (b) Inserting a special window around the welding area (c) Applying the adjustment method histogram (d) Applying the mean filter (e) Applying the classifying method on the gray areas (f) Applying the overall threshold method (binary image) (g) Applying the regional growth method



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 بخش‌بندی سطوح خاکستری (چ) به کاربردن روش آستانه‌گیری سراسری (تصویر باینری) (ح) به کار بردن روش رشد ناحیه

Fig. (5): The sequence of detecting lateral cracking (a) The radiography image (b) Inserting a special window around the total area of welding (c) Applying the adjustment histogram method (d) Applying the mean filter (e) Applying the classifying gray surface method (f) Applying the regional growth method

Table (1): The results obtained from applying the proposed method on radiographic image of different qualities

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 90٪ عیب‌های آن شده است	تعداد فیلم آزمایش شده	نوع فیلم
100%	15	15	کیفیت بالا
100%	15	15	کیفیت متوسط
87%	13	15	کیفیت پایین
47%	7	15	کیفیت بسیار پایین

دیجیتال که دارای قیمتی حدود چند برابر دستگاه‌های پرتونگاری 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 90٪ 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

### References

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



منیر 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.



محمد رضا یزدچی در آبان ماه 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-بیوالکتریک 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.