

## Improvement Contrast of Welding Radiographs with Weighted Median Filter

Seyyede Maryam Ghiyasi Limanjubi <sup>1</sup>  | Mojtaba Badri <sup>2</sup>  | Effat Yahaghi <sup>3</sup> 

1. Department of Physics, Mazandaran University, Babolsar, Iran. E-mail: [s.ghyasi07@umail.umz.ac.ir](mailto:s.ghyasi07@umail.umz.ac.ir)
2. Department of Experimental and Applied Physics, Physics and Accelerators Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran. E-mail: [MTbadri@aeoi.org.ir](mailto:MTbadri@aeoi.org.ir)
3. Department of Physics, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. E-mail: [yahaghi@sci.ikiu.ac.ir](mailto:yahaghi@sci.ikiu.ac.ir)

### Article Information:

#### Research Article

Received 06 July 2024

Revised 04 Oct. 2024

Accepted 17 Oct. 2024

#### Keywords:

Industrial Radiography,  
Image Processing,  
Weighted Median Filter,  
Hidden Defects,  
GD-XRay Radiographs.

### ABSTRACT

Non-destructive tests are the most important and efficient tests for checking welded objects. Non-destructive tests are used to identify defects in the internal and external parts of welded objects, that focus on identifying defects of the parts without damaging them. In this article, the industrial radiography method, which is one of the non-destructive methods, is used to detect surface and subsurface welding defects such as cracks, holes, corrosion, etc. In the radiography method due to the inherent scattering of X-rays, noises from the X-ray machine, attenuation of the beam in the examined object, geometrical factors such as the size of the radiation source, the thickness of the part and the distance between the source and the film, etc., the resulting images may lack clarity. Despite these factors, the quality of radiographs is low, and it is difficult to accurately interpret the results and identify the welding defects. Therefore, Image processing methods are used as an auxiliary tool to increase contrast and improve the interpretation of radiographs. In this article, the aim is to increase the quality of welding radiographs using the iterative weighted median filter, which is a part of spatial domain filters. The background image of the original radiograph is obtained by applying the iterative weighted median filter with a same number of repetitions and the different 3D windows. Then, the background image obtained is subtracted from the original radiograph, reconstructed images are obtained with high contrast. The results show that the application of this filter on the 3D radiographs of the weld better reveals the defects hidden in the radiographs of the weld, including small and subsurface cracks. Also, the expert's evaluation shows that the reconstructed images have a contrast improvement between 5 and 16% in terms of contrast, and they define the defect regions with better and more accurate resolution.

**Cite this article:** Ghiyasi, S. M., Badri, M., & Yahaghi, E. (2024). Improvement Contrast of Welding Radiographs with Weighted Median Filter. *Journal of Nondestructive Testing Technology*, 3 (4), 50-59.



© The The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.30494/jndt.2024.471686.1149>

Publisher: Iranian Society for Nondestructive Testing

## بهبود تباین پرتونگاره‌های جوش با صافی میانه‌ی وزن‌دار

سیده مریم قیاسی<sup>۱</sup> | مجتبی بدری<sup>۲</sup> | عفت یاحقی<sup>۳</sup>

۱. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، رایانامه: [s.ghyasi07@umail.umz.ac.ir](mailto:s.ghyasi07@umail.umz.ac.ir)
۲. گروه فیزیک تجربی و کاربردی، پژوهشکده فیزیک و شتابگرها، پژوهشگاه علوم فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران، رایانامه: [MTbadri@aeoi.org.ir](mailto:MTbadri@aeoi.org.ir)
۳. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، رایانامه: [yahaghi@sci.ikiu.ac.ir](mailto:yahaghi@sci.ikiu.ac.ir)

## چکیده:

آزمون‌های غیرمخرب از جمله روش‌های مهم برای بررسی قطعات جوشکاری است، که بر شناسایی غیرمخرب عیوب در قسمت‌های داخلی و خارجی قطعات متمرکز است. در این مقاله، از روش پرتونگاری صنعتی که یکی از روش‌های غیرمخرب می‌باشد، برای تشخیص عیوب سطحی و زیرسطحی قطعات جوشکاری مانند ترک‌ها، حفره‌ها، خوردگی و غیره استفاده شده است. در روش پرتونگاری به دلیل پراکندگی ذاتی پرتوی ایکس، نوفه‌های حاصل از دستگاه پرتونگاری، تضعیف پرتو در قطعه مورد بررسی، عوامل هندسی مانند اندازه منبع پرتو، ضخامت قطعه و فاصله منبع پرتو تا فیلم و غیره، ممکن است تصاویر حاصل عدم وضوح داشته باشند. به همین دلیل کیفیت پرتونگاره‌ها پایین است و این امر تفسیر دقیق نتایج برای شناسایی عیوب جوش را دشوار می‌کند. روش‌های پردازش تصویر به عنوان ابزار کمکی برای افزایش تباین و تفسیر بهتر پرتونگاره‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله، هدف افزایش کیفیت پرتونگاره‌های جوش با استفاده از الگوریتم صافی میانه‌ی وزن‌دار، که جزء صافی‌های حوزه مکانی است، می‌باشد. با تعداد تکرار یکسان و با پنجره‌های سه بعدی متفاوت، تصویر پس زمینه پرتونگاره اصلی بدست می‌آید. سپس با کم کردن این تصویر پس زمینه از پرتونگاره اصلی، تصاویر بازسازی شده با تباین بالا بدست می‌آیند. نتایج نشان می‌دهد که اعمال این صافی بر روی پرتونگاره‌های سه بعدی جوش، نواقص و عیوب نهفته در پرتونگاره‌های جوش از جمله ترک‌های ریز و زیرسطحی را بهتر آشکارسازی می‌کند. ارزیابی متخصصین نشان می‌دهد که تصاویر بازسازی شده از نظر تباین حدود ۵ تا ۱۶٪ بهبود داشته و نواحی عیوب را با وضوح بهتر و دقیق‌تری مشخص می‌کنند.

## اطلاعات مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۵/۱۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۷/۱۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۷/۲۶

## کلیدواژگان:

پرتونگاری صنعتی،  
پردازش تصویر،  
صافی میانه‌ی وزن‌دار،  
عیوب پنهان،  
پرتونگاره‌های GD-Xray.

استناد: قیاسی، سیده مریم؛ بدری، مجتبی؛ و یاحقی، عفت. (۱۴۰۲). بهبود تباین پرتونگاره‌های جوش با صافی میانه‌ی وزن‌دار. *مجله فناوری آزمون‌های غیرمخرب*، ۳ (۴)، ۵۹-۵۰.

© نویسندگان

ناشر: انجمن آزمون‌های غیرمخرب ایران

DOI: <http://doi.org/10.30494/jndt.2024.471686.1149>

## ۱- مقدمه

عیوب جوشکاری در اثر عوامل مختلفی مانند عدم مهارت فرد جوشکار، شرایط نامناسب، مواد مصرفی نامناسب و غیره ایجاد می‌شوند. از انواع این عیوب می‌توان به انواع ترک‌ها، سرباره جوش، انواع حفره‌ها، خوردگی، عدم مطابقت (بالا و پایین بودن) و عیوبی از این دست اشاره کرد. قطعات جوشکاری در صنایع مختلفی مانند خطوط انتقال گاز، قطعات هواپیما، سازوکارهای صنعتی و مانند این‌ها کاربردهای زیادی دارند. بازرسی قطعات در فرآیند جوشکاری اهمیت بالایی دارد که در طی آن آسیب‌ها و عیوب بوجود آمده در ناحیه جوش مشخص می‌شود. شناسایی آسیب‌های جوش تأثیر زیادی در عملکرد قطعه‌ها و سازه‌ها دارد و در صورت تشخیص نادرست محل و نوع عیوب، ممکن است خسارت‌های غیر قابل جبران بوجود آید. بعضی از این عیوب به راحتی توسط چشم غیر مسلح قابل رؤیت می‌باشند اما آسیب‌های ریز و داخلی مناطق جوش با چشم غیر مسلح قابل شناسایی نیستند. این عیوب معمولاً توسط آزمون‌هایی مانند پرتونگاری، جریان گردابی و فراصوتی که جزء آزمون‌های غیرمخرب<sup>۱</sup> به شمار می‌روند، قابل شناسایی هستند [۱، ۲].

آزمون‌های غیرمخرب با استفاده از روش‌های فیزیکی بدون تغییر و تخریب در ماهیت و ساختار قطعه مورد آزمایش، به شناسایی عیوب و ارزیابی خواص و عملکرد آن می‌پردازند. به خاطر داشتن این ویژگی‌ها، آزمون‌های غیرمخرب از نظر اقتصادی و نیز آسیب نرساندن به قطعات بسیار مقرون به صرفه و مناسب هستند. آزمون‌های غیرمخرب به خصوص آزمون پرتونگاری صنعتی<sup>۲</sup>، متداول‌ترین روش تشخیص عیوب است که با استفاده از پرتوهای ایکس یا گاما انجام می‌شود و می‌تواند ناپیوستگی‌های داخلی را به ویژه در اتصالات جوش، تشخیص دهد [۳]. پرتوهای ایکس یا گاما دارای طول موج کوتاه و انرژی زیادی هستند و قدرت نفوذ بسیار بالایی در اجسام دارند [۴].

عیوب موجود با چگالی متفاوت در قطعه جوشکاری باعث می‌شوند که پرتو با شدت متفاوت به آشکارسازی که در پشت نمونه آزمایشی قرار دارد، برسد. مقدار تضعیف پرتوی ایکس و گاما به ضخامت و عدد اتمی قسمت‌های مختلف در ماده، از جمله نواحی عیوب بستگی دارد. بعد از عملیات ظهور و ثبوت<sup>۳</sup> قسمت‌هایی از فیلم و یا آشکارساز که پرتو بیشتری جذب کرده‌اند تیره‌تر و قسمت‌هایی که پرتو کمتری جذب کرده‌اند روشن‌تر به نظر می‌رسند [۵]. نقص‌های جوشکاری در تصاویر پرتونگاری اغلب به عنوان مناطق ناهمگن با ناپیوستگی و شیب‌های تیز در مرزهای جوش وجود دارند [۶]. تفسیر درست و دقیق پرتونگاره‌های جوش برای شناخت کامل محل و ابعاد عیوب مرحله‌ای مهم در کنترل کیفی قطعه مورد آزمایش است. معمولاً پرتونگاره‌ها به دلیل پراکندگی ذاتی پرتوی ایکس در ماده و سایر عوامل مانند مخدوش شدن فیلم یا نوفه‌های الکترونیکی در سیستم پرتونگاری از وضوح کافی برخوردار نیستند. کیفیت پایین و عدم وضوح پرتونگاره‌ها، تفسیر دقیق آن‌ها و به دنبال آن تشخیص محل و نوع عیوب را دشوار می‌کند [۴، ۷، ۸].

برای بهبود کیفیت پرتونگاره‌ها و کاهش عدم وضوح<sup>۴</sup> آن‌ها می‌توان از تجهیزات پیشرفته‌تر و همچنین افزایش انرژی در سیستم پرتونگاری استفاده کرد. اما به دلیل اینکه در این روش‌ها باید سیستم ارتقاء یابد، هزینه زیادی در پی دارد و مقرون به صرفه نیست. برای افزایش تباین<sup>۵</sup> و حذف نوفه از تصاویر پرتونگاری صنعتی یکی از روش‌های معمول استفاده از روش‌های مختلف پردازش تصویر می‌باشد. مقرون به صرفه‌ترین روش‌های پردازشی، استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر هستند. روش‌های پردازش تصویر در حوزه‌های مکانی، فرکانسی و فرکانسی — زمانی وجود دارند. از جمله الگوریتم‌های پردازش تصویر می‌توان به صافی متوسط گیری<sup>۶</sup>، صافی گابور<sup>۷</sup>، صافی انتشاری غیرخطی<sup>۸</sup> و غیره اشاره کرد که هر کدام مزایا و معایبی دارند [۹-۱۱].

در این مقاله برای بررسی و شناسایی آسیب‌های پنهان جوش از آزمون پرتونگاری استفاده شده است. برای افزایش

<sup>۵</sup> Contrast

<sup>۶</sup> Averaging Filter

<sup>۷</sup> Gabor Filter

<sup>۸</sup> Nonlinear Diffusion Filter

<sup>۱</sup> Non-Destructive Testing

<sup>۲</sup> Industrial Radiography

<sup>۳</sup> Developing and Fixing

<sup>۴</sup> Blurriness

استاندارد ISO 5817 و ISO 6520 انجام شده‌اند [۱۲].

## ۲-۲ صافی میانه‌ی وزن‌دار

صافی میانه‌ی وزن‌دار جزء صافی‌های خطی و محلی است و در حوزه مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این صافی یکی از ابزارهای مهم در پردازش تصویر و سیگنال به شمار می‌رود که برای حذف نوفه و حفظ جزئیات تصویر کاربرد دارد. صافی میانه‌ی وزن‌دار برخلاف صافی میانه‌ی ساده، از وزن‌های مختلف برای هر پیکسل در ناحیه‌ی همسایگی استفاده می‌کند که باعث بهبود عملکرد آن در مقابله با نوفه‌های مختلف می‌شود. صافی میانه‌ی وزن‌دار بر اساس محاسبه‌ی میانه‌ی وزن‌دار پیکسل‌های یک ناحیه مشخص عمل می‌کند. مراحل اعمال صافی بصورت زیر است:

۱. تعریف ناحیه همسایگی: ناحیه‌ی همسایگی  $W$  برای هر پیکسل  $(i,j)$  به صورت یک ماتریس مربعی به اندازه‌ی  $(2k+1) \times (2k+1)$  در نظر گرفته می‌شود.

۲. اختصاص وزن‌ها به پیکسل‌ها: برای هر پیکسل در ناحیه‌ی همسایگی  $W$  یک وزن  $w(i,j)$  در نظر گرفته می‌شود که مجموع این وزن‌ها برابر ۱ است:

$$\sum_{(i,j) \in W} w(i,j) = 1 \quad (1)$$

۳. مرتب‌سازی پیکسل‌ها: پیکسل‌های موجود در ناحیه‌ی همسایگی بر اساس مقادیرشان مرتب می‌شوند. وزن‌های متناظر با هر پیکسل نیز مرتب می‌شوند.

۴. محاسبه‌ی میانه‌ی وزن‌دار ( $WM$ ): میانه‌ی وزن‌دار به عنوان مقداری تعریف می‌شود که مجموع وزن‌های پیکسل‌ها از ابتدای لیست مرتب شده تا این مقدار، برابر یا بیشتر از  $0.5$  باشد:

$$WM(x) = \operatorname{argmin}_m \left\{ \sum_{x_m \leq x_i} w(x_i) \geq 0.5 \right\} \quad (2)$$

در این رابطه،  $x_i$  مقادیر پیکسل‌های ناحیه‌ی همسایگی هستند که به ترتیب صعودی مرتب شده‌اند [۱۳].

دو پارامتر اصلی در صافی میانه‌ی وزن‌دار تعداد تکرار ( $i$ ) و پنجره سه بعدی هستند و نقش مهمی در اجرای الگوریتم ایفا می‌کنند.  $i$  تعداد تکرارها یا تعداد مراحل است که

تباين و بهبود کیفیت پرتونگاره‌های جوش به منظور تشخیص آسان‌تر محل و نوع آسیب‌ها از الگوریتم صافی میانه‌ی وزن‌دار<sup>۱</sup> استفاده شده است. این صافی یک صافی حوزه مکانی است؛ که به طور مستقیم بر روی مقادیر پیکسل‌های تصویر در یک ناحیه‌ی همسایگی مشخص عمل می‌کند و با استفاده از وزن‌های واکسل‌ها<sup>۲</sup>، میانه‌ی وزن‌دار<sup>۳</sup> را برای هر پیکسل محاسبه می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود که صافی بتواند نوفه‌های محلی را به خوبی حذف کند و جزئیات مهم تصویر را حفظ نماید. این الگوریتم بر روی پرتونگاره‌های جوش پایگاه GD-Xray اعمال شده است [۱۲]. تصاویر پردازش شده با استفاده از این صافی به کارشناسان و مهندسان صنایع کمک می‌کند عمل بازسازی قطعات جوشکاری را انجام دهند تا به این طریق از خسارت‌ها جلوگیری شود.

## ۲- روش کار

### ۲-۱ پرتونگاری

تصاویر پرتونگاری استفاده شده در این مقاله از سایت GD-Xray<sup>۴</sup> دانلود شده‌اند. ابتدا نمونه‌های جوشکاری شده مطابق با استاندارد ISO 17636-1 در معرض پرتوهای قرار گرفتند و از فیلم برای آشکارسازی تصاویر استفاده شده است. برای کم شدن پراکندگی ذاتی پرتوی ایکس، در زیر فیلم‌ها ورق سربی به ضخامت  $0.5$  میلی‌متر گذاشته شده است. بعد از عملیات ظهور و ثبوت، فیلم‌ها با اسکنر LS85 SDR ساخت Lumisys/Kodak با کلاس دیجیتال DB-9 و با حداکثر چگالی  $4/1$  O.D<sup>۵</sup> طبق استاندارد ISO 14096-2 اسکن شده‌اند. تصاویر پرتونگاری توسط BAM (مؤسسه فدرال تحقیقات و آزمایش مواد - برلین<sup>۶</sup>) تولید شده‌اند. این پرتونگاره‌ها با سطح خاکستری ۱۲ بیتی اسکن شدند و با استفاده از LUT<sup>۷</sup> خطی، که به طور متناسب با چگالی نوری فیلم تنظیم شده بود به ۸ بیت تبدیل شدند، بدون اینکه اطلاعات مربوط به نقص‌ها از بین برود. اندازه پیکسل‌های تصاویر  $40/3$  میکرون ( $630$  dpi) می‌باشد. کلیه مراحل آزمون‌های پرتونگاری و پردازش‌های بعد آن تحت

<sup>5</sup> Optical Density

<sup>6</sup> Federal Institute of Materials Research and Testing - Berlin

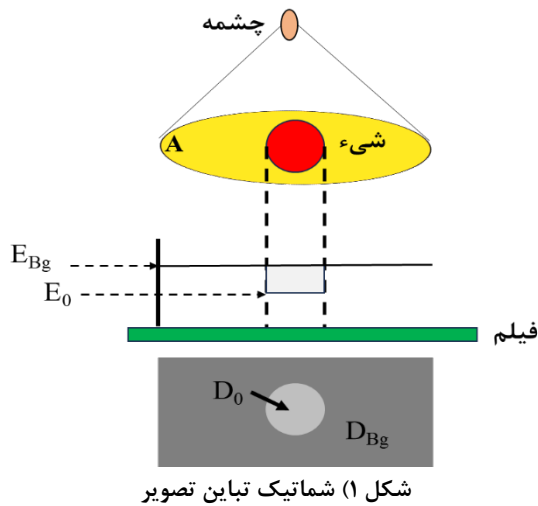
<sup>7</sup> Lookup Tables

<sup>1</sup> Weighted Median Filter

<sup>2</sup> Weights of Voxels

<sup>3</sup> Weighted Median

<sup>4</sup> <https://domingomery.ing.puc.cl/material/gdxdray/>



مطابق با شکل ۱ تابش ناشی از چشمه (ناحیه A)، به شیء برخورد می‌کند و مقدار عبوری پرتو از شیء ( $E_0$ ) ایجاد می‌شود و مقداری از پرتو نیز پراکنده می‌شود و تابش ناشی از پراکندگی پرتو زمینه ( $E_{Bg}$ ) را به وجود می‌آورد. تباین ناشی از شیء مطابق با رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$C = \frac{E_{Bg} - E_0}{E_{Bg}} \quad (5)$$

این پرتوها با عبور از شیء با منحنی پاسخ فیلم ترکیب می‌شوند و تباین ناشی از فیلم را ایجاد می‌کنند که طبق رابطه (۶) بیان می‌شود:

$$C = D_{Bg} - D_0 \quad (6)$$

در این رابطه  $D_0$  دانسیته فیلم در ناحیه شیء،  $D_{Bg}$  دانسیته ناشی از پرتو زمینه می‌باشد و  $C$  بیانگر تباین فیلم است [۱۴].

### ۳- نتایج

در این مقاله برای بهبود تباین تصاویر پرتونگاری جوش پایگاه GD-Xray بخصوص در نواحی عیوب از صافی میانه‌ی وزن دار استفاده شده است. در شکل ۲ نمونه‌ای از پرتونگاره‌های مورد استفاده نشان داده شده است. در انتخاب پرتونگاره‌ها سعی شده پرتونگاره‌هایی از جوش با کیفیت و تباین‌های مختلف انتخاب شوند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود عیوب بزرگ با چشم غیر مسلح قابل رؤیت هستند، اما به دلیل کیفیت پایین پرتونگاره‌ها و مات شدگی<sup>۳</sup>

الگوریتم برای اعمال صافی میانه‌ی وزن دار روی تصویر انجام می‌دهد؛ و پنجره سه بعدی تعداد بازه‌های مقادیر واکسل‌ها است که برای محاسبه‌ی میانه‌ی وزن دار استفاده می‌شود. با دادن مقادیر مختلف به این پارامترها می‌توان اطلاعات مختلفی از تصویر را بدست آورد. با تغییر این پارامترها، بر اساس نیاز بعضی از مؤلفه‌ها حذف و به برخی مؤلفه‌های دیگر وزن داده می‌شود که به این ترتیب می‌توان تصاویری با کیفیت بهتر بدست آورد. از مزایای این روش این است که می‌توان عملیات بازسازی را بر روی یک تصویر سه لایه رنگی نیز انجام داد. در بسیاری از الگوریتم‌های پردازش تصویر معمولاً با یک لایه از تصویر کار می‌شود.

برای مقایسه‌ی تصویر پرتونگاره اصلی و تصویر پردازش شده و ارزیابی آن‌ها از دو عامل نسبت بیشترین مقدار سیگنال به نوفه<sup>۱</sup> (PSNR) و خطای میانگین مربعی<sup>۲</sup> (MSE) استفاده شده است: PSNR بیانگر میزان انرژی سیگنال اصلی در برابر انرژی نوفه موجود در تصویر است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PSNR = \frac{1}{MN} \log \left( \frac{255^2 MN}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_{orginal}(i,j,t) - I_{denoised}(i,j,t))^2} \right) \quad (3)$$

در این رابطه  $M$  و  $N$  ابعاد تصویر  $I$  مورد بررسی،  $I_{orginal}$  تصویر اصلی و  $I_{denoised}$  تصویر بعد از حذف نوفه است. مقدار بیشتر PSNR نشان‌دهنده نزدیک‌تر بودن تصویر پردازش شده به تصویر اصلی هست. هرچه PSNR دارای عدد بزرگ‌تری باشد، نشانه کمتر بودن نوفه موجود در تصویر است.

خطای میانگین مربعی، MSE، کاربرد زیادی در پردازش برای ارزیابی انواع سیگنال یک بعدی و دو بعدی (تصویر) دارد و بصورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_{orginal}(i,j,t) - I_{denoised}(i,j,t))^2 \quad (4)$$

به تفاوت دو پیکسل مجاور در یک تصویر تباین گفته می‌شود، زمانی تباین در تصویر بالاست که بتوان بین دو پیکسل تمایز قائل شد و آن‌ها را از یکدیگر تفکیک کرد. در شکل ۱ تباین تصویر و شیء نشان داده شده است. تباین تصویر از ترکیب تباین جسم و تباین آشکارساز حاصل می‌شود.

<sup>3</sup> Foginess

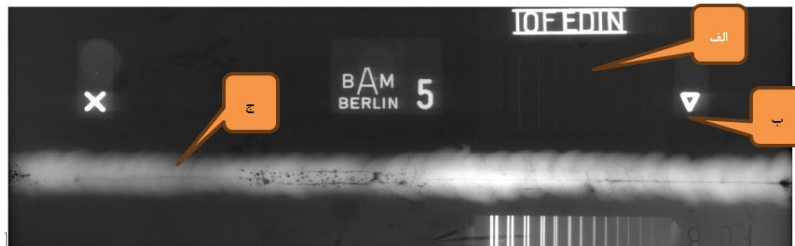
<sup>1</sup> Peak Signal to Noise Ratio

<sup>2</sup> Mean Square Root

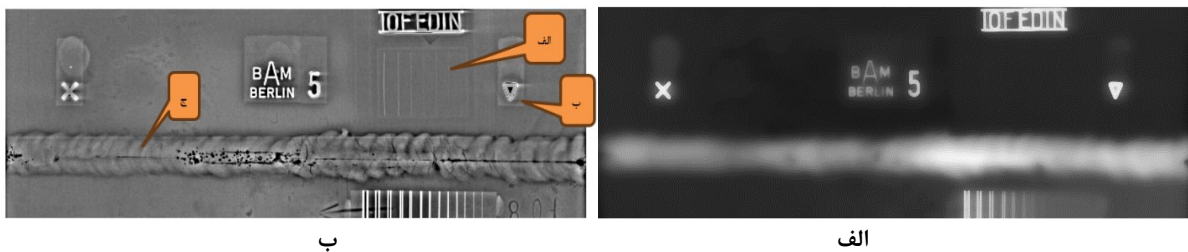
زمینه، هم پنجره‌های سه بعدی بزرگ انتخاب شده و هم الگوریتم تکرار استفاده شده تا تصویر کاملاً مات در خروجی بدست آید و از تصویر پرتونگاره اصلی کم شود و تصویر با تباین بالا ساخته شود.

در شکل ۳- الف تصویر خروجی الگوریتم برای تعداد تکرار ۵ و پنجره سه بعدی ۱۶ نشان داده شده و در شکل ۳- ب تصویر بازسازی شده حاصل از کم کردن پرتونگاره شکل ۱ از شکل ۳- الف مشاهده می‌شود که تصویر به دلایل بزرگ انتخاب شدن پنجره سه بعدی و تعداد تکرار ۵ مات‌تر از شکل ۲ است و نواحی عیوب مانند ترک‌ها و حفره‌ها روی آن محوتر شده است. در شکل ۳- ب این نواحی واضح‌تر است و همچنین چهار خط IQI که در پرتونگاره شکل ۲ به سختی دیده می‌شود، در این تصویر کاملاً واضح شده است (نشانگر الف). همچنین قاب علائم سربی و ترک (نشانگرهای ب و ج) نیز در تصویر بازسازی شده بهتر قابل ملاحظه هستند.

تصویر، در نواحی جوش امکان تشخیص ترک‌های ریز و سایر عیوب وجود ندارد. برای افزایش کیفیت تصاویر الگوریتم صافی میانه‌ی وزن‌دار مورد استفاده قرار گرفته است. این صافی دارای یک پنجره سه بعدی است که بر روی تصویر اعمال شده و با عملیات مطابق بخش ۲-۲ با وزن‌دهی مختلف به واکنش‌های پنجره عملیات نوفه‌زدایی را انجام می‌دهد. در پرتونگاره‌های موجود، مقدار نوفه مشخص نیست، بنابراین این از روش حذف پس زمینه برای افزایش تباین پرتونگاره‌ها استفاده شده است. برای این منظور ابتدا پرتونگاره‌ها با نرم افزار MATLAB 2018 باز و صافی میانه‌ی وزن‌دار برای افزایش تباین پرتونگاره‌ها به منظور تشخیص عیوب آن‌ها، اعمال شده است. تصویر خروجی حاصل از اعمال الگوریتم از پرتونگاره اصلی کم شده تا با حذف پس زمینه، تصویری با کیفیت بهتر برای تشخیص نواحی عیوب حاصل شود. بررسی‌ها نشان داد که در این الگوریتم که بر اساس میانه عمل می‌کند، خروجی بعد از اعمال الگوریتم صاف‌تر می‌شود. بنابراین، برای بدست آوردن مقدار پس



شکل ۲) پرتونگاره تهیه شده مطابق بخش ۱-۲



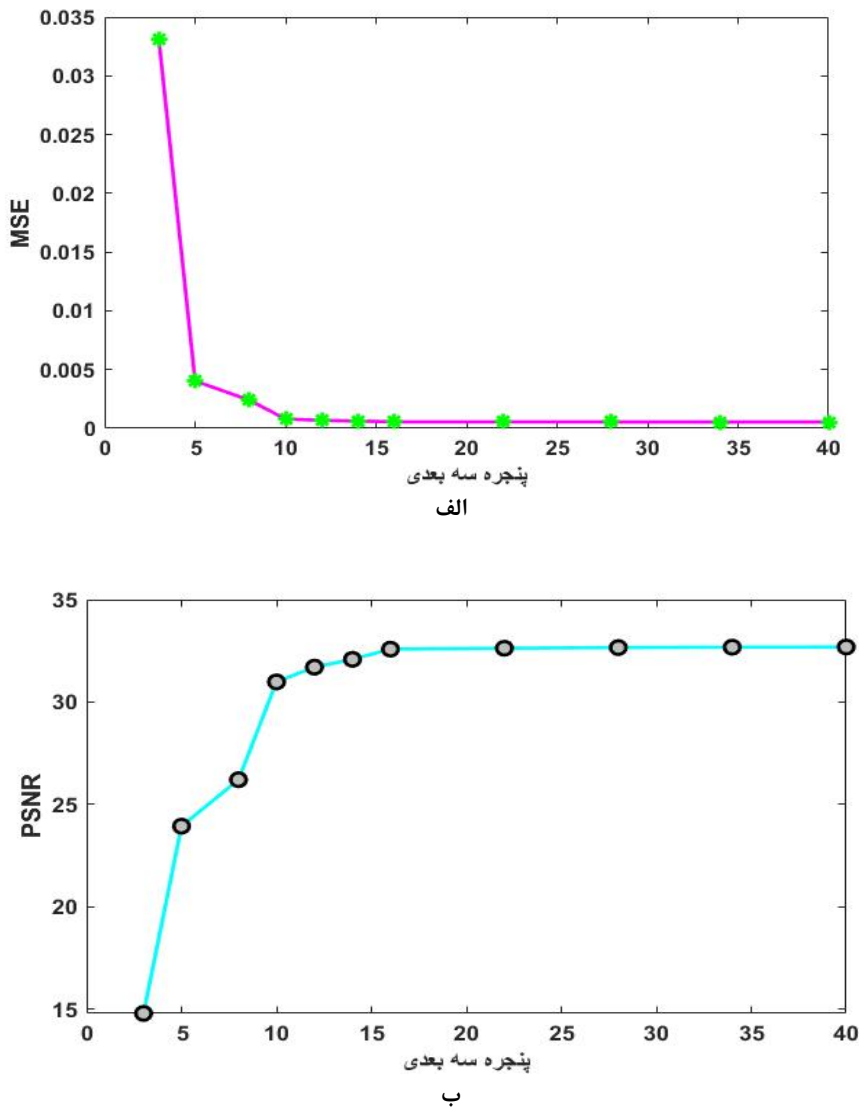
شکل ۳) الف- تصویر خروجی الگوریتم برای تعداد تکرار ۵ و پنجره سه بعدی ۱۶، ب- تصویر بازسازی شده حاصل از کم کردن پرتونگاره شکل ۲ از شکل ۳- الف

است. همچنین در شکل ۵ تغییرات این دو عامل بر روی تعداد تکرار دیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تغییر تعداد تکرار و اندازه پنجره سه بعدی بر کیفیت تصویر

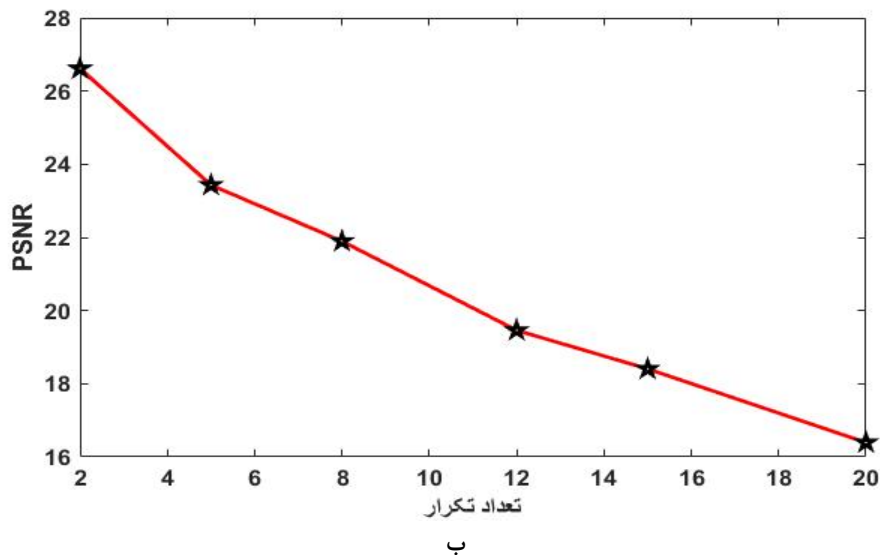
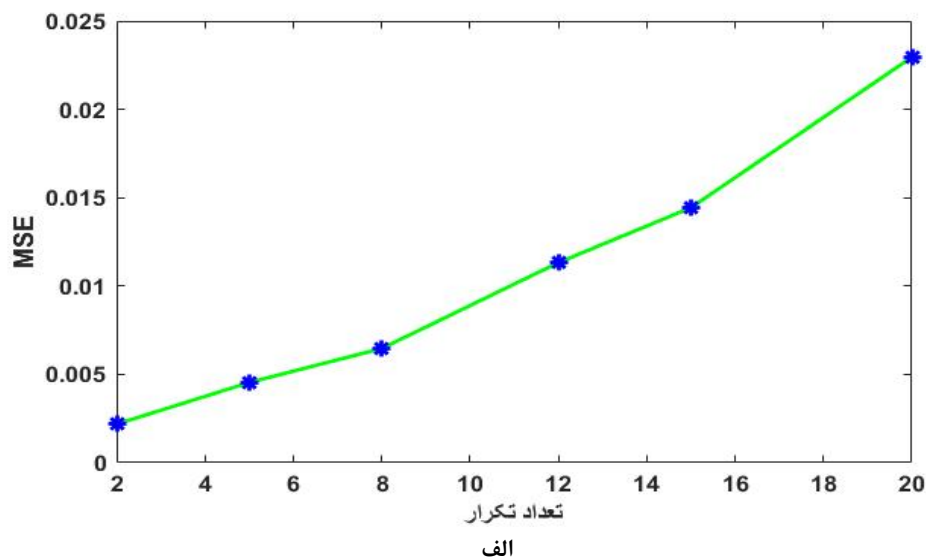
برای بررسی اثر تکرار و تغییر اندازه پنجره سه بعدی از عامل‌های PSNR و MSE استفاده شد. در شکل ۴ تغییرات این دو عامل با تغییرات پنجره سه بعدی نشان داده شده

خروجی استناد شد. در اجرای برنامه برای تعداد تکرارهای مختلف دیده شد که در ۵ تکرار، تصویر بازسازی شده مناطق عیوب و خطوط IQI را بهتر نشان می‌دهد و تباین تصویر قابل ملاحظه است. بنابر این، برای اجرای الگوریتم بهترین پارامترها پنجره ۱۶ در ۱۶ و تعداد تکرار ۵ بودند. باید توجه داشت که افزایش تعداد تکرار و پنجره سه بعدی زمان اجرای الگوریتم را بالا می‌برد و نیز بر کیفیت تصویر خروجی چندان تأثیر گذار نیست. همچنین مقدار کوچک پنجره سه بعدی موجب از دست رفتن برخی از اطلاعات تصویر و ایجاد آرتیفکت‌های ناخواسته می‌شود.

خروجی اثر گذار است. شکل ۴ نشان می‌دهد که بزرگ شدن پنجره بیشتر از ۱۶ تأثیر زیادی روی تصویر خروجی ندارد و مقدار MSE که بیانگر شباهت دو تصویر است تغییرات قابل ملاحظه‌ای ندارد. برای PSNR هم که رفتار آن بر عکس MSE است، مطابق شکل ۴-ب دیده می‌شود، برای اندازه پنجره سه بعدی بیشتر از ۱۶ در ۱۶، تغییرات قابل ملاحظه نیستند. در شکل ۵ نمودارهای تغییرات PSNR و MSE بر حسب تعداد تکرار نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها دیده می‌شود که MSE تغییرات افزایشی دارد و بر عکس PSNR تغییرات کاهش‌ی دارد. برای انتخاب بهترین تعداد تکرار با توجه به نتایج شکل ۵ به تغییرات تباین تصویر



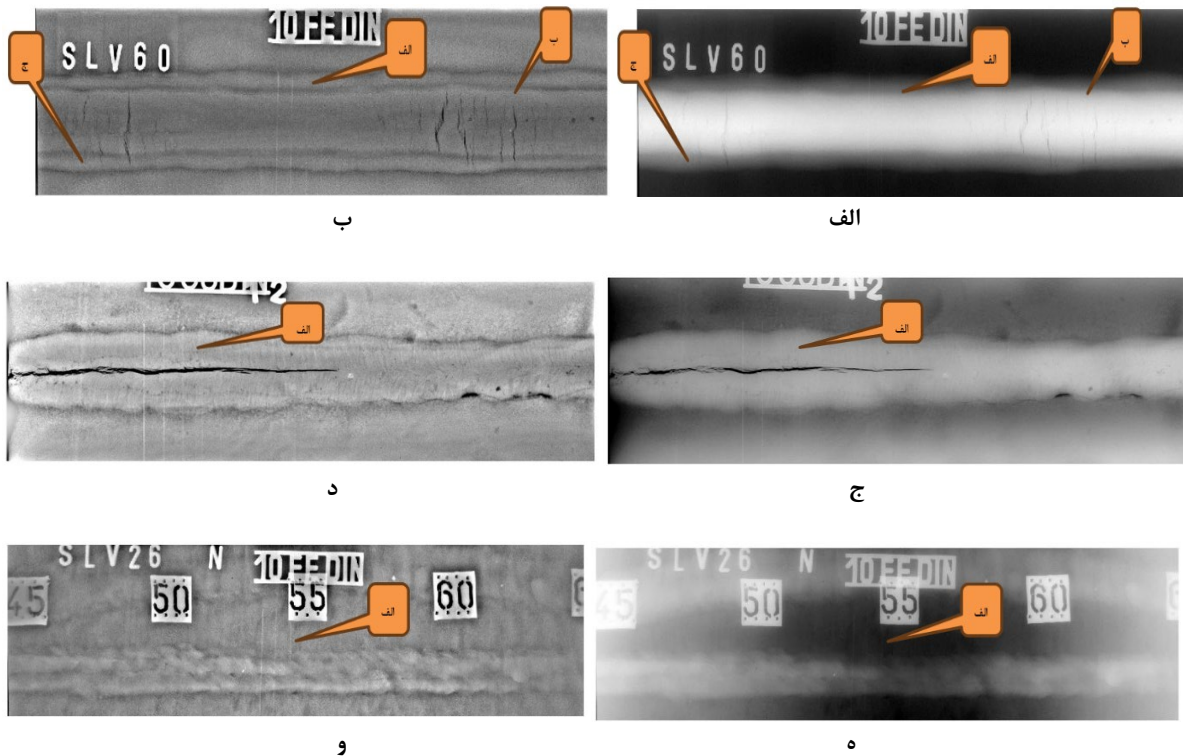
شکل ۴) نمودار تغییرات الف- MSE و ب- PSNR بر حسب پارامتر اندازه پنجره سه بعدی با تعداد تکرار ۵



شکل ۵) نمودار تغییرات الف- MSE و ب- PSNR بر حسب پارامتر تکرار با اندازه پنجره سه بعدی ۱۶

همچنین لبه‌ها، محل ترک‌ها، و حفره‌های موجود نیز (محل نشانگرهای ب و ج) کاملاً قابل تشخیص هستند. در تصاویر بازسازی شده شکل ۶-د و شکل ۶-ه و نیز چهار خط IQI در این تصاویر کاملاً واضح شده است (محل نشانگر الف)، لبه‌ها، محل ترک‌ها، خطوط جوشکاری و حفره‌های موجود نیز نسبت به پرتونگاره‌های اصلی که کیفیت کمی دارند، بهتر قابل تشخیص هستند.

در شکل ۶ الگوریتم میانه‌ی وزن‌دار بر روی سه تصویر پرتونگاری دیگر از پایگاه GD-Xray اعمال شده و نتایج آن‌ها در شکل نشان داده شده است. در شکل‌های ۶-الف، ج و ه پرتونگاره‌های اصلی و در شکل‌های ۶-ب، د و و تصاویر بازسازی شده آن‌ها نشان داده شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود در تصاویر بازسازی شده شکل ۶-ب چهار خط IQI که در پرتونگاره شکل ۶-الف به سختی دیده می‌شود، در این تصویر کاملاً واضح شده است (محل نشانگر الف)،



شکل ۶ الف، ج و ه- پرتونگاره‌های اصلی؛ ب، د و و- تصاویر بازسازی شده برای تعداد تکرار ۵ و پنجره ۱۶ در ۱۶

امتیازات داده شده توسط متخصصان برای این ارزیابی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که از نظر متخصصین تصاویر بازسازی شده نسبت به پرتونگاره‌های اصلی بهبود یافته‌اند. همچنین با توجه به انحراف معیار محاسبه شده، کوچک بودن آن در تصاویر بازسازی شده نشان می‌دهد که نظر متخصصین بطور اجماع بر بهبود تصاویر بازسازی شده است.

برای ارزیابی نتایج بدست آمده از روش انسانی نیز استفاده شده و تصاویر ورودی (پرتونگاره‌های اصلی) و تصاویر خروجی (تصاویر بازسازی شده) توسط سه متخصص در زمینه پرتونگاری و جوش مورد ارزیابی قرار گرفتند. پرتونگاره‌های اصلی جوش و تصاویر بازسازی شده‌ی آن‌ها به افراد متخصص نشان داده شد و از آن‌ها خواسته شد با توجه به تصاویر و اطلاعات استخراج شده از آن‌ها به تصاویر امتیازی بین صفر تا ۱۰۰ را بدهند. متوسط و انحراف معیار

جدول ۱) امتیاز متخصصان به پرتونگاره‌های اصلی و تصاویر بازسازی شده با صافی میانه‌ی وزن‌دار

امتیاز متخصصان (%)		نام تصویر پرتونگاری
تصویر بازسازی شده	پرتونگاره اصلی	
$93/21 \pm 2/10$	$87/25 \pm 8/21$	شکل ۲ و شکل ۳- ب
$81/32 \pm 5/17$	$66/35 \pm 10/72$	شکل ۶- الف و ب
$91/86 \pm 4/56$	$85/37 \pm 5/45$	شکل ۶- ج و د
$88/28 \pm 3/12$	$62/75 \pm 14/31$	شکل ۶- ه و و

*International Journal of Computer and Information Engineering*, 1 (2), 433-436.

- [4] Ghyasi, S. M., Yahaghi, E., Movafeghi, A., & Madrid Garcia, J. A. (2022). Defects identifying of valuable artistic paintings by industrial radiography. *Nuclear Science and Technology*, 98 (1), 9-18. (in Persian)
- [5] Edalati, K., Rastkhah, N., Kermani, A., Seiedi, M., & Movafeghi, A. (2006). The use of radiography for thickness measurement and corrosion monitoring in pipes. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 83 (10), 736-741. (in Persian)
- [6] Xiaoming, P., Chengping, Z., & Mingyue, D. (2001). Corner detection method based on wavelet transform. in *Proceedings of the SPIE*.
- [7] Schwartz, C. (2003). Automatic Evaluation of Welded Joints Using Image Processing on Radiographs. in *AIP Conference Proceedings*.
- [8] Carrasco, M. A., & Mery, D. (2004). Segmentation of welding defects using a robust algorithm. *Materials Evaluation*, 62 (11), 1142-1147.
- [9] Ghiyasi, S. M., yahaghi, E., & Madrid Garcia, J. A. (2021). Comparison of Radiography Testing and Ultraviolet Inspection in Identifying Hidden Designs and Defects of Exquisite Paintings. *NDT Technology*, 2 (7), 79-87. (in Persian)
- [10] Daubechies I Defrise, M., & Mol, C. D. (2004). An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint. *Communications on Pure and Applied Mathematics: A Journal Issued by the Courant Institute of Mathematical Sciences*, 57(11), 1413-1457.
- [11] Siqueira, M., da Silva, R. R., de Souza, M. P. V., Rebello, J. M. A., Calôba, L. P., & Mery, D. (2004). Estimated Accuracy of Classification of Defects Detected in Welded Joints by Radiographic Tests. in *16th World Conference on NDT*. Montreal.
- [12] Mery, D., Riffo, V., Zscherpel, U., Mondragón, G., Lillo, I., Zuccar, I., Lobel, H., & Carrasco, M. (2015). GDxray: The Database of X-ray Images for Nondestructive Testing. *Nondestructive Evaluation*, 34 (42).
- [13] Ma, Z., He, K., Wei, Y., Sun, J., & Wu, E. (2013). Constant Time Weighted Median Filtering for Stereo Matching and Beyond. in *IEEE international conference on computer vision*. Sydney.
- [14] Bushberg, J., & Seibert, J. (2022). *The Essential Physics of Medical Imaging Study Guide*. Wolters Kluwer Health.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله هدف بهبود تباین پرتونگاره‌های جوش پایگاه GD-Xray برای تشخیص دقیق محل آسیب‌ها است. در پرتونگاره‌های موجود به دلیل وجود نوفه و عدم وضوح، تعیین دقیق محل ترک‌ها و عیوب داخلی دشوار است. از صافی میانه‌ی وزن‌دار برای افزایش تباین در پرتونگاره‌ها استفاده شده است. در این مقاله، با تغییر مداوم پارامترها در صافی میانه‌ی وزن‌دار بهترین پارامترها برای داشتن تباین مناسب تصاویر بازسازی شده بدست آمدند. نتایج نشان می‌دهند با توجه به مشخص نبودن مقدار نوفه در پرتونگاره‌ها، استفاده از الگوریتم صافی میانه‌ی وزن‌دار تکراری در حالت حذف پس زمینه، می‌تواند تصاویری با تباین مناسب ایجاد کرده که در آن مناطق عیوب جوش و خطوط IQI وضوح مناسبی دارند. برای ارزیابی از نظرات متخصصین پرتونگاری و جوش استفاده شد، از نظر متخصصین با توجه به کاربردهای عملی و فنی، بهبود تباین تصاویر در نواحی مختلف پرتونگاره‌ها در حدود ۵ تا ۱۶٪ بوده است که با توجه به این امر، نواحی عیوب در تصاویر بازسازی شده قابل ملاحظه‌تر هستند.

#### ۵- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۶- منابع

- [1] Yahaghi, E., Movafeghi, A., & Mohammadzadeh, N. (2015). Implement of shade from shading method for improvement of weld defect detection in radiographic images. *Nuclear Science, Engineering and Technology (JONSAT)*, 35 (4), 1-8. (in Persian)
- [2] Movafeghi, A., Yahaghi, E., Mohammadzadeh, N., & Rokrok, B. (2019). Quality Improvement of Defects Region in Weld Radiography Image by the Wavelet Method Based on Adaptive Thresholding. *Nuclear Science, Engineering and Technology (JONSAT)*, 40 (1), 1-9. (in Persian)
- [3] Nacereddine, N., Zemat, M., Belaifa, S. S., & Tridi, M. (2007). Weld defect detection in industrial radiography based digital image processing.