

УЛУЧШЕНИЕ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА ЗНАЧАЩИХ ПРИЗНАКОВ В ПОЛЕ ГРАДИЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Бененсон З.М., Кульберг Н.С., Шестопалов В.С.

Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» РАН
Москва ГСП-1, ул. Вавилова, д. 40, к. 232, e-mail: benenson@mtu-net.ru

1. Введение

В данной работе использован подход, ранее предложенный авторами для обработки медицинских диагностических рентгеновских снимков. Теоретическое обоснование алгоритма и результаты клинических испытаний представлены в [1] и [2]. Этот подход основан на анализе поля градиентов снимка, фильтрации в поле градиентов и последующем восстановлении с помощью решения уравнения Пуассона.

На основе этого подхода был разработан алгоритм, позволяющий улучшить качество визуализации артефактов, а также определять размеров дефектов и их глубины для снимков сварных швов газовых магистральных трубопроводов. Работа выполнена по гранту РФФИ № 02-01-01037.

2. Особенности исследуемых снимков

Схема получения снимка представлена на рис. 1. Сварной шов может содержать инородные включения различной природы, обладающие большим или меньшим коэффициентом поглощения рентгеновского излучения, чем основной материал шва. Соответственно, на снимке они представляются в виде темных или светлых пятен с четкими границами.

Рядом со швом при съемке помещается эталон чувствительности — стальная пластина с канавками различной глубины. Сравнивая перепады яркости на краях артефактов с перепадами в соответствующих местах эталона, можно оценить не только видимые на снимке размеры дефекта, но и также его глубину.

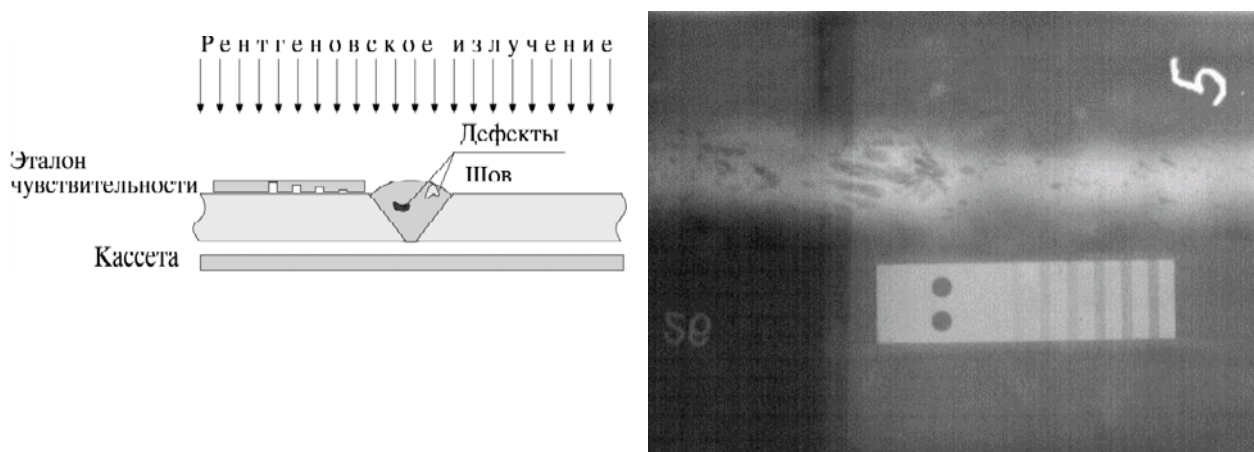


Рис. 1. Схема получения рентгеновского изображения и фрагмент снимка с эталоном чувствительности

Выделение границ артефактов

Как и в случае медицинских рентгеновских снимков, основная обработка производится в поле градиентов изображения. Геометрические особенности артефактов исследуются при помощи анализа резких перепадов яркости. Перед этапом нахождения градиента, с целью ослабления влияния шумов для исходных дискретных последовательностей выполняется свертка с гауссовским фильтром. Как показано в [2], местонахождение перепадов яркости при этом не изменяется. Найденный дискретный градиент функции изображения $\mathbf{g}(x, y) = \nabla F(x, y)$ представляется в виде $g(x, y), \varphi(x, y)$ где

$$g(x, y) = |\mathbf{g}(x, y)|, \varphi(x, y) = \arctg\left(\frac{\partial f / \partial x}{\partial f / \partial y}\right) \quad (1)$$

Признаком границы артефакта является наличие максимума функции $g(x, y)$ по направлению градиента. По результатам проверки строится дискретная последовательность $\tilde{\gamma}(x, y)$, значения которой не равны нулю только на границах. Поскольку отношение сигнал/шум в окрестности перепадов максимально, этим достигается эффект шумоподавления.

Далее обработка идет по двум направлениям:

- 1) построение улучшенного снимка для визуального анализа;
- 2) автоматический анализ формы и размеров артефактов.

Восстановление улучшенного изображения

Совокупность дискретных функций $\tilde{\gamma}(x, y)$, $\varphi(x, y)$ интерпретируется как градиент некоторой функции.

$$\bar{\Gamma}(x, y) = \begin{pmatrix} \tilde{\gamma}(x, y) \cos \varphi(x, y) \\ \tilde{\gamma}(x, y) \sin \varphi(x, y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{\gamma}_x(x, y) \\ \tilde{\gamma}_y(x, y) \end{pmatrix} = \nabla \Phi(x, y) \quad (2)$$

Применив к (5) оператор ∇ , получим уравнение Пуассона с правой частью, зависящей от выделенных признаков изображения:

$$\nabla^2 \Phi(x, y) = (\bar{\nabla}, \bar{\Gamma}) = \frac{\partial \tilde{\gamma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{\gamma}_y}{\partial y} \quad (3)$$

Используя известную формулу решения уравнения Пуассона для бесконечной области, в двумерном случае, получаем выражение для функции $\Phi(x, y)$:

$$\Phi(x, y) = - \left(\iint \frac{2(x-x')}{\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}} \tilde{\gamma}_x(x', y') dx' dy' + \iint \frac{2(y-y')}{\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}} \tilde{\gamma}_y(x', y') dx' dy' \right) \quad (4)$$

То есть, функция синтезированного изображения представляет собой сумму двух сверток функций $\tilde{\gamma}_x(x, y)$ и $\tilde{\gamma}_y(x, y)$ с частными производными от функции Грина.

Автоматический анализ формы и размеров артефактов

Также в поле градиентов снимка осуществляется геометрический анализ инородных включений. Во-первых, оцениваются их количество и линейные размеры. Далее осуществляется сравнение значений скачков на границах артефакта со скачками в соответствующих местах эталона. Таким образом оценивается «глубина» дефекта, то есть его размер по третьему измерению. Результат такого исследования представляется в табличной форме.

Кроме того, строится вспомогательное изображение, на котором информация о глубине дефекта кодируется с помощью изменения цвета деталей. С этой целью диапазон значений скачков эталона делится на три поддиапазона. Строятся три независимых карты границ артефактов для значений, попадающих в соответствующий поддиапазон. К каждой отдельно применяется процедура восстановления по формуле (4). Полученные функции рассматриваются как компоненты (красная, зеленая и синяя) цветного изображения.

Результаты экспериментов

Эффективность работы алгоритма была проверена на снимках сварных швов газовых магистральных трубопроводов, предоставленных кафедрой сварки Московского института нефти и газа им. Губкина. Визуальная оценка обработанных снимков показывает, что контрастность артефактов значительно увеличена.

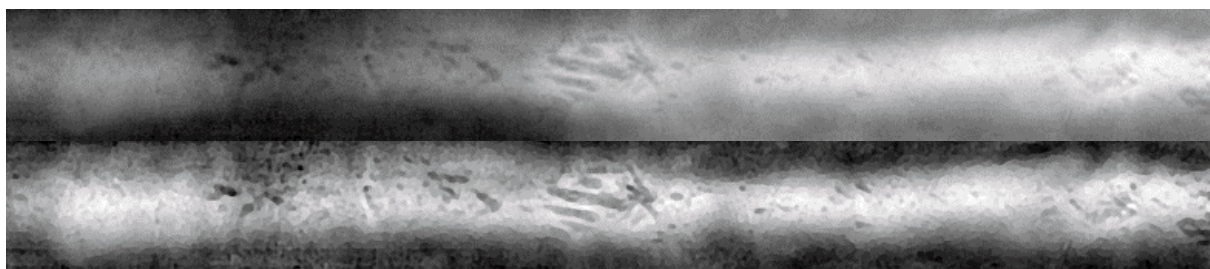


Рис. 2. Исходное и улучшенное изображения сварного шва

Литература

[1] З. М. Бененсон, Н. С. Кульберг, Л. М. Бурдина, А. Б. Елизаров. Повышение диагностической способности маммографии посредством цифровой обработки рентгеновских маммограмм. «Маммология», № 2, 1998 г.

[2] Бененсон З. М., Кульберг Н. С., Яковлева Т. В. Повышение диагностической способности рентгенографии с использованием анализа значащих признаков изображения. Труды 56-й Научной сессии, посвященной Дню радио, Российское НТОРЭС им. А. С. Попова, том 2, с. 423-426, Москва, 2001.



ENHANCEMENT OF THE X-RAYS DEFECTOSCOPY IMAGES VIA ANALYSIS OF THE IMAGE GEOMETRY IN THE GRADIENTS FIELD

Benenson Z., Kulberg N., Shestopalov V.

Scientific Council on Cybernetics, Vavilova 40, k 232, Moscow, Russia, e-mail: benenson@mtu-net.ru

Abstract. The approach to image processing used in this paper was first proposed for medicine X-rays films. The theoretical basis and experimental results were published in [1] and [2]. This approach is based on analysis of the image geometry in the gradients field with image restoring via Poisson's equation solution. Now it was adapted to the defectoscopy images.

Algorithm includes noise reduction, computing gradients, localisation of the artefacts edges and restoring of the enhanced image. To algorithm there was added the analysis of the calibration sample. Also there is added the colour encoding procedure for different artefact intensity. Figure 1 presents the X-rays image before and after processing by the algorithm. Experiment corroborates that artefacts become more able to be seen than before image processing.

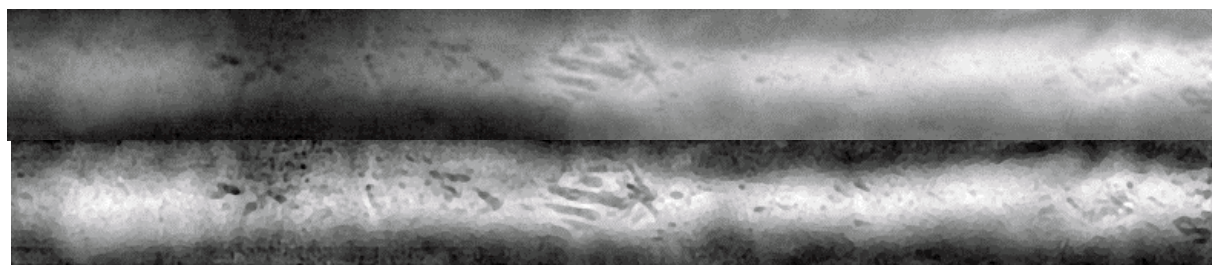


Fig. 1. Defectoscopy image before and after processing

References

[1] Z. M. Benenson, N. S. Kulberg, L. M. Burdina, A. B. Elizarov. Enhancement of the diagnostic ability of the mammography via digital processing of the X-rays films. Moscow, "Mammologiya", 1998 (in Russian).

[2] Benenson Z. M., Kulberg N. S., Yakovleva T. V. Enhancement of the diagnostic ability of the mammography via analysis of the significant image details. Proceedings of the 56th Scientific Session in honor of Radio Day, Scientific Popov Society, vol. 2, pp. 423-426. Moscow, 2001 (in Russian).