

УДК 004.932,621.791: 621.643

Сегментация изображений в задачах обнаружения дефект

*Тхет Аунг, аспирант,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Тху Рэйн Хтут, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Научный руководитель: Гаврилов.А.И., доцент, к.т.н
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Сегментация применяется для выделения объектов на изображении. В задачах контроля качества поверхности объектами выступают различные дефекты.[11,15] Изображение поверхности изделий обычно представляет собой фон однородной текстуры. Дефект отличается от фона по признакам, которые могут сильно варьироваться (текстура, яркость, цвет). Поэтому к методам сегментации предъявляются требования по обнаружению отклонений от текстуры различной природы. Визуальный контроль внешней поверхности применяется при контроле стыков трубопроводов.[8,9,13] Количество соединений в магистральных трубопроводах доходит до нескольких тысяч, поэтому автоматизация данного процесса - актуальная задача.[8,10,14,15] При её решении важной становится проблема выбора подходящего метода сегментации, обеспечивающего надёжное обнаружение дефектов.[1]

Цель работы - разработать подходы к анализу качества сварных соединений и реализовать алгоритмы цифровой обработки изображений в видеокомпьютерной системе мониторинга сварочных процессов.[10] Результаты моделирования подтверждают возможность применения предложенных алгоритмов в системах мониторинга сварочных процессов.

В ходе работы необходимо провести анализ современных методов цифровой обработки и сегментации изображений.[1,-3] , и реализовать их в системе видеомониторинга сварных соединений. (рис.1)

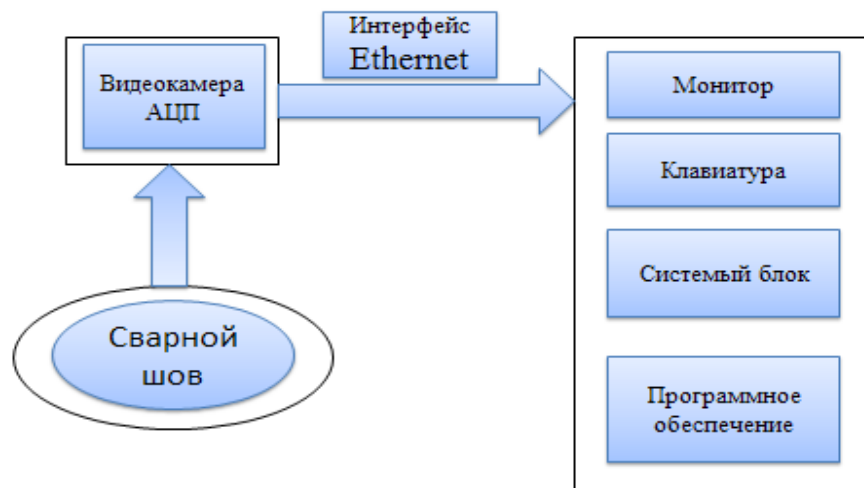


Рис .1. Система видеомониторинга сварных соединений.

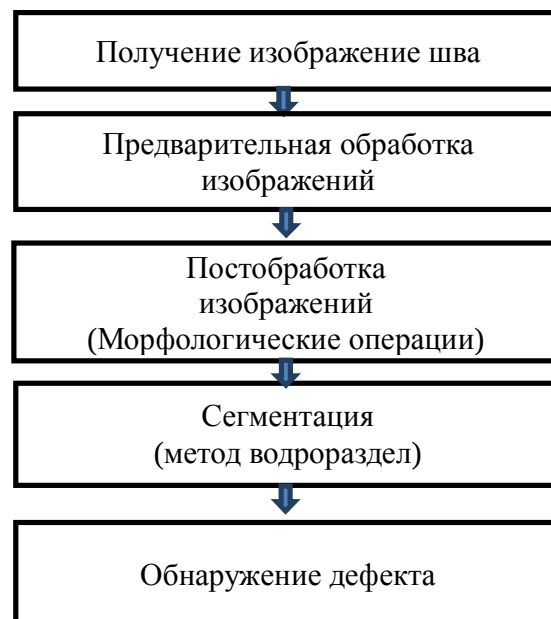


Рис. 2. Процедура детектирования дефектов сварных швов

Система видеомониторинга сварных швов может обнаружить и локализовать такие типы наружных дефектов сварки, как порезы, прожоги, непровар, бугристость швов и наплывы [7,13] . в соответствии с процедурой , представленной на рис. 2.

На первом этапе предварительной обработки происходит формирование изображения. Формированием изображения называется процедура непосредственного получения изображения в виде расположенного в памяти видеопроцессора массива дискретных элементов – пикселей, образующих матрицу или контур.[1,4,6]

На этапе формирования изображения выбирают порог яркости путем регулирования освещения и проводят фильтрацию изображения для компенсации помех, а также выделяют контур изображения - края и линии.[1,4]

При необходимости на этом этапе выполняют бинаризацию, т.е. преобразуют полутоновое изображение в бинарное.

Выбор порога яркости является важнейшей процедурой первого этапа предварительной обработки изображения, поскольку результат сильно зависит от освещенности рабочей сцены. Если освещенность занижена, то увеличивается количество помех на изображении вплоть до потери объекта; при очень сильной освещенности происходит засвечивание объекта.

Обычно при улучшении изображения применяют покадровую регулировку яркости и контрастности вводимого изображения. При этом для каждого кадра строят гистограмму распределения яркости изображения [1,3,6] и вычисляют ее параметры: математическое ожидание и дисперсию. Каждая точка такой гистограммы определяет количество пикселей изображения, имеющих данное значение яркости. При этом математическое ожидание определяет общую яркость изображения, а дисперсия - контрастность.

Фильтрация изображения является наиболее длительной и сложной стадией предварительной обработки. В общем случае фильтрация решает следующие основные задачи:[2]

- сглаживание (подавление высокочастотной помехи типа "снег",
- повышение контрастности,
- выделение контура.

Фильтрация в ряде случаев позволяет существенно уменьшить аппаратные помехи, вносимые оптической системой, фреймграббером, камерой (например, абберация объектива, дискретизация по полю ячеек светочувствительной поверхности и неоднородность их фотоэлектрических характеристик). Наиболее эффективен в инженерных приложениях медианный фильтр .

Медианный фильтр - один из видов цифровых фильтров, широко используемый в цифровой обработке сигналов и изображений для уменьшения уровня шума.[1,3] Медианная фильтрация - процедура обработки сигналов, подверженных воздействию импульсных помех, в соответствии со следующим описанием :

$$med = \arg \min_{I_i \in W} \sum_{I_j \in W} |I_i - I_j|$$

Где W - множество пикселей, среди которых ищется медиана, I_i - значения яркостей этих пикселей. Результат применения медианной фильтрации к изображению сварного шва представлен на рис .3.

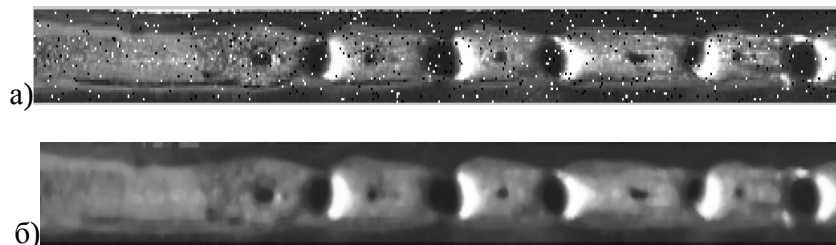


Рис.3. Результат применения медианного фильтра к изображению сварного шва;

а) исходное изображение; б) результат обработки фильтром 4x4

Бинаризация часто выполняют непосредственно после улучшения изображения. Задача бинаризации состоит преобразовании полутонового изображения в бинарное. В процессе бинаризации выбирают пороговое значение яркости, которое разделяет область объекта и область фона. Таким образом, если значение яркости в произвольной точке превышает пороговое значение, то точка принадлежит объекту, в противном случае - фону. Выходное бинаризованное изображение содержит две градации яркости: 0 или 1.[1,3]

$$\text{если } I(x, y) \geq T_{\text{порог}} \geq I(i, j) = 1, \text{ else } I(i, j) = 0$$

где $[T]$ -порог , I - яркость (интенсивность), $I(i, j)$ (интенсивности пикселя);

Результат применения бинаризации к изображению сварного соединения представлен на рис.4.

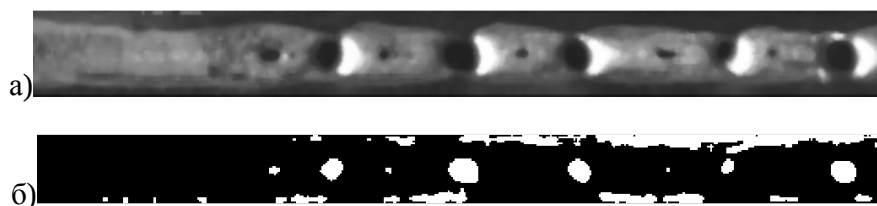


Рис.4. а) Исходное изображение после медианного фильтра;
б) Результат обработки бинаризации

Вторым этапом процедуры детектирования дефектов сварных швов является постобработка изображений на основе методов математической морфологии.[1,3]

Математическая морфология - теория и техника анализа и обработки геометрических структур, основанная на теории множеств, топологии и случайных функциях. В основном применяется в обработке цифровых изображений, но также может быть применима на графах, полигональной сетке, стереометрии и многих других пространственных структурах.[1,9,5]

Структурный элемент представляет собой некоторое двоичное изображение (геометрическую форму). Он может быть произвольного размера и произвольной структуры. Чаще всего используются симметричные элементы, как прямоугольник фиксированного размера ($BOX(l, w)$), или круг некоторого диаметра ($DISK(d)$).[1] В каждом элементе выделяется особая точка, называемая начальной (origin). Она может быть расположена в любом месте элемента, хотя в симметричных это обычно центральный пиксель.

Наращивание бинарного изображения A структурным элементом B обозначается $A \oplus B$ и задается выражением:

$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b$$

Эрозия бинарного изображения A структурным элементом B обозначается $A \ominus B$ и задается выражением:

$$A \ominus B = \{z \in A | B \subseteq A\}$$

Замыкание бинарного изображения A структурным элементом B обозначается $A \circledast B$ и задается выражением:

$$A \circledast B = (A \oplus B) \ominus B$$

Размыкание бинарного изображения A структурным элементом B обозначается $A \odot B$ и задается выражением:

$$A \odot B = (A \ominus B) \oplus B$$

Результат применения морфологических операций к изображению сварного соединения представлен на рис.5.



Рис.5. а) Исходное изображение после обработки бинаризации; б) Результат обработки морфологической операции(эрозия); в) Удаление несущественных объектов

Третим этапом процедуры детектирования дефектов сварных швов является сегментация изображений на основе метод водораздела.[1,3]

Метод водораздела, также называемый преобразованием водораздела, – это основанный на областях метод математической морфологии. Рассматривая изображения как геологический ландшафт, можно сказать, что линии водораздела – это границы, разделяющие участки изображений. В топографическом представлении изображения численные значения (на-пример, уровни серого) каждого пикселя выступают в качестве высоты этой точки. Преобразование водораздела вычисляет водосборные бассейны и линии хребтов, при том что водосборные бассейны соответствующие области изображения, а линии хребтов – это границы этих областей.[1,5]

Пусть $M_1, M_2, \dots, M_n$ - множества точек координатной плоскости, соответствующие локальным минимумам поверхности $g(x, y)$; как указывалось в конце, $g(x, y)$ обычно является градиентным изображением. Обозначим через $S(M_i)$ множество точек бассейна, отвечающего локальному минимуму M_i , (напомним, что точки любого бассейна образуют компоненту связности). Обозначения $\min$ и $\max$ будем использовать для указания наименьшего и наибольшего значений изображения $g(x, y)$. Наконец, запись $T[n]$ означает множество точек (s, t) , для которых $g(s, t) < n$, т.е.

$$T[n] = \{(s, t) | g(s, t) < n\}$$

С геометрической точки зрения, $T[n]$ есть множество точек, в которых поверхность $g(x, y)$ лежит ниже плоскости $g(x, y) = n$.

Результат обработки изображения по методу водораздела и локализованные дефекты Сварного шва представлены на рис. 6.

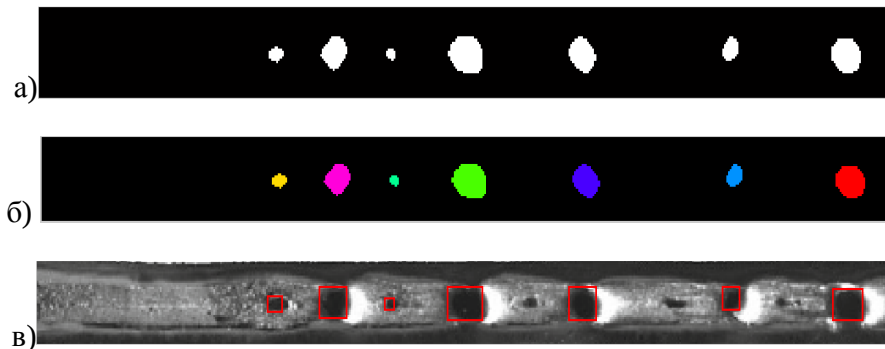


Рис.6. а) Исходное изображение после этапов предварительной и постобработки изображений; б) Результат обработки по методу водораздела; в) локализация дефекта на исходном изображений

Заключение

Разработана структура и принципы функционирования подсистемы локализация дефектов сварных швов по изображениям протяженных сварных соединений магистральных трубопроводов. Разработана алгоритмическая и программная реализация методов локализации дефектов сварных соединений. Проведено моделирование системы цифровой обработки изображений сварных соединений для решения задачи локализации дефектов сварки.

Список литературы

1. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учеб. пособие. Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2003. 352 с.
3. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. 192 с.
4. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007. 584 с

5. Миронов Б.М., Малов А.Н. Сегментация изображений кластерным методом и алгоритмом случайных скачков: сравнительный анализ // Компьютерная оптика. 2010. Т. 34. № 1. С. 132-137.
6. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.
7. Гладков Э.А, Гаврилов А.И, Малолетков А.В. Динамическая нелинейная модель технического процесса лазерной сварки с глубоким проплавлением // Сварочное производство. 2001. № 12. С. 17.
8. Гладков Э.А., Перковский Р.А, Гецкин Б.Л, Гаврилов А.И, Бродягин В.Н. Автоматизированный комплекс для многослойной сварки кольцевых стыков труб магистральных трубопроводов со средствами адаптации и прогнозирования качества сварки // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 4. С. 77-86.
9. Гладков Э.А, Малолетков А.В., Гаврилов А.И., Перковский Р.А. Методические аспекты применения нейросетевых моделей для прогнозирования качества сварки плавлением // Сварка и диагностика. 2008. № 3. С. 2-7.
10. Алёшин Н.П., Гладков Э.А, Перковский Р.А, Гаврилов А.И., Бродягин В.Н. Микропроцессорный комплекс мониторинга и управления процессом сварки кольцевых стыков труб: пат. 121765 Российская Федерация. 2011.
11. Перковский Р.А, Гаврилов А.И., Ширанков А.Ф., Рогов А.Б., Надымов Н.П. Установка для считывания клейма с труб НКТ // Дефектоскопия. 2003. № 9. С. 81-83.
12. Пуков К.А, Гаврилов А.И., Шахназаров Г.А. Комплексирование технологий управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Инженерные исследования. 2011. № 4. С. 60-67.
13. Гладков Э.А , Гаврилов А.И. Имитационное моделирование лазерной сварки с глубоким проплавлением с использованием нейросетевых моделей . сварка и диагностика. 2009. № 1. С. 9-11.
14. Алешин Н.П., Гладков Э.А., Гаврилов А.И., Перковский Р.А., Рахматуллин Т.А. Реализация адаптивных технологий сварки кольцевых стыков магистральных трубопроводов // Сварка и диагностика. 2011. № 5. С. 48-53.
15. Yu X.P., Zhao X.R., Sum H., Gavrilo A. Hanjie Xuebao Weld width prediction based on artificial natural network // Transactions of the china Welding Institution. 2005. Т.26. № 5.