



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и
стратегическим проектам
Национального исследовательского
Томского политехнического университета

А.С. Гоголев

« 22 » / 03 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования "Национальный исследовательский
Томский политехнический университет"**

Диссертация **«Робастный выбор пороговых значений яркости для методов автоматического распознавания дефектов сварного шва»** по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика выполнена в отделении автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет".

Соискатель **Нгуен Дык Кыонг**, 05.05.1991 года рождения, в 2020 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» по направлению 09.04.02 – Информационные системы и технологии.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2024 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по научной специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Тема диссертационной работы утверждена решением ученого совета Инженерной школы информационных технологий и робототехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет" от 12.02.2024 г., номер протокола 1.

Научный руководитель: Муравьев Сергей Васильевич, д.т.н., профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», инженерная школа информационных технологий и робототехники, отделение автоматизации и робототехники, профессор, назначен приказом по организации № 267-45/с от 23 сентября 2020 г.

Диссертация Нгуена Д.К. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи автоматического распознавания

дефектов сварных соединений с применением метода комплексирования интервалов агрегированием предпочтений.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

- *Актуальность темы и направленность исследования.*

Контроль качества сварочных работ осуществляется посредством визуального контроля, заключающейся в осмотре поверхности изделия невооруженным глазом. Известно, что результаты визуального контроля, вследствие субъективных ошибок, характеризуются уровнем правильных решений порядка 80 %. В связи с этим целесообразно автоматизировать процесс визуального контроля, чтобы повысить его достоверность.

Основным этапом процесса распознавания дефектов является сегментация анализируемого изображения сварного шва, т.е. его разбиение на дефектную и бездефектную области. Известные методы сегментации основываются на одном из двух фундаментальных свойств функции яркости изображения: (1) однородности и (2) разрывности. Метод наращивания областей (НО) является основным представителем подхода (1), а метод детектирования границ Кэнни (ДГК), является наиболее популярным представителем подхода (2).

Оба метода нуждаются в предварительном вычислении для них подходящих пороговых значений функции яркости. Способ выбора таких значений должен быть робастным, т.е. не зависеть от вида вероятностного распределения соответствующей величины. Перспективным кандидатом на роль такого способа является метод комплексирования интервалов агрегированием предпочтений (interval data fusion with preference aggregation, IF&PA), разработанный в научном коллективе под руководством проф. Муравьева С.В. Метод подтвердил свою надежность, точность и робастность при обработке гетероскедастичных данных в широком спектре применений.

- *Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации,*

состояло в разработке технологии автоматического распознавания дефектов сварных швов методами наращивания области и детектирования границ с применением метода комплексирования интервалов агрегированием предпочтений (IF&PA); разработке подхода к определению входных параметров метода IF&PA; разработке и программной реализации метода консолидации результатов сегментации изображения методом наращивания областей и детектирования границ.

- *Степень достоверности результатов проведенных исследований*

подтверждается сравнением результатов, полученных разработанными методами, с результатами, полученными известными методами сегментации изображения.

- *Новизна результатов проведенных исследований.*

1. Предложен способ выбора подходящих числа и ориентации полос, на которые разбивается исходное анализируемое изображение сварного шва, для вычисления яркости начальных точек методом комплексирования интервалов агрегированием предпочтений (IF&PA) при осуществлении сегментации изображения в процессе наращивания дефектной и бездефектной областей; выбор осуществляется с помощью предложенного аналитическо-го выражения для соотношения размеров связанного с дефектной областью опорного прямоугольника и размеров изображения.

2. Метод IF&PA предложено использовать для вычисления верхнего порога при детектировании границ дефектной области, для чего анализируемое изображение, являющееся результатом немаксимального подавления, разбивают на равные полосы; для каждой полосы формируют интервал, нижней границей которого является наименьшее значение градиента полосы, не равное нулю; а за верхнюю границу принимают наибольшее значение градиента полосы.

3. Предложен способ консолидации изображений, полученных наращиванием областей и детектированием границ, где элемент консолидированного изображения рассматривается принадлежащим дефектной области в случае полного пересечения контура, которому он принадлежит, с дефектной областью; все элементы консолидированного изображения, лежащие в охватываемой этим контуром области, также считаются принадлежащими дефектной области.

– *Практическая значимость результатов проведенных исследований.*

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для построения автоматизированной системы обнаружения и оценки дефектов сварных швов, позволяющей минимизировать влияние субъективного фактора при принятии решения о качестве сварного соединения с одновременным сокращением времени процесса визуального контроля и повышением его надежности. Кроме того, разработанная в диссертации программная технология распознавания дефектов сварных соединений может быть использована для анализа изображений в самых разных других областях, например, спутниковых снимков, медицинских изображений и т.п.

– *Ценность научных работ соискателя и полнота изложения материалов в опубликованных работах.*

Основные результаты исследований отражены в 10 публикациях: 3 статьи в ведущих научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК, все проиндексированы в базах данных Scopus и (или) Web of Science; 4 статьи в сборниках трудов международных и российских конференций; 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Основное содержание диссертационной работы и её результатов полностью отражено в следующих работах:

1. Нгуен, Д.К. Автоматическая сегментация методом комплексирования интервалов агрегированием предпочтений при распознавании дефектов сварки / С.В. Муравьев, Д.К. Нгуен // Дефектоскопия. – 2023. – № 12. – С. 34–44, DOI: 10.31857/S0130308223120047 (Переводная версия: Nguyen, D.C. Automatic segmentation by the method of interval fusion with preference aggregation when recognizing weld defects / S.V. Muravyov, D.C. Nguyen // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2023. – Vol. 59. – No. 12. – P. 1280–1290, DOI: 10.1134/S1061830923600855) (Scopus, WoS).

2. Нгуен, Д.К. Метод агрегирования предпочтений при определении пороговых значений яркости для распознавания объектов на оптических изображениях / Д.К. Нгуен, С.В. Муравьев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Том 335. – № 3. – С. 17–30, DOI: 10.18799/24131830/2024/3/4530 (Scopus, WoS).

3. Nguyen, D.C. Weld defects automatic visual recognition by combined application of Canny edge detector and interval fusion with preference aggregation / S.V. Muravyov, D.C. Nguyen // 2022 6th International Scientific Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russia, 3-7 October, 2022. – P. 448–451. – IEEE, DOI: 10.1109/ICCT56057.2022.9976559 (Scopus).

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ

4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023619828 (RU); заявка № 2023619502 от 17.05.2023, дата рег. 17.05.2023; Бюл. № 5 от 17.05.2023 // Муравьев С.В., Нгуен Д.К. Автоматическое распознавание дефектов сварки с применением комплексирования интервалов агрегированием предпочтений.

5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023619829 (RU); заявка № 2023619503 от 17.05.2023, дата рег. 17.05.2023; Бюл. № 5 от 17.05.2023 // Муравьев С.В., Нгуен Д.К. Распознавание дефектов сварных соединений по их геометрическим признакам методом наращивания областей.

6. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023685063 (RU); заявка № 2023684777 от 22.11.2023, дата рег. 22.11.2023; Бюл. № 12 от 22.11.2023 // Муравьев С.В., Нгуен Д.К. Автоматическое определение порога яркости для сегментации изображений методом комплексирования интервалов агрегированием предпочтений.

Статьи в других изданиях

7. Нгуен, Д.К. Сегментация изображений методом наращивания областей при автоматическом обнаружении дефектов сварки / Д.К. Нгуен, С.В. Муравьев // Труды XVII Международной научно-практической конференции "Электронные средства и системы управления", 17-19 ноября 2021 г., ТУСУР. – Томск. – 2021. – Часть 2. – С. 106-109.

8. Нгуен, Д.К. Модифицированный метод автоматического наращивания областей для распознавания дефектов сварки / Д.К. Нгуен // 27-я Международная НТК студентов, аспирантов и молодых ученых "Научная сессия ТУСУР - 2022", 18-20 мая 2022 г., Томск, ТУСУР. – 2022. – Том 2. – С. 53-56.

9. Нгуен, Д.К. Выбор параметров метода комплексирования интервалов агрегированием предпочтений IF&PA при автоматическом распознавании дефектов сварного шва / Д.К. Нгуен, С.В. Муравьев // Материалы VI Международной конференции "Информационные технологии и технические средства управления" (ICST-2022), 3-7 октября 2022 г. – Астрахань: Изд. АГТУ. – С. 205-207.

10. Нгуен, Д.К. Особенности фильтрации входного изображения при автоматическом распознавании дефектов сварного шва / Д.К. Нгуен // 28-я Международная НТК студентов, аспирантов и молодых ученых "Научная сессия ТУСУР - 2023", 17-19 мая 2023 г., Томск, ТУСУР. – 2023. – Том 1-2. – С. 171-174.

– *Соответствие содержания диссертации избранной специальности.*

Диссертация соответствует специальности 2.3.1 – "Системный анализ, управление и обработка информации, статистика", в частности, направлению 4

паспорта специальности "Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта".

Диссертация «Робастный выбор пороговых значений для методов автоматического распознавания дефектов сварного шва» Нгуена Дык Кыонга рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Заключение принято на заседании научного семинара отделения Автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Присутствовало на заседании 8 чел. Результаты голосования: «за» 8 чел., «против» 0 чел., «воздержалось» 0 чел., протокол № 3 от 20.03.2024 г.

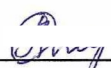
Председатель научного семинара
Казаков В.Ю, к.ф.-м.н.,
доцент ОАР ИШИТР

Секретарь заседания
Спиридонова А.С., к.т.н.
Доцент ОАР ИШИТР





подпись



подпись