

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ ШВОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Курасов Д.А., к.т.н., доцент

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Аносов А.Д., аспирант

Московский университет СИНЕРГИЯ, г. Москва, Россия

□□□□□□□□ **Аннотация.** Используя передовые алгоритмы машинного обучения и оборудование для видеозахвата, системы компьютерного зрения могут с высокой точностью распознавать, классифицировать и отслеживать объекты, выполняя на их основе определённые действия. Тем не менее, применение таких автоматизированных техник для контроля качества и дефектоскопии сварных соединений представляет собой сложную задачу. Использование техник глубокого обучения для детектирования объектов в целях выявления и распознавания дефектов в сварных соединениях может существенно улучшить эффективность контроля качества и способствует автоматизации производственных процессов.

□□□□□□□□□□ **Ключевые слова:** сварочный шов, технологии машинного зрения,

автоматическая оценка качества работы.

Сварка – это процесс создания неделимых соединений между элементами через создание межатомных связей благодаря применению техник нагрева, пластической деформации элементов или их комбинации. Этот метод может привести к возникновению различных дефектов, которые характеризуются как отклонения от стандартов сварных соединений, определенных в нормативных документах.

Для анализа причин появления дефектов и разработки стратегий их устранения, в соответствии с установленными стандартами и нормами, осуществляется классификация дефектов на категории: трещины; воздушные полости и пористость; загрязнения и включения; дефекты сварного соединения, включая несплавление и непровар; деформации и отклонения от заданной формы шва; прочие дефекты, которые не подпадают под вышеуказанные категории.

Выявление аномалий в сварных соединениях играет ключевую роль в гарантии целостности, надёжности, безопасности и функциональности сваренных конструкций и изделий. Аккуратное определение наличия и расположения дефектов в швах критично для анализа качества сварочных работ, что влияет на повышение эффективности производственных процессов, ускорение производства продукции высшего качества и минимизацию затрат на рабочую силу. В этом контексте, применяются многообразные методики неразрушающего контроля [1].

В существующей научной литературе указано, что неразрушающее испытание можно систематизировать на основе физических принципов, лежащих в его основе. В эту классификацию входят методы, использующие оптические явления, рентгеновское и гамма-излучение (радиография), акустические волны, магнетизм, возникновение вихревых токов, электрические свойства, радиочастотную идентификацию, теплопередачу и испытания с применением средств, способных проникать в материал. Радиографическая техника, основанная на использовании рентгеновского излучения для получения изображений, представляет собой широко распространенный и экономически выгодный подход к промышленному неразрушающему контролю.

В рамках оптимизации и автоматизированного интерпретирования данных радиографических исследований активно применяются возможности компьютерного зрения. Технология компьютерного зрения, занимающаяся разработкой алгоритмов для анализа, обработки и понимания изображений, является частью искусственного интеллекта и науки о данных.

В последние несколько лет, с увеличением вычислительных возможностей, компьютерное зрение (CV) начало широко проникать в области промышленности и машиностроения. В секторе автоматизации и мониторинга процессов сварки, компьютерное зрение находит своё применение в автоматизации сварочных операций, контроле соединений труб и измерении характеристик теплового влияния на материалы.

В сфере компьютерного зрения четко определены главные направления работы: распознавание категорий объектов (классификация), определение их местоположения (локализация), обнаружение различных объектов и их разделение по контурам (сегментация) на снимках. Для выполнения этих сложных задач широко применяются алгоритмы машинного обучения, включая глубокие нейронные сети (DNN), сверточные нейронные сети (CNN), а также модели, разработанные на основе предварительного обучения, например, VGG, Xception и ResNe t[2]. Из-за высоких требований к вычислительным ресурсам и сложности структуры данных, классические полносвязные сети оказываются неподходящими для анализа изображений.

Компьютерное зрение, несмотря на свою повышенную точность в разнообразных сферах применения, встречает значительные вызовы при автоматизации задач неразрушающего контроля качества сварных швов. В последнее время значительно возрос интерес к применению технологий компьютерного зрения для обнаружения, исследования и распределения по категориям дефектов сварных соединений, используя рентгеновские изображения [3]. Проблема идентификации дефектов сварки, которая включает в себя нахождение точного расположения дефекта через применение ограничивающих рамок и дальнейшую его категоризацию (такую как трещины, пористость, срезы и прочее), стоит в центре внимания в данном направлении.

В представленном исследовании выполнено детальное изучение новейших техник и стратегий в области искусственного интеллекта [4], нашедших применение для выявления и определения местоположения неисправностей в сварных конструкциях. Освещены достоинства и ограничения применения искусственного интеллекта, представлены конкретные примеры его эффективного использования в промышленности и наиболее перспективные направления развития. Отдельное внимание уделено обсуждению трудностей, с которыми сталкиваются специалисты в процессе создания алгоритмов для обработки визуальной информации.

Литература

1. Wafaa Al-Hameed, Prof. Yahya Mayali and Prof. Phil Picton. 2013. Segmentation of radiographic images of weld defect // Journal of Global Research in Computer Science, 2013, pp. 1–4.
2. Ронкин М.В., Акимова Е.Н., Мисилев В.Е., Решетников К.И. Обзор применения глубоких нейронных сетей и параллельных архитектур в задачах фрагментации горных пород // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2023. Т. 12, № 4, С. 5-54.
3. Wenhui Hou, Lulu Rao, Andong Zhu and Dashan Zhan. Feature Fusion for Weld Defect Classification with Small Dataset // Hindawi. Journal of Sensors, 2022, pp. 1–9.
4. Kurasov D.A. Digital technologies Industry 4.0 // CEUR Workshop Proceedings. - 2021. - 2843.