

## МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ В ВИДЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© 2024 г. Антон Валерьевич Шевченко<sup>1,2\*</sup>, Н. В. Крысько<sup>1,2\*\*</sup>

<sup>1</sup> – МГТУ имени Н. Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

<sup>2</sup> – ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», 105005, Москва, ул. 2-ая  
Бауманская, д. 5, стр. 1

\* - [anton.shevchenko4@yandex.ru](mailto:anton.shevchenko4@yandex.ru); \*\* - [kryskonv@bmstu.ru](mailto:kryskonv@bmstu.ru)

**Цель работы.** Рассмотреть получение данных ультразвукового неразрушающего контроля (УЗК) сварных швов в виде изображений (сканов) и типы этих данных. Изучить способы автоматизированного анализа данных УЗК с использованием машинного обучения, что существенно сократит время контроля, уменьшит вероятность ошибок и позволит анализировать большие объёмы данных. Изучить нейронные сети и их архитектуры для обработки изображений. Сделать выводы о перспективности автоматизации обработки изображений с помощью нейронных сетей.

**Суть обсуждаемой проблемы.** Сварные швы, выполненные дуговой сваркой, склонны к наличию дефектов различного типа. Качество сварных швов обычно оценивается по количеству и размеру дефектов, находящихся в них [1]. Поэтому большинство сварных швов подвергаются неразрушающему контролю. Как правило, используется широкий спектр методов неразрушающего контроля, одним из основных методов является ультразвуковой. УЗК довольно прост в использовании, им можно проверить внутреннюю структуру материала с возможностью локализации дефектов внутри контролируемого изделия. В настоящее время процедура УЗК в основном выполняется механизированными и автоматизированными методами, поскольку ручной контроль не содержит задокументированных данных контроля.

Изначальные данные УЗК представляют собой А-сканы (форма представления ультразвукового сигнала на экране ультразвукового прибора, при котором ось абсцисс представляет время, а ось ординат – амплитуду (ГОСТ Р ИСО 5577-2009 [2])). Для анализа множества А-сканов одновременно данные УЗК представляют в виде изображений, которые подразделяются на: В-сканы (изображение информативных сигналов в плоскости сечения объекта контроля, перпендикулярной поверхности ввода и параллельной плоскости падения волны [2]), С-сканы (изображение информативных сигналов в плоскости сечения объекта контроля, параллельной поверхности сканирования [2]), S-сканы (секторные, данные после использования фазированных антенных решеток (ФАР)).

Анализ данных УЗК, в отличие от процедуры их сбора, проводится вручную, что негативно сказывается на достоверности результатов, особенно при наличии большого

объёма данных [3]. Чтобы преодолеть возникающие проблемы, исследователями предложены методы автоматизированного анализа данных УЗК.

В обработке данных УЗК необходимо решить следующие задачи с помощью компьютерного зрения: обнаружение объектов на сканах, определение их координат (а), классификация объектов, соответствие фрагментов сканов типам дефектов (б).

**Полученные результаты.** На практике используют разные алгоритмы машинного обучения (machine learning), включая обучение с учителем (supervised learning) и без учителя (unsupervised learning), которые могут выполнять задачи распознавания и классификации. Современные исследования направлены на развитие существующих моделей глубокого обучения (deep learning) [4], а также на разработку новых моделей, обученных на больших объёмах данных, представленных В-, С- и S-сканами ультразвукового контроля эхо-импульсным и дифракционно-временным методами.

**Выводы.** В последние годы подходы на традиционных технологиях компьютерного зрения, а также на основе алгоритмов машинного/глубокого обучения стали одним из перспективных направлений в разработке решений для автоматизированного анализа данных УЗК. Несмотря на перспективность и удобство глубокого обучения могут возникать специфические проблемы, ограничивающие производительность методов. Кроме того, нет единого подхода к анализу данных. Существуют методы, которые могут обрабатывать только В-сканы [5], С-сканы или S-сканы, есть методы, в которых одновременно рассматриваются сразу несколько типов сканов, однако до сих пор не выявлено, какой из методов является оптимальным по скорости и качеству. Описаны основные решения и архитектуры для достижения вышеупомянутых задач, сделаны выводы о дальнейших исследованиях в обработке данных УЗК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алёшин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 3-е изд., испр. Москва: Инновационное машиностроение, 2021. 576 с.
2. ГОСТ Р ИСО 5577-2009. Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2011-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Москва: Стандартинформ, 2011. 31 с.
3. Medak D., Posilovic L., Subašić M., Budimir M., Lončarić S. Automated defect detection from ultrasonic images using deep learning // IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics and frequency control. 2021. V. 68. P. 3126—3134.
4. Medak D., Posilovic L., Subašić M., Budimir M., Lončarić S. DefectDet: A deep learning architecture for detection of defects with extreme aspect ratios in ultrasonic images // Neurocomputing. 2022. V. 473. P. 107—115.
5. Medak D., Posilovic L., Subašić M., Budimir M., Lončarić S. Generative adversarial network with object detector discriminator for enhanced defect detection on ultrasonic B-scans // Neurocomputing. 2021. V. 459. P. 361—369.