

УДК 620.179.16

Методы автоматизированной обработки и анализа визуальных данных ультразвукового контроля сварных швов

Крысько Николай Владимирович^{1,2}

kryskonv@bmstu.ru

SPIN-код: 4002-2427

Шевченко Антон Валерьевич^{1,2}

anton.shevchenko4@yandex.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», Москва, Россия

Аннотация. Описаны получение данных ультразвукового контроля (УЗК) сварных швов в виде изображений (сканов), структура этих данных. Представлены способы автоматизированной обработки и анализа сканов УЗК с использованием алгоритмов компьютерного зрения (машинное обучение). Сделаны выводы о перспективности использования машинного обучения для автоматизации обработки сканов УЗК. Были проведены эксперименты по использованию алгоритмов кластеризации и одноступенчатой детекции объектов к сканам, полученным в ходе УЗК стыковых сварных швов с заложенными искусственными дефектами, характерными для магистральных газопроводов. Продемонстрированы результаты проведенной работы.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, сканы, машинное обучение, кластеризация, детекция объектов

The automated processing and analysis methods of visual data of the welds' ultrasonic non-destructive testing

Krysko Nikolay Vladimirovich^{1,2}

kryskonv@bmstu.ru

SPIN-code: 4002-2427

Shevchenko Anton Valerievich^{1,2}

anton.shevchenko4@yandex.ru

¹ BMSTU, Moscow, Russia² FGAU "NUCSK at BMSTU", Moscow, Russia

Abstract. The obtaining of ultrasonic testing (UT) data of welds in the form of images (scans) and the structure of these data are described. The methods of automated processing and analysis of UT scans using computer vision algorithms (machine learning) are presented. Conclusions are drawn about the prospects of using machine learning to automate the ultrasound scans' processing. Experiments were conducted on the use of clustering algorithms and single-stage object detection for scans obtained during narrow butt welds with embedded artificial defects typical of main gas pipelines. The results of the conducted work are demonstrated.

Keywords: ultrasonic testing, scans, machine learning, clusterization, object detection

Введение. Сварные швы, выполненные дуговой сваркой, склонны к наличию дефектов различного типа, которые можно выявить с помощью ультразвукового контроля (УЗК). Ультразвуковой контроль (УЗК) является одним из основных методов неразрушающего контроля сварных соединений, поскольку им можно проверить внутреннюю структуру материала с возможностью локализации дефектов внутри проверяемого изделия [1].

Результаты контроля представляют собой серию сканов, которые могут содержать индикаторные сигналы от дефектов, выявленных в объекте контроля. Для уменьшения времени и повышения точности анализа сканов предлагается использовать архитектуры машинного обучения (обучение с учителем, обучение без учителя), которые способны решить задачи идентификации сигналов, соответствующих дефектам на сканах и их классификации. Была проанализирована современная практика использования таких подходов [2–4]. По итогам анализа сделан вывод, что на данный момент применение машинного обучения не отличается универсальностью, поскольку они направлены на обработку конкретных видов сканов.

В проведенной работе было предложено произвести автоматическое обнаружение на основании цветового различия визуализированных амплитуд сигналов от дефектов на S-сканах с использованием алгоритмов кластеризации [5, 6].

Материалы и методы. Для исследования возможностей сегментации S-сканов с помощью алгоритмов кластеризации был осуществлен сбор данных УЗК с использованием прибора ISONIC-2009 и 16-элементной фазированной антенной решетки 104377W36 на частоте 4 МГц. Контролировались сварные швы из стали 20 с заложенными в них плоскостными и объемными дефектами.

В результате контроля были собраны данные, представляющие собой комплекс В-, С- и S-сканов. Для экспериментов был отобран фрагмент секторного скана (рис. 1), на котором присутствуют два эхо-сигнала: сигнал от валика (1) и сигнал от дефекта (2). Необходимо было добиться четкого различия по цвету и форме между отображениями двух сигналов, чтобы система могла достоверно различать сигналы от дефектов и сигналы от геометрии сварного соединения.

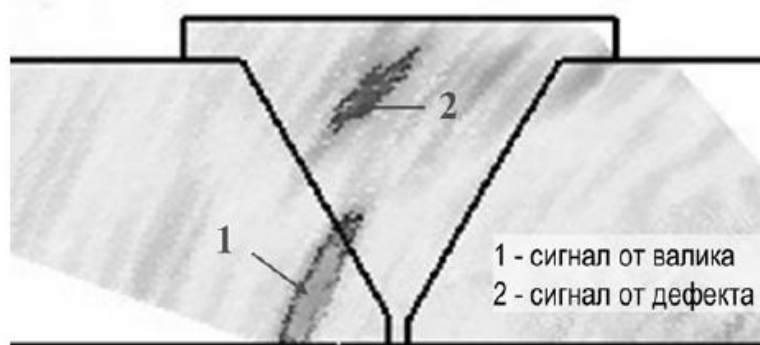


Рис. 1. Фрагмент секторного скана, относительно которого проводятся исследования

Параллельно проводилась разметка сканов на различные классы по форме и типу дефектов, было описано четыре класса (шум, валик, плоскостной дефект, объемный дефект). Далее размеченные данные стали основой выборки для одноступенчатой детекции объектов YOLO [7].

Результаты. Оптимальным вариантом являлось использование кластеризации DBSCAN с гиперпараметрами $\epsilon = 6$ и числом точек на расстоянии ϵ , равное 30 (см. рис. 2). При таких гиперпараметрах эхо-сигнал от валика более однозначно сегментируется моделью кластеризации от эхо-сигнала от дефекта в сравнении с кластеризацией методом К-средних и иерархической кластеризацией.

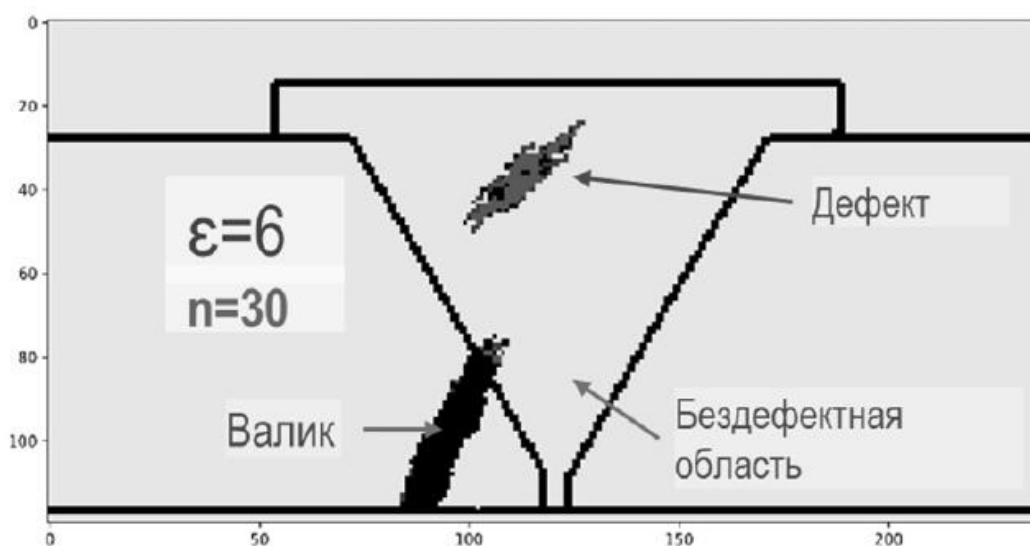


Рис. 2. Кластеризация при $\epsilon = 6$ и число точек на расстоянии ϵ , равное 30

Использование одноступенчатой детекции объектов YOLO дало следующие результаты: при работе с четырьмя классами лучше всего обнаруживались объемные дефекты с точностью в почти 90 %.

Обсуждение. Применение кластеризации DBSCAN дало хорошие результаты относительно проверяемого фрагмента скана. Необходимо подготовить выборку для отработки предлагаемого алгоритма компьютерного зрения и для более точного подбора гиперпараметров.

Недостаточно высокие результаты одноступенчатой детекции объектов YOLO связано с небольшим числом данных (около 500 сканов) в изучаемых выборках для глубокого обучения. Следующим этапом является увеличение количества сканов с применением методов аугментации данных. Теоретически это должно повысить значения точности для выявления сигналов от дефектов.

Заключение. Алгоритмы машинного/глубокого обучения, являются одним из перспективных направлений в разработке решений для автоматизированного анализа данных УЗК. Однако необходимы тренировочные выборки большого объема. Кроме того, не выработан единый подход к анализу данных. Существуют методы, которые осуществляют обработку только одного

вида сканов, есть методы, в которых одновременно рассматриваются сразу несколько типов сканов, однако до сих пор не выявлено, какой из методов является оптимальным как по скорости, так и по качеству. Необходимо разработать, опробовать и скорректировать универсальную методику анализа любых данных УЗК, представленных изображениями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Алешин Н.П. *Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений*. Москва, Инновационное машиностроение, 2021, 576 с.
- [2] Hasanian M., Ramezani M.G., Golchinfar B., Saboonchi H. Automatic segmentation of ultrasonic TFM phased array images: the use of neural networks for defect recognition. *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems*, 2020, vol. 29, art. no. 113790.
- [3] 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, vol. 473, pp. 107–115.
- [4] Latête T., Gauthier B., Belanger P. Towards using convolutional neural network to locate, identify and size defects in phased array ultrasonic testing. *École de technologie supérieure*, 2022, vol. 1100, art. no. 8630.
- [5] Мэрфи К.П. *Вероятностное машинное обучение: введение*. Москва, ДМК Пресс, 2022, 990 с.
- [6] Жерон О. *Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем*. Санкт-Петербург, ООО «Диалектика», 2020, 1040 с.
- [7] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, USA, Las Vegas, 2016, pp. 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>