

УДК 004.896

**Применение интеллектуальных систем в промышленности для синтеза
труднодоступных данных на примере лазерной сварки**

Соловьев Г.В. (ИТМО), Соколов М.С. (ИТМО)

**Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Никитин Н.О.
(ИТМО)**

Введение. В настоящее время методы искусственного интеллекта становятся востребованными в различных отраслях промышленности для анализа процессов изготовления изделий и оценки их качества. Однако в ряде сфер, где производство носит мелкосерийный характер или изготовление одного изделия занимает значительное время, сбор достаточного объема данных для обучения интеллектуальных систем оказывается затруднительным.

Для решения данной проблемы предлагается использовать генеративные методы искусственного интеллекта, способные синтезировать дополнительные разнообразные данные на основе ограниченного набора существующих образцов. В данной работе рассматривается разработка и интеграция в промышленные комплексы интеллектуальных систем, основанных на диффузионных нейронных сетях [1,2]. Такие системы позволяют значительно расширить объём доступных данных, которые могут быть использованы для обучения алгоритмов, решающих задачи автоматизированного контроля качества продукции.

Основная часть. Для эффективного обучения интеллектуальных систем на основе сверточных нейронных сетей требуется не менее 1000 примеров, чтобы достичь точности классификации 97,25% [3]. Однако на реальном производстве количество изготовленных изделий может составлять всего 10 штук в квартал, что делает формирование полноценного обучающего датасета крайне затруднительным.

В рамках проекта по интеграции интеллектуальных систем неразрушающего контроля для технологий лазерной сварки в течение года было получено 125 образцов. Дополнительно, в условиях ограниченного финансирования эксперименты проводились только на одной марке стали, в то время как на практике возникает необходимость анализа процесса лазерной сварки для различных материалов, включая композитные (например, медь-алюминий).

Основной задачей данного проекта являлась сегментация тела сварного шва на продольном разрезе изделия с последующим определением его геометрических

характеристик и автоматическим анализом дефектов. Для повышения точности предсказаний сверточных нейронных сетей имеющиеся 125 образцов данных были дополнены до 1000 за счет синтетических данных [4], полученных путем дообучения модели диффузионной нейронной сети. В результате точность предсказания маски тела сварного шва достигла $\text{IoU} = 0.99$ [5].

Вывод. Интеграция интеллектуальных систем, основанных на диффузионных моделях, позволяет существенно расширить доступный набор промышленных данных. Использование синтетических данных, сгенерированных этими моделями, делает возможным эффективное применение методов глубокого обучения для решения задач автоматизированного контроля качества продукции в условиях ограниченного объема исходных данных.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640115 "Разработка и интеграция систем мониторинга и управления для автоматизации производственных процессов на примере лазерной сварки")

Список используемых источников:

1. Atwood J., Towsley D. Diffusion-convolutional neural networks //Advances in neural information processing systems. – 2016. – Т. 29.
2. Wang K. et al. Neural network diffusion //arXiv preprint arXiv:2402.13144. – 2024.
3. Cho J. et al. How much data is needed to train a medical image deep learning system to achieve necessary high accuracy? //arXiv preprint arXiv:1511.06348. – 2015.
4. Niu K. et al. Synthesizing efficient data with diffusion models for person re-identification pre-training //Machine Learning. – 2025. – Т. 114. – №. 3. – С. 1-25.
5. Cheng B. et al. Boundary IoU: Improving object-centric image segmentation evaluation //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2021. – С. 15334-15342.

Автор _____ Соловьев Г.В.

Научный руководитель _____ Никитин Н.О.