

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИЙ
КОНТРАСТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ
ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В АДДИТИВНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

Прокудин Дмитрий Сергеевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: TheLoyalist@yandex.ru

Научный руководитель — Смирнов Илья Васильевич

Для контроля качества деталей, изготавливаемых при помощи аддитивной печати на основе селективного лазерного плавления (СЛП) порошкового слоя, необходимо своевременно определять аномалии, возникающие в процессе производства. Многие аномалии хорошо видны на поверхности сформированных порошковых слоёв, поэтому есть необходимость в системе контроля, способной определять аномалии и соответствующим образом информировать оператора.

Для обнаружения аномалий можно применять как обучение с учителем, так и без учителя. Обучение с учителем чаще демонстрирует более высокое качество, так как лучше учитывает информацию о самих аномалиях. Однако сложная структура аномалий на поверхности порошкового слоя не позволяет провести полную разметку аномальной выборки, поэтому напрямую классическими методами обучения с учителем пользоваться нельзя. В данной работе предлагается получить разметку аномальных областей малого объёма и применить контрастивное обучение [1], используя данные без аномалий и искусственно сгенерированные данные с аномалиями из полученной разметки. В предлагаемом подходе используется следующая контрастивная функция потерь:

$$\mathcal{L}^{CLF} = \sum_{i \in W} \mathcal{L}_i^{CLF} = - \sum_{i \in W} \frac{1}{|W|} \sum_{p \in P(i)} \log \frac{\exp(\text{sim}(r_i, r_p)/\tau)}{\exp(\text{sim}(r_i, r_p)/\tau) + \exp(\text{sim}(m_i, s_i)/\tau)}$$

где W - множество индексов всех нормальных объектов в батче, $P(i) = W \setminus \{i\}$, r_i - представление i -го полного нормального изображения, m_i и s_i - представления маскированных по области аномалии нормального изображения и соответствующего негативного

примера, $\text{sim}(r_i, r_j)$ - косинусное сходство векторов, а для получения представлений изображений используется модель FastFlow [2]. Таким образом, данная функция потерь сближает представления для нормальных изображений и отдаляет представления для аномальных областей.

В работе показывается, что применение данной методики для обучения позволяет значительно повысить уверенность модели при определении аномалий и улучшить итоговое качество обнаружения без необходимости в полной разметке аномалий. Также в данной работе предлагаются и исследуются различные модификации рассматриваемой функции потерь, например, в подсчёт функции потерь добавляется информация о порошковом слое на негативном примере вне области аномалии, и обрабатываются представления нормальных и аномальных изображений между разными парами. По полученным результатам экспериментов делаются выводы о том, какое именно влияние оказывает каждая модификация на качество обнаружения.

Литература

1. Ting Chen, Simon Kornblith, Mohammad Norouzi, and Geoffrey Hinton. A simple framework for contrastive learning of visual representations, 2020
2. Jiawei Yu, Ye Zheng, Xiang Wang, Wei Li, Yushuang Wu, Rui Zhao, and Liwei Wu. Fastflow: Unsupervised anomaly detection and localization via 2d normalizing flows, 2021