

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Гутич И.И., Матрунчик Ю.Н., Жерко В.Е.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь;

Контроль качества является ключевым этапом промышленного производства, напрямую влияющим на безопасность, надёжность и конкурентоспособность продукции. В таких отраслях, как кабельная промышленность, машиностроение, электроника и производство строительных материалов, визуальный контроль используется для выявления дефектов поверхности, геометрических отклонений и нарушений маркировки. Традиционный ручной осмотр остаётся распространённым, однако он характеризуется субъективностью, ограниченной скоростью и зависимостью от человеческого фактора, что повышает вероятность пропуска дефектов и снижает воспроизводимость результатов.

Системы автоматизированного визуального контроля (АОІ — Automated Optical Inspection) на основе компьютерного зрения позволяют устранить данные ограничения. Такие системы используют цифровые камеры и алгоритмы обработки изображений для анализа продукции в реальном времени. Они способны обеспечивать стабильную точность контроля, высокую скорость обработки и объективность результатов, что делает их важным элементом современной промышленной автоматизации и концепции Industry 4.0[3].

В последние годы ключевым направлением развития автоматизированного контроля качества стало применение методов глубокого обучения. Сверточные нейронные сети (CNN) позволяют извлекать сложные визуальные признаки и обнаруживать дефекты, которые трудно формализовать классическими алгоритмами. В отличие от традиционных методов машинного зрения, основанных на пороговой обработке, анализе контуров или шаблонном сопоставлении, нейросетевые модели способны адаптироваться к изменениям освещения, текстуры и формы объектов[1].

Одним из наиболее эффективных подходов в промышленной инспекции является обнаружение аномалий. В этой парадигме модель обучается на изображениях качественной продукции и формирует статистическое представление нормы. Любое отклонение от этого распределения интерпретируется как потенциальный дефект. Такой подход особенно полезен в производственных условиях, где заранее невозможно перечислить все возможные виды брака[2]. Методы обнаружения аномалий широко применяются для контроля поверхностей, текстур, сварных швов и кабельной изоляции.

Для обучения и оценки моделей используются специализированные промышленные наборы данных, такие как MVTec AD, содержащие изображения реальных объектов и типичных дефектов. Использование эталонных датасетов позволяет объективно оценивать точность алгоритмов и сравнивать различные методы обнаружения дефектов[2].

В кабельной промышленности автоматизированные системы компьютерного зрения применяются для выявления нарушений целостности изоляции, деформаций оболочки, дефектов маркировки и геометрических отклонений. Камеры высокого разрешения фиксируют изображение кабеля на производственной линии, после чего алгоритмы анализируют его структуру и выявляют отклонения[4]. Дополнительно могут вычисляться инженерные параметры, такие как диаметр кабеля, толщина изоляции и соосность жил, что позволяет контролировать соответствие продукции нормативным требованиям.

Автоматизированные системы визуального контроля обеспечивают ряд практических преимуществ: повышение скорости инспекции без остановки производственной линии; снижение доли пропущенных дефектов; документирование результатов контроля; накопление данных для анализа причин брака и оптимизации технологических процессов. Локальные решения позволяют обрабатывать данные непосредственно на предприятии, обеспечивая конфиденциальность и независимость от облачных сервисов[5].

Развитие технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения способствует переходу от выборочного контроля к непрерывному мониторингу качества продукции. Интеграция систем визуальной инспекции с производственными информационными системами позволяет формировать цифровые паспорта продукции и внедрять предиктивное управление качеством. Таким образом, применение систем распознавания изображений становится важным инструментом повышения эффективности и цифровой трансформации промышленности.

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. - М.: ДМК Пресс, 2018 - 652 с.

2. Bergmann P. et al. The MVTec Anomaly Detection Dataset: A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection. CVPR, 2019. <https://www.mvtec.com/company/research/datasets/mvtec-ad>

3. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2022 - 979с. <https://szeliski.org/Book/>

4. Davies E. R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. Academic Press, 2018 – 936 с.

5. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. <https://www.iso.org/standard/62085.html>