

УДК 004

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К СБОРУ И АННОТИРОВАНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ДЛЯ ЗАДАЧ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Птуха В.И.¹, Птуха К.И.²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, viktar.ptukha@gmail.com

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Аннотация: в статье представлен подход к сбору и аннотированию изображений керамического кирпича для задач компьютерного зрения. Разработан мобильный стенд для стандартизированной фотосъёмки образцов, что позволяет создать качественный датасет для анализа дефектов. Выполнена разметка более 5000 изображений, что обеспечивает возможность классификации различных дефектов и способствует повышению точности алгоритмов автоматизированного контроля качества. Предложенный подход и собранный датасет открывают перспективы для дальнейшего увеличения количества снимков и применения разработок на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: контроль качества, компьютерное зрение, датасет, разметка данных, машинное обучение, искусственный интеллект, нейронные сети.

I. ВВЕДЕНИЕ

На территории Республики Беларусь в 2024 году функционирует около 10 предприятий, занимающихся производством керамического кирпича. Согласно данным 2019 года, годовой объём производства составляет 2150,9 млн условных кирпичей [1]. В 2024 году объём мирового рынка кирпича в денежном эквиваленте составил 1,737 млрд долларов США, с прогнозируемым ростом до 2,086 млрд долларов к 2030 году. На Северную Америку приходится 39% мирового рынка, тогда как европейский рынок занимает около 30% [2]. Применение систем компьютерного зрения для контроля качества позволит осуществлять непрерывный мониторинг, выявлять дефекты и оптимизировать настройки оборудования для улучшения качества продукции. Использование компьютерного зрения при контроле качества направлено на сокращение издержек на производство продукции, исключение человеческого фактора при оценке качества, организацию круглосуточного и бесперебойного контроля в различных условиях эксплуатации, в том числе экстремальных или непригодных для работы человека условиях. А также уменьшение количества брака, увеличение числа анализируемых параметров и скорости анализа выпускаемой продукции по сравнению с обработкой информации человеком [3].

Цель текущего исследования: разработать методологию сбора и аннотирования изображений керамического кирпича для создания специализированного датасета, предназначенного для обучения нейронной сети с целью автоматического выявления дефектов, таких как трещины, сколы, неровности кромок, геометрические отклонения и недожог.

II. ОПИСАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ СБОРА ДАННЫХ

Для формирования датасета необходимо сделать фотографии керамического кирпича (размером 250x120x65 мм), затем обработать изображения, приведя их к заданной ориентации и позиции, изменив размеры и разрешение, а при необходимости – преобразовав в черно-белый формат. После этого проводится разметка изображений: анализируется наличие и тип дефекта(ов), и результаты заносятся в таблицу с привязкой к конкретному снимку. Для этого был разработан и собран тестовый стенд для фотосъёмки, с учётом оптимальных размеров по высоте, ширине и глубине. Важное требование при проектировании – мобильность стенда, позволяющая легко перемещать его и использовать не только в помещении. Это наложило ограничения на выбор материалов и габариты конструкции. Особое внимание уделено соблюдению требований охраны труда и экологических норм, что обеспечивает безопасность использования стенда для оператора и минимизирует вредное воздействие на окружающую среду. При выборе материалов учитывались экологическая безопасность и возможность их утилизации. Конструкция предусматривает защиту от возможных травм, таких как защемления или удары, и не содержит токсичных веществ, что делает её безопасной при длительном использовании в любых условиях, включая работу на открытом воздухе.

Габаритные размеры стенда: длина (внутренняя/наружная): 400/420 мм., ширина (внутренняя/наружная): 280/380 мм., высота (внутренняя/наружная): 250/320 мм., Материал изготовления – ориентированно-стружечная плита OSB-3 10мм. Масса конструкции: 5,25 кг

Стенд представляет собой короб с крышкой (рис. 1). Для удобства крышка не закреплена жёстко и легко снимается за имеющиеся на ней ручки. В крышке сделано прямоугольное отверстие размером 40×40 мм, а также предусмотрены крепления для установки смартфона для фотосъёмки. Для надлежащего освещения на внутренней поверхности крышки закреплены две светодиодные ленты длиной 10 см каждая, содержащие по 12 светодиодов мощностью 0,08 Вт. Такое освещение обеспечивает равномерный свет, необходимый для качественной съёмки. Суммарная мощность двух лент составляет 1,92 Вт, световой поток 90 лм. Ленты подключаются к источнику постоянного напряжения для светодиодных лент, требующих напряжение равное 24В. Источник постоянного напряжения подключается к сети переменного тока с напряжением 220В. Электрическая схема подсветки представлена на рисунке (рис. 2). Все соединения осуществляются при помощи клеммных соединений Wago. Светодиодные ленты, источник постоянного напряжения, устройство короба соответствуют требованиям ТР ТС 004/2011 и ТР ТС 020/2011.

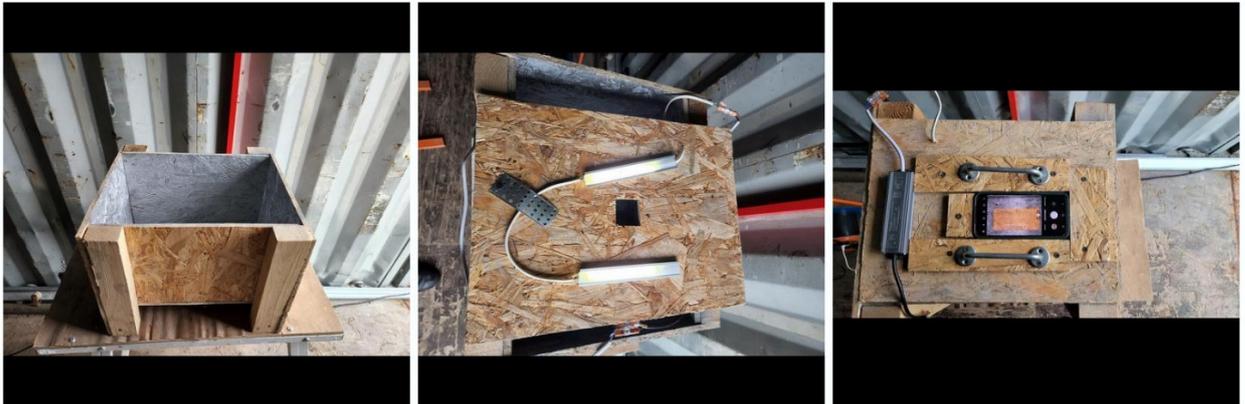


Рисунок 1. Стенд для фотосъёмки: а) вид без крышки, б) низ крышки с подсветкой, в) вид сверху

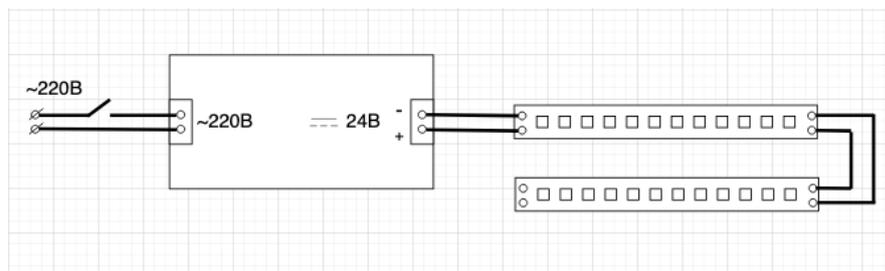


Рисунок 2. Электрическая схема организации подсветки

III. ПРОЦЕСС СЪЕМКИ И ИМИТАЦИЯ КОНВЕЙЕРНОГО РЕЖИМА

Для формирования датасета было принято фотографировать только верхнюю и нижнюю постель кирпича. Таким образом один кирпич позволяет получить два изображения. Положение кирпича ограничено размерами стенда, который не позволяет разместить образец под углом 90 градусов относительно основного положения. Допускается и даже приветствуется смещение образца от центра по любой из осей XY или разворот относительно оси Z так как будущая нейронная сеть сможет распознавать дефекты на образцах независимо от их положения на конвейере. Наличие исключительно искусственного источника света, одинаковое фокусное расстояние до всех образцов обеспечивает однородность изображений.

IV. РАЗМЕТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Полученные изображения визуально размечаются на основании требований СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия». Контролируемые дефекты: трещины, сколы, неровность кромки, геометрические отклонения и недожог. Согласно СТБ 1160-99, недожог и пережог изделий устанавливают путем сравнения цвета и водопоглощения образцов с образцом-эталоном нормально обожжённого изделия. Это дефект в данной работе определяем визуально. Неровность кромки так же должна соответствовать образцу-эталоны и не контролируется действующими обязательными нормативными. Многие предприятия обращают внимание на этот дефект, поэтому он включён в датасет. Результаты заносятся в таблицу EXCEL. Фрагмент таблицы представлен в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Примеры изображений с классификацией дефектов

name	no_defect	crack	chipping	geometric_deviation	curved_edge	under-burned
20240310_154149.jpg	0	1	1	0	0	0
20240330_171219.jpg	0	0	0	0	1	0
20240330_181421.jpg	0	0	1	0	1	0
20240330_180707.jpg	1	0	0	0	0	0

Как видно из таблицы, образец может содержать несколько дефектов. Если имеется дефект, то в колонку вносится 1, 0 если дефект отсутствует. Образец, не имеющий дефектов, содержит 1 в столбце "no_defect". Примеры изображений приведены на рисунке (рис.3).



Рисунок 3. Дефекты кирпича: а) образец без дефектов, б) трещина, в) сколы, г) геометрические отклонения д) неровность кромки е) недожог

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы разработан подход к сбору и аннотированию изображений керамического кирпича для задач компьютерного зрения. Созданный тестовый стенд обеспечил стандартизированные условия съёмки, что повысило точность последующей обработки изображений. Собранный датасет из более чем 5000 снимков позволяет классифицировать дефекты с высокой степенью детализации и является ценным инструментом для разработки алгоритмов автоматического контроля качества. Для повышения надежности модели необходимо увеличить количество снимков, что будет проще выполнить с использованием имеющегося мобильного стенда, позволяющего легко переносить оборудование и осуществлять съёмку в различных условиях. Дальнейшее расширение датасета и усовершенствование методов аннотации данных помогут создать более точные алгоритмы классификации дефектов и автоматизации контроля на производстве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Электронный ресурс: <https://nadezda.by/stati/obem-proizvodstva-kirpicha-i-blokov-v-mire/>
- [2] Электронный ресурс: <https://www.precedenceresearch.com/bricks-market/>

[3] Птуха, В. И. Проблемы и оптимальные пути решений задачи контроля качества продукции при помощи компьютерного зрения = Problems and optimal ways to solve the problem of product quality control using computer vision / В.И. Птуха // Компьютерные системы и сети : сборник статей 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2024. – С. 504-507.

[4] СТБ-1160-99 Кирпич и камни керамические. Технические условия.

[5] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 004/2011 "О безопасности низковольтного оборудования".

[6] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 020/2011 "Электромагнитная совместимость технических средств".

DEVELOPMENT OF AN APPROACH FOR COLLECTING AND ANNOTATING CERAMIC BRICK IMAGES FOR COMPUTER VISION TASKS

V. Ptukha¹, K. Ptukha²

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus,
viktar.ptukha@gmail.com

²Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract: the article presents an approach for collecting and annotating images of ceramic bricks for computer vision tasks. A mobile setup was developed for standardized sample photography, enabling the creation of a high-quality dataset for defect analysis. Over 5,000 images were annotated, providing the ability to classify various defects and enhance the accuracy of automated quality control algorithms. This approach and dataset offer potential for further increasing the number of images and applying these developments in industrial settings.

Keywords: quality control, computer vision, dataset, data partitioning, machine learning, AI, neural networks.