

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СОРТИРОВКИ БЫТОВЫХ НЕПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И SCARA-МАНИПУЛЯТОРА

Полупанова К. Д.¹, Морозов С. А.¹, Матрунчик Ю. Н.², Гриневич А.И.¹

1). УО «Национальный Детский Технопарк»,
Минск, Республика Беларусь

1). Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Рост объема твердых бытовых отходов и низкая эффективность существующих систем сортировки (не более 60-70%) являются одной из острых экологических проблем. Промышленные сортировочные комплексы обладают высокой стоимостью (от \$150 000) и требовательны к инфраструктуре, в то время как DIY-решения имеют крайне ограниченную функциональность. Целью проекта является разработка доступного прототипа интеллектуальной системы для автоматической классификации и сортировки отходов.

Предлагаемая система (Рисунок 1) построена на гибридной архитектуре: одноплатный компьютер Raspberry Pi 4 отвечает за обработку изображения с веб-камеры с помощью нейросетевой модели, а микроконтроллер Arduino Nano управляет исполнительными механизмами. При попадании объекта на конвейер инфракрасный датчик E18-D80NK инициирует захват кадра. Raspberry Pi, используя модель TensorFlow, обученную на платформе Teachable Machine, классифицирует объект по категориям «пластик», «металл», «стекло», «бумага». Данные о типе отходов передаются на Arduino Nano по UART-интерфейсу. Для физического удаления объекта с конвейера разработан и собран SCARA-манипулятор с тремя степенями свободы (2 вращательных и вертикальная ось), обеспечивающий высокую точность позиционирования при простоте управления. Кинематика манипулятора рассчитана на основе обратных задач.



Рисунок 1 – Прототип роботизированной системы сортировки

В ходе работы были решены задачи анализа аналогов, разработки электрической схемы, 3D-моделирования и сборки манипулятора, а также написания программного обеспечения для всех уровней системы. Тестирование прототипа подтвердило его высокую точность распознавания (до 98%) и надежность срабатывания механизмов, что позволяет эффективно отделять целевые фракции (например, бумагу).

Разработанное решение сочетает преимущества промышленных систем (точность, автоматизация) с гибкостью и экономичностью DIY-подхода. Капитальные затраты на прототип в 5-7 раз ниже промышленных аналогов, что открывает перспективы для масштабирования и использования на небольших предприятиях или в образовательных целях. Дальнейшее развитие системы предполагает интеграцию мультиспектрального анализа для более точной идентификации материалов, внедрение IoT-платформы для удаленного мониторинга и перестановка проекта на промышленное оборудование (PLC и сервоприводы).