

РОБОТИЗИРОВАННАЯ МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА СОРТИРОВКИ ЦВЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КОМПЬ- ЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

В. В. Дубатовка, Т. А. Кудан, Д. А. Филон

Учреждение образования «Национальный детский технопарк»;
г. Минск, Республика Беларусь

Актуальность создания устройства, помогающего человеку в выполнении несложных рутинных (часто повторяющихся) операций, в современную эпоху не вызывает сомнений.

Роботы с системами компьютерного зрения все больше завоевывают мировой рынок робототехники. Так, например, существует большое количество моделей роботов-сортировщиков, по себестоимости они практически не отличаются от других промышленных робототехнических комплексов, имеющих системы оучувствления второго поколения (датчики и сенсоры внешней среды).

Разработка интеллектуальных роботизированных технических средств с использованием системы компьютерного зрения для распознавания визуальной информации и принятия решений в настоящее время стала актуальна не только на производстве, но и для сервисных функций, а также в бытовом секторе.

Цель проекта – роботизация процесса поиска, сбора, сортировки и транспортировки объектов с помощью подсистемы технического зрения на мобильной платформе.

Задачи проекта:

Провести анализ существующих методов поиска и выделения объектов с помощью камеры.

Интегрировать в общую систему мобильного робота камеру и наладить получение полезной информации.

На основе данных с камеры задать вектор направления и скорости движения мобильного робота.

Наладить процесс сбора и сортировки объектов роботом.

Разрабатываемая роботизированная мобильная система сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения будет иметь широкую сферу применения, так как включает в себя мобильную платформу, которая позволяет осуществлять автономное перемещение по управляющим сигналам от системы компьютерного зрения или дистанционного управления пользователем. На белорусском рынке аналогов с такой функцией нет. Помимо дистанционного управления присутствует функция сбора теннисных мячей в специальное устройство на платформе. Данная функция особенно эффективна в критерии уменьшения человеческого фактора для данной операции. Прототип системы основан на мобильной роботизированной платформе небольших размеров, что позволяет пользователю настраивать ее функционал под конкретные условия внешней среды.

Прототипом разрабатываемой системы послужил проект «Роботизированная мобильная система сбора теннисных мячей с игрового поля», реализованный на 5 образовательной смене 2023 года учащимися УО «Национальный детский технопарк» Филоном Денисом, Кудан Татьяной и Салоевой Садаф.

Вид прототипа разрабатываемой системы и мобильной базы представлены на рисунке 1.

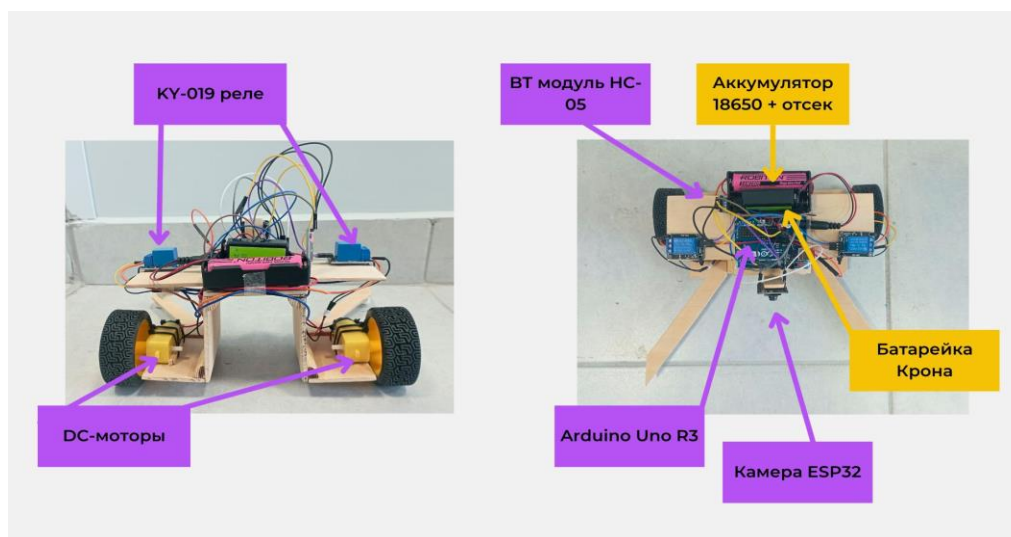


Рисунок 1 – Прототип разрабатываемой роботизированной мобильной системы сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения

Роботизированная мобильная система сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения включает в себя мобильную роботизированную платформу, управляемую от микроконтроллера семейства AVR ATmega328P (платформа Arduino Nano), в качестве приводной части выбраны двигатели постоянного тока со встроенным редуктором и энкодерами. Роботизированная мобильная платформа оснащена подсистемой компьютерного (технического) зрения (СТЗ), дополнительными устройствами и датчиками параметров внешней среды.

В качестве устройства управления был выбран одноплатный компьютер Raspberry pi V4 B 8GB RAM и вспомогательное устройство Arduino Nano.

Для данной платформы можно использовать среду разработки Visual Studio Code и Arduino IDE с языком программирования C/C++.

Система может работать как полностью в автоматическом режиме, так и быть автоматизированной – когда управленческая функция возложена на пользователя, поскольку не всегда достаточно информации с датчиков и СТЗ для принятия решения.

Траектория движения роботизированной мобильной платформы, переносящей устройство – приёмник для теннисных мячей, зависит от исходных размеров обслуживаемой рабочей зоны и индивидуальных предпочтений пользователя.

Мобильная часть разрабатываемой системы приводится в движение двигателями постоянного тока (ДПТ), подключаемыми к управляющему микроконтроллеру через драйвер.

Подсистема распознавания объектов представляет собой полноценную систему технического зрения на базе цифровой камеры Камера Logitech c270.

Камера для подсистемы распознавания выбиралась по нескольким критериям:

- Камера должна быть известного производителя, чтобы не было проблем с поиском технической информации.
- Использование камеры в проектах с компьютерным зрением другими разработчиками.
- Соотношение цена/качество – камера должна была быть недорогой.

Исходя из вышеперечисленных критериев, выбор пал на веб-камеру Logitech c270.

В процессе работы были исследованы методы обнаружения, такие как: цветовые маски, каскады Хаара и Нейронные модели Yolo (You Look Only Once).

Алгоритм обнаружения объектов YOLO, который может выполнять классификацию и локализацию (обнаружение) объектов одновременно, просматривая изображение только один раз.

В ходе работы просматривались 2 версии моделей YOLO, YOLO v3 и YOLO v8.

Модель, обученная на основе 3-й версии YOLO, показала порог распознавания в 87.54 % и время распознавания объектов на кадре в 1100 мс.

Модель, обученная на основе 8-й версии YOLO, показала порог распознавания в 89.11 % и время распознавания объектов на кадре в 960 мс.

Также в ходе работы были обучены модели YOLO v8 nano и YOLO v8 small, сравнение с YOLO v3 не проводилось по причине того, что данная классификация была введена с 5-й версии моделей.

Наиболее хорошие результаты показала обученная модель YOLO v8 nano (рисунок 2), обученная на наборе данных из 617 изображений размера 640*640 и размеченных согласно рекомендациям разработчиков.

После обучения данная модель показала следующие результаты: порог распознавания в 89.71 % и время распознавания объектов на кадре в 215 мс.

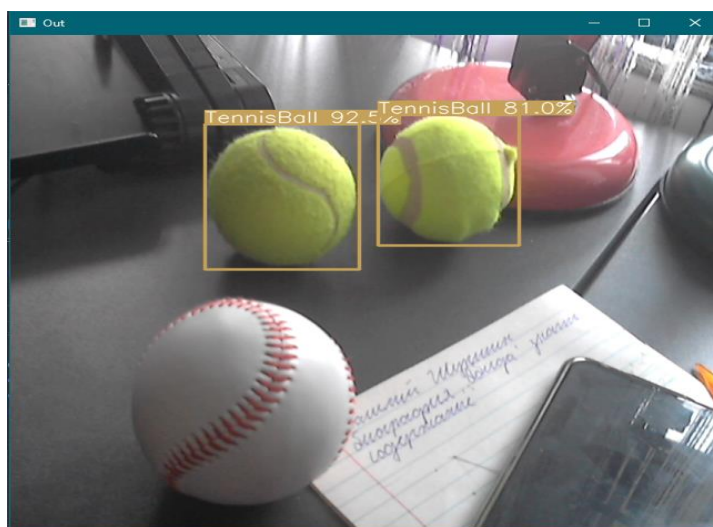


Рисунок 2 – Детектирование объектов моделью YOLO v8 nano

Оборудование, использованное в ходе тестов:

Процессор: Intel Core i5-10210U

Видеокарта: MX 250(Notebook)

Оперативная память: 8GB DDR4

Тип накопителя: SSD

Роботизированная мобильная система сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения должна обрабатывать информацию с камеры СТЗ и идентифицировать цветные объекты. Объекты, распознанные как теннисные мячи салатного цвета определённого, заданного размера, должны собираться в специальное устройство сбора мячей, находящееся на мобильной робототехнической платформе.

Мобильная роботизированная система должна перемещаться по заданному маршруту в поиске теннисных мячей.

Распознанные как теннисные мячи объекты на поле собираются и увозятся для выгрузки в корзины.

Поскольку система предполагает работу как в автономном режиме, так и автоматизированное дистанционное управление пользователем, то алгоритм основной управляющей программы будет включать в себя несколько подпрограмм с возможностью выбора режима работы.

Моторы колес управляются через быстрый прямой ШИМ (Fast PWM non-inverted) с помощью аппаратных таймеров микроконтроллера.

Режимы работы:

- автономная работа поиска по данным СТЗ;
- перемещение по рабочей зоне под контролем пользователя;
- работа через мобильное приложение;
- ручное дистанционное управление.

Функционал разработанной роботизированной мобильной системы сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения полностью соответствует заданию и реализует весь алгоритм с помощью выполнения программы, записанной в микроконтроллер.

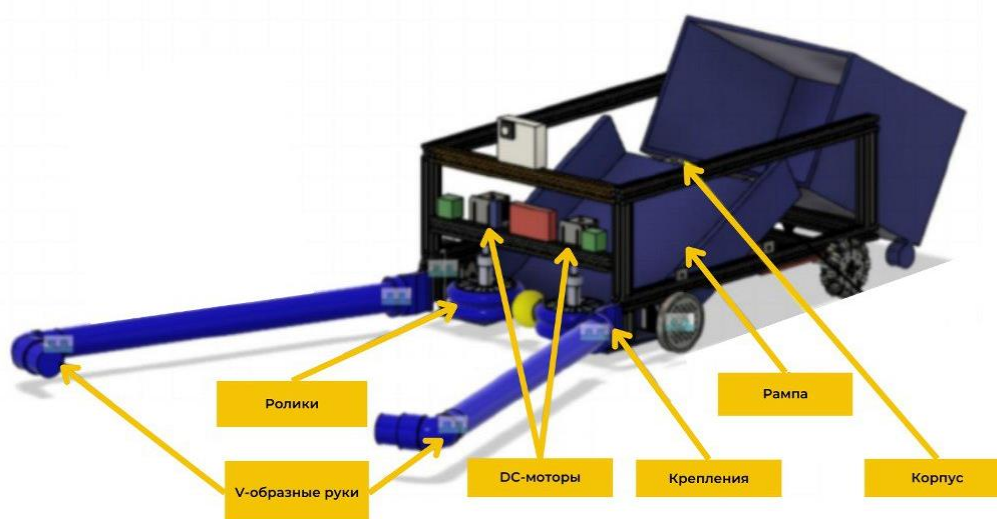


Рисунок 3 – 3D модель разработанной системы

Роботизированная мобильная система работает в автономном цикле с возможностью реализации различных режимов и заданий, как-то: ручное управление; перемещение по рабочей зоне; сбор теннисных мячей по информации СТЗ; плавное изменение скорости перемещения мобильной подсистемы.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанный прототип роботизированной мобильной системы сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения полностью обеспечивает весь спектр заявленных заданий и может быть взят за перспективную модель для последующей производственной реализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матрунчик, Ю. Н. Микропроцессорные системы управления. Лабораторный практикум / Ю. Н. Матрунчик. – Минск : БНТУ, 2020. – 66 с. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/70441?show=full>. – Дата доступа: 14.10.2023.

2. Матюшин, А. О. Программирование микроконтроллеров: стратегия и тактика / А. О. Матюшин. – М. : ДМК Пресс, 2017. – 355 с.

УДК 658.5

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Я. В. Кудрицкий, А. М. Левданский, Н. С. Ялковский
Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

Главными особенностями проектирования технологических процессов в машиностроении являются многовариантность и низкий уровень формализации при решении большинства проектных задач. Поэтому проектирование технологических процессов механической обработки в основном представляет собой последовательный выбор типовых решений в соответствии с определенными условиями производства и параметрами детали.

На данный момент сложно назвать САПР ТП, позволяющую обеспечить максимально высокую степень автоматизации при решении всего спектра проектных задач, связанных с технологической подготовкой производства.

Можно сказать, что САПР технологических процессов в машиностроении имеет степень автоматизации выше среднего уровня, где порядка 20 % проектных задач решается инженером в ручном режиме, основываясь на собственном опыте и знаниях, а остальная часть выполняется автоматически, по заложенным в программном обеспечении алгоритмам.