

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Артёма Александровича Волошкина «Методы проектирования и оптимизации автономной робототехнической системы для сбора фруктов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4 Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Исследования, изложенные в автореферате диссертации А.А. Волошкина, посвящены разработке современных методов проектирования и оптимизации автономных робототехнических систем (РТС) для сбора фруктов, что представляет собой актуальное направление развития интеллектуальной сельскохозяйственной робототехники. Работа выполнена с учетом современных тенденций в области автоматизации сельскохозяйственных процессов, направленных на повышение эффективности, снижение трудозатрат и минимизацию повреждений собираемых плодов.

Соискатель предложил оригинальную модульную конструкцию РТС, основанную на мобильной колесной платформе и роботе – триподном механизме с центральной пассивной кинематической цепью и телескопическим звеном. Особое внимание уделено разработке захватного устройства, сочетающего методы отрывания и скручивания фруктов, что позволило повысить надежность и скорость сбора без повреждения плодов и деревьев. Также разработана система технического зрения, основанная на интеграции сверточных нейронных сетей и преобразования Хафа, предназначенная для локализации деревьев и распознавания спелых плодов. Такой подход обеспечивает высокую точность идентификации объектов в условиях неструктурированной внешней среды.

Особый интерес вызывает двухэтапный алгоритм технического зрения, позволяющий сначала формировать список задач по обнаружению крон деревьев, а затем уточнять координаты конкретных фруктов с учетом их зрелости.

Достоинством исследования является разработка комбинированного метода проектирования, охватывающего все этапы создания РТС — от математического моделирования до топологической оптимизации конструктивных элементов с использованием CAD/CAE-систем. Автором предложен подход к формализации стадий проектирования, что позволило повысить точность расчетов, сократить время разработки и получить рациональную конструкцию робототехнической системы.

Кроме того, в работе представлен экспериментальный образец автономной робототехнической системы, который был успешно апробирован в промышленном саду. Полученные данные подтверждают работоспособность предложенных решений и возможность их практического применения в сельскохозяйственном производстве.

Вместе с тем, автореферат не свободен от замечаний.

1. Следует уточнить аспекты построения системы управления, поскольку для полноценной автономной работы такой сложной системы требуется более детально проработанная архитектура управления, включающая адаптивные алгоритмы и обратные связи по состоянию окружающей среды.

2. Раздел, посвященный техническому зрению, выиграл бы при включении в него более полного анализа современных методов и технологий обнаружения фруктов, включая современные глубокие нейросетевые модели обнаружения, классификации и сегментации объектов на изображениях, а также метрик оценки их качества.

3. Обнаружение фруктов проводится на основе построения кругов Хафа по данным, полученным с 2 бинокулярных камер. Вместе с тем, наш опыт показывает, что обнаружение зеленых яблок на фоне зеленых листьев работает недостаточно эффективно. С другой стороны, применение двух бинокулярных камер кажется избыточным. Представляется, что более эффективно использовать поток данных с устройства, сочетающего RGB-камеру и TOF-камеру (как например, в недорогих устройствах линейки RealSense) и применять современных однопроходных алгоритмов типа YOLO для обнаружения яблок.

4. В автореферате недостаточно внимания уделено анализу качества предложенного подхода: не приводятся данные о скорости обнаружения плодов, доле обнаруженных плодов, доле ложных срабатываний (проценте объектов, не являющихся плодами, но ошибочно принятых за плоды).

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной новизны и практической значимости представленных результатов.

В целом диссертация А.А. Волошкина представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне. Считаю, что диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Артём Александрович Волошкин заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4 Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Доктор экономических наук, профессор
(08.00.13 Математические и инструментальные методы экономики),
проректор по цифровизации
Государственного университета по землеустройству
105064, Москва, ул. Казакова, 15.
E-mail: vs@guz.ru
Владимир Игоревич Соловьев



Подпись В.И. Соловьева заверяю:
Ученый секретарь
Г.В. Золотарев