10. Lau, B. K. Characteristic modes: Progress, overview, and emerging topics / B. K. Lau, M. Capek, A. M. Hassan // IEEE Antennas and Propagation Magazine. – 2022. – N 64 (2). – P. 14–22.
11. Antenna element design using characteristic mode analysis: Insights and research directions / J. J. Adams, S. Genovesi, B. Yang [et al.] // IEEE Antennas and Propagation Magazine. – 2022. – N 64 (2). – P. 32–40.
12. Okan, T. Analysis of antennas around NURBS surfaces by using a hybrid method / T. Okan, N. AKçAM // Radioengineering. – 2018. – N 27 (3).
13. Modeling of Multiscale Wave Interactions Based on an Iterative Scheme of MoM-PO-EPA Algorithm / L. Guo, M. Li, S. Xu [et al.] // Electronics. – 2022. – N 11 (7). – P. 990.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ С СИСТЕМОЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ СЛЕДОВАНИЯ ЗА ОБЪЕКТОМ

К. А. Головач

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Брель

Рассмотрен вопрос проектирования и реализации автономного колесного робота, способного осуществлять визуальное детектирование и автоматическое сопровождение целевого объекта. Описана двухуровневая архитектура системы, включающая вычислительный модуль на базе Raspberry Pi Zero 2W и программный комплекс на основе библиотеки OpenCV.

Ключевые слова: компьютерное зрение, OpenCV, Raspberry Pi, цветовая сегментация, автосопровождение, ПИД-регулятор.

Навигация и следование за подвижной целью являются фундаментальными задачами современной мобильной робототехники. В отличие от стационарных промышленных манипуляторов, требующих жестко детерминированной среды, мобильные платформы должны обладать адаптивностью к динамическим изменениям окружения. Актуальность работы обусловлена потребностью в бюджетных и эффективных решениях для логистических систем и сервисной робототехники, где робот должен выполнять роль автономного ассистента, следующего за оператором или грузом

Для реализации вычислительной подсистемы выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi Zero 2W. Данный выбор обоснован необходимостью обработки видеопотока в реальном времени при жестких ограничениях на массогабаритные характеристики и энергопотребление платформы.

Исполнительная система представляет собой шасси с дифференциальным приводом. Управление коллекторными двигателями осуществляется посредством широтно импульсной модуляции (ШИМ) через специализированный драйвер. В качестве основного сенсора используется цифровая камера, обеспечивающая получение визуальных данных о пространственном положении цели.

Программная реализация системы распознавания базируется на библиотеке OpenCV. Процесс обработки изображений разделен на несколько этапов:

– предварительная фильтрация – применение медианного фильтра для устранения импульсных шумов в видеопотоке;

– цветовая сегментация – перевод кадра в цветовое пространство HSV (Hue, Saturation, Value), которое менее чувствительно к изменениям освещенности по срав-

нению с RGB. Выделение целевого объекта (кубика) происходит путем наложения бинарной маски по заданным порогам цвета;

– детектирование контуров – поиск связных областей (blobs) и вычисление их геометрических моментов для определения центра масс объекта в пиксельных координатах кадра.

Управление роботом строится на минимизации ошибки рассогласования между текущим и целевым положением объекта.

Направление движения корректируется в зависимости от смещения центра объекта относительно оптической оси камеры. Если объект находится слева от центра кадра, угловая скорость правого колеса увеличивается, обеспечивая поворот.

Расстояние до объекта оценивается на основе площади ограничивающей рамки или вычисления евклидова расстояния в пикселях. Для плавного регулирования линейной скорости применяется ПИД-регулятор, минимизирующий статическую ошибку положения.

Логика управления реализует конечный автомат состояний: «Поиск» (вращение на месте при потере цели), «Преследование» и «Остановка/Безопасный откат» при достижении критической дистанции.

Экспериментальные исследования подтверждают, что интеграция Raspberry Pi и OpenCV позволяет достичь необходимой точности автосопровождения объекта в реальном времени. Реализованная система обеспечивает устойчивое следование за цветным кубиком при скоростях, сопоставимых с пешим движением человека, и сохраняет заданную дистанцию с погрешностью, не превышающей допустимые значения для мобильных платформ данного класса.

В качестве перспектив развития работы рассматривается внедрение алгоритмов глубокого обучения для классификации сложных объектов и использование стереозрения для более точного определения глубины сцены.

Литература

1. Bradski, G. Learning OpenCV / G. Bradski, A. Kaehler. – O'Reilly Media, 2008.
2. URL: https://opencv.org/.
3. URL: https://www.raspberrypi.org/documentation/.

СОЗДАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ САМОДЕЛЬНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ МИКРОСХЕМЫ TPA3255 С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Д. А. Шабетник

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. И. Проневич

Произведено подключение и усовершенствование усилителя портативной акустической системы. Показаны ключевые условия создания такой акустической системы – это правильный подбор компонентов: усилителя, динамиков, источника питания. Установлено, что при использовании импульсных усилителей класса D в сочетании с грамотно подобранной акустикой и литий-ионным аккумулятором можно создать энергоэффективную, мощную и практичную автономную аудиосистему.

Ключевые слова: импульсный усилитель, bluetooth-антенна, портативная акустическая система, источник питания, динамики, микросхема, литий-ионный аккумулятор.