

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВИЛОЧНЫМИ ПОГРУЗЧИКАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДАХ

Антипов Александр Евгеньевич

Аспирант

Факультет Радиотехники и Кибернетики МФТИ ГУ, Москва, Россия

E-mail: antipov.ae@phystech.edu

Научный руководитель — Леус Андрей Владимирович

Современные технологии в области компьютерного зрения и теории управления позволили вывести автоматизацию производства на новый уровень. В частности, все большее распространение получают беспилотные интеллектуальные транспортные системы [2–3]. Одной из сфер применения данной технологии является транспортная логистика на промышленных складах. На текущий момент существует масса предложений коммерческих беспилотных роботов, которые коллективно и автономно выполняют транспортировку и сортировку грузов [4]. Однако количество складов, на которых внедрены беспилотные погрузчики, по-прежнему невелико [1]. Главной причиной отсутствия их массового распространения является дороговизна переоборудования складов, зависимость от поставщика, а также их высокая цена беспилотных роботов из-за использования высокотехнологичных датчиков: лидаров и камер высокого разрешения.

Цель данного исследования заключалась в разработке и оптимизации алгоритмов автономного управления промышленными вилочными погрузчиками, оснащенными разработанной в лаборатории цифровых систем специального назначения ФРТК МФТИ бортовой системой пространственного ориентирования. Научная новизна: предлагаемое решение на основе оптико-лазерной навигации является платформо-независимыми, позволяя через внешние интерфейсы подключаться к стандартным промышленным электрическим вилочными погрузчикам и не изменять при этом их заводские настройки. Как следствие, устройство позволяет сделать из управляемой человеком техники группу беспилотных роботов разных моделей и технических характеристик, значительно ускоряя и удешевляя при этом процесс автоматизации склада. Методы исследования: элементы теории управления, алгоритмы из теории графов и компьютерных сетей, методы симуляции и имитационного моделирования, парадигмы объектно-ориентированного и параллельного программирования.

В результате работы были предложены и разработаны алгоритмы

и программная архитектура автономного управления группой промышленных погрузчиков на базе дистрибутива «ROS2». Она состоит из нескольких модулей: системы движения по заданной траектории с использованием оптической одометрии, алгоритмов безопасной остановки и маневрирования по данным с лидаров, алгоритмов планирования маршрутов с механизмом избегания столкновений или блокировок, а также программного интерфейса для распределения и обработки задач транспортной логистики. В работе достигнута точность 0.1 м при наведении погрузчика на цель при скоростях до 10 км/ч. Максимальное поперечное отклонение от траектории следования на цель при этом не превышает 15 см, что является допустимой погрешностью при движении по транспортной полосе. Средняя скорость движения по маршруту без помех составила 4.32 км/ч. При этом гарантируется возможность экстренного торможения на максимальной скорости. Проведены симуляция и натурные эксперименты по транспортировке грузов группой из 2-х роботов. Также на промышленном складе были организованы и проведены тесты на отказоустойчивость группы из 2-х роботов общей длительностью в 40 часов, в течение которых было успешно перевезено 480 паллет.

Литература

1. Дуболазов В. А. Лукашевич Н. С. Темиргалиев Е. Р. Перспективы роботизации операций складской логистики в России // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок в условиях цифровой экономики : материалы II международной научно-практической конференции, проводимой в рамках Международного форума Kazan Digital Week 2021 и посвященной 80-летию академика РАН В. П. Мешалкина, Казань, 22–23 сентября 2021 года. – Казань: Издательство Академии наук Республики Татарстан, 2021. – С. 95–99.
2. Ellithy, Kareim & Salah, Mariam & Shalaby, Raafat. AGV and Industry 4.0 in warehouses: a comprehensive analysis of existing literature and an innovative framework for flexible automation // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2024. vol. 134. P. 1–24.
3. Lu, Wenhao & Guo, Shuai & Tao, Song & Li, Yuwen. Analysis of Multi-AGVs Management System and Key Issues: A Review // Computer Modeling in Engineering & Sciences. 2022. vol. 131. P. 1197–1227.
4. Li, Jun-tao. Design Optimization of Amazon Robotics // Automation, Control and Intelligent Systems. 2016. vol. 4. P. 1–48.