

*А. С. Чулкова<sup>1\*</sup>, Я. А. Карташов<sup>1</sup>, А. А. Шаранов<sup>1</sup>*

## **Разработка алгоритма автономного движения робота в условиях смоделированной городской среды**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: a.chulkova03@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается процесс разработки алгоритма автономного движения робота в смоделированной городской среде. Описывается анализ существующих решений, изучение различных подходов к разработке алгоритмов движения роботов, выбор наиболее подходящего для городской среды. Проектирование конструкции робота, определение требований к конструкции, выбор типа, разработка кинематической схемы, проектирование отдельных элементов. Решение задачи распознавания объектов испытательного полигона, сбор и аннотирование данных, выбор модели машинного обучения, обучение и доработка модели. Разработка общего алгоритма движения, определение целевой функции, алгоритм планирования траектории, система управления, тестирование и доработка.

**Ключевые слова:** автономное движение, смоделированная городская среда, алгоритм движения, распознавание объектов, проектирование

*A. S. Chulkova<sup>1\*</sup>, Y. A. Kartashov<sup>1</sup>, A. A. Sharapov<sup>1</sup>*

## **Development of an Algorithm for Autonomous Robot Movement in a Simulated Urban Environment**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\*e-mail: a.chulkova03@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the process of developing an algorithm for autonomous robot movement in a simulated urban environment. It describes the analysis of existing solutions, the study of various approaches to the development of algorithms for robot movement, and the choice of the most suitable for the urban environment. Designing the robot structure, determining the requirements for the structure, choosing the type, developing a kinematic scheme, designing individual elements. Solving the problem of recognizing test site objects, collecting and annotating data, choosing a machine learning model, training and refining the model. Development of a general motion algorithm, determination of the target function, trajectory planning algorithm, control system, testing and refinement.

**Keywords:** autonomous movement, simulated urban environment, motion algorithm, object recognition, design

### ***Введение***

Стремительное развитие робототехники приводит к созданию новых типов роботов, способных выполнять различные задачи в различных условиях. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка автономных роботов, способных функционировать в условиях городской среды. Такие роботы мо-

гут использоваться для доставки товаров, уборки улиц, обеспечения безопасности и других задач. Целью исследования является разработка алгоритма движения робота в условиях городской среды. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие решения;
- спроектировать конструкцию робота;
- обучить распознавать объекты;
- разработать общий алгоритм движения.

Стремительный прогресс в области автономных транспортных систем требует разработки эффективных алгоритмов для обеспечения безопасного и эффективного перемещения по городской среде. Это охватывает как автономные автомобили, так и роботов для доставки товаров или услуг. Необходимость разработки алгоритмов подтверждает Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [1].

### *Анализ существующих решений*

Существует множество различных подходов к разработке алгоритмов движения роботов в условиях городской среды. Наиболее распространенные из них это подходы, основанные на локальном планировании, на глобальном планировании и беоимитическом подходе [2].

Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор подходящего подхода зависит от конкретной задачи и условий работы робота.

Изучив решения данной проблемы, за основу был взят ровер Яндекса. Роверы Яндекса – это компактные и автономные роботы, созданные специально для городской доставки. Для оптимизации доставки роверы используют алгоритмы планирования маршрута, учитывая трафик, преграды и другие факторы.

### *Проектирование конструкции робота*

Первым этапом в проектировании конструкции стало создание структурной схемы робота (рис. 1). Для этого была осуществлена подборка компонентов, необходимых для выполнения цели, а именно приводы, датчики, системы управления и элементы питания [3].

При проектировании конструкции робота необходимо учитывать грузоподъемность, габариты, тип рабочей среды и наличие манипулятора.

С учетом данных требований была спроектирована прямоугольная конструкция, в основе которой лежат два ведущих мотора в задней части корпуса. В ней используется Tire Wheel, напоминающие своим внешним видом обыкновенные колеса автомобиля. Данный тип колес имеет очень высокий коэффициент сцепления с поверхностью, что позволяет роботу передвигаться по неровным поверхностям.

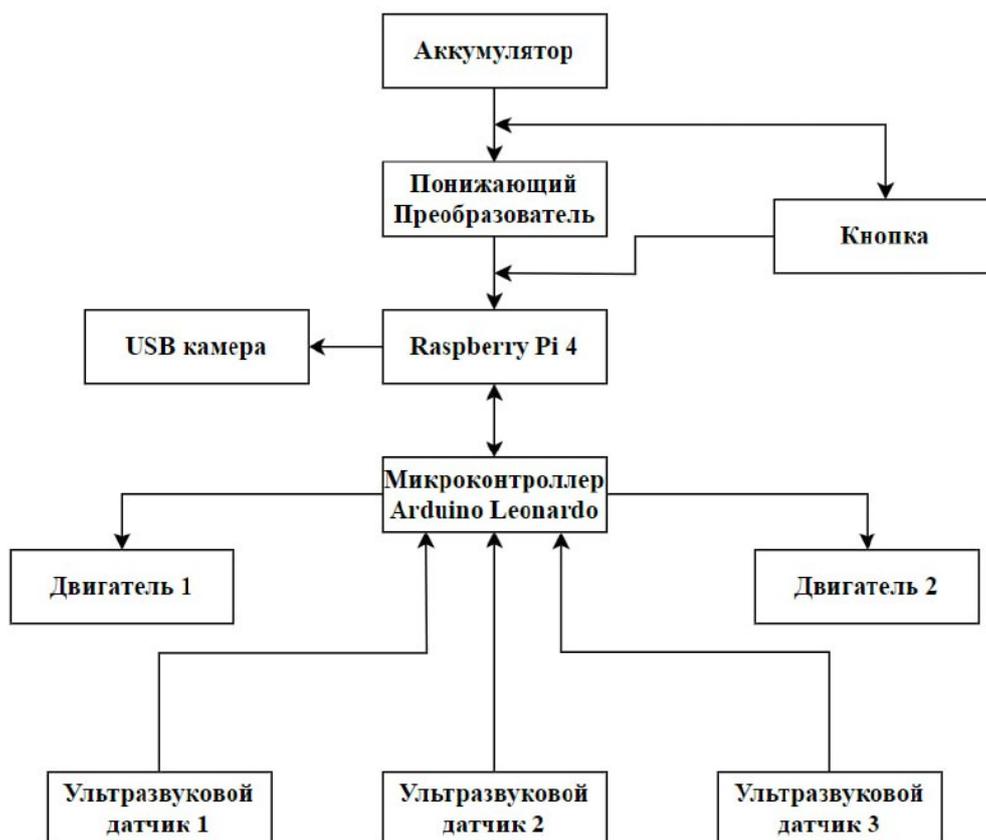


Рис. 1. Структурная схема робота

### ***Решение задачи распознавания объектов***

Далее был разработан алгоритм приема и обработки данных маршрута.

Существует множество различных подходов к решению задачи распознавания объектов, которые можно условно разделить на две категории: подходы, основанные на шаблонах и подходы, основанные на машинном обучении. Для решения задачи распознавания объектов был использован подход, основанный на машинном обучении [4].

Для того чтобы робот мог безопасно и эффективно перемещаться в условиях городской среды, он должен уметь распознавать объекты, такие как дорожные знаки, светофоры, пешеходы, автомобили. Для решения этой задачи могут использоваться различные методы машинного обучения:

- сверточные нейронные сети (CNN);
- алгоритмы опорных векторов (SVM);
- алгоритмы случайного леса.

В рамках задачи распознавание объектов был выбран специальный испытательный полигон с смоделированной городской средой, который состоит из четырех зданий, дорожной разметки, дорожных знаков и светофоров. Следующим шагом был процесс обучения нейросети. Для ее обучения потребовалось создать набор данных с оригинальными изображениями. Затем проведена разметка, были выделены нужные объекты: дорожные знаки, сигналы светофоров, и за-

даны объектам нужные параметры. После обучения нейросети проведены тесты, на которых точность распознавания объектов составила 85 %.

### *Разработка общего алгоритма движения*

На завершающем этапе работы составлен алгоритм движения робота, который представляет собой детальный план действий, учитывая все возможные сценарии и обеспечивая точное и безопасное перемещение робота в смоделированной городской среде (рис. 2).

При составлении алгоритма движения робота были задействованы основные этапы разработки: определение маршрута, управление движением, восприятие окружающей среды, проверка правильности принятия решений [5].

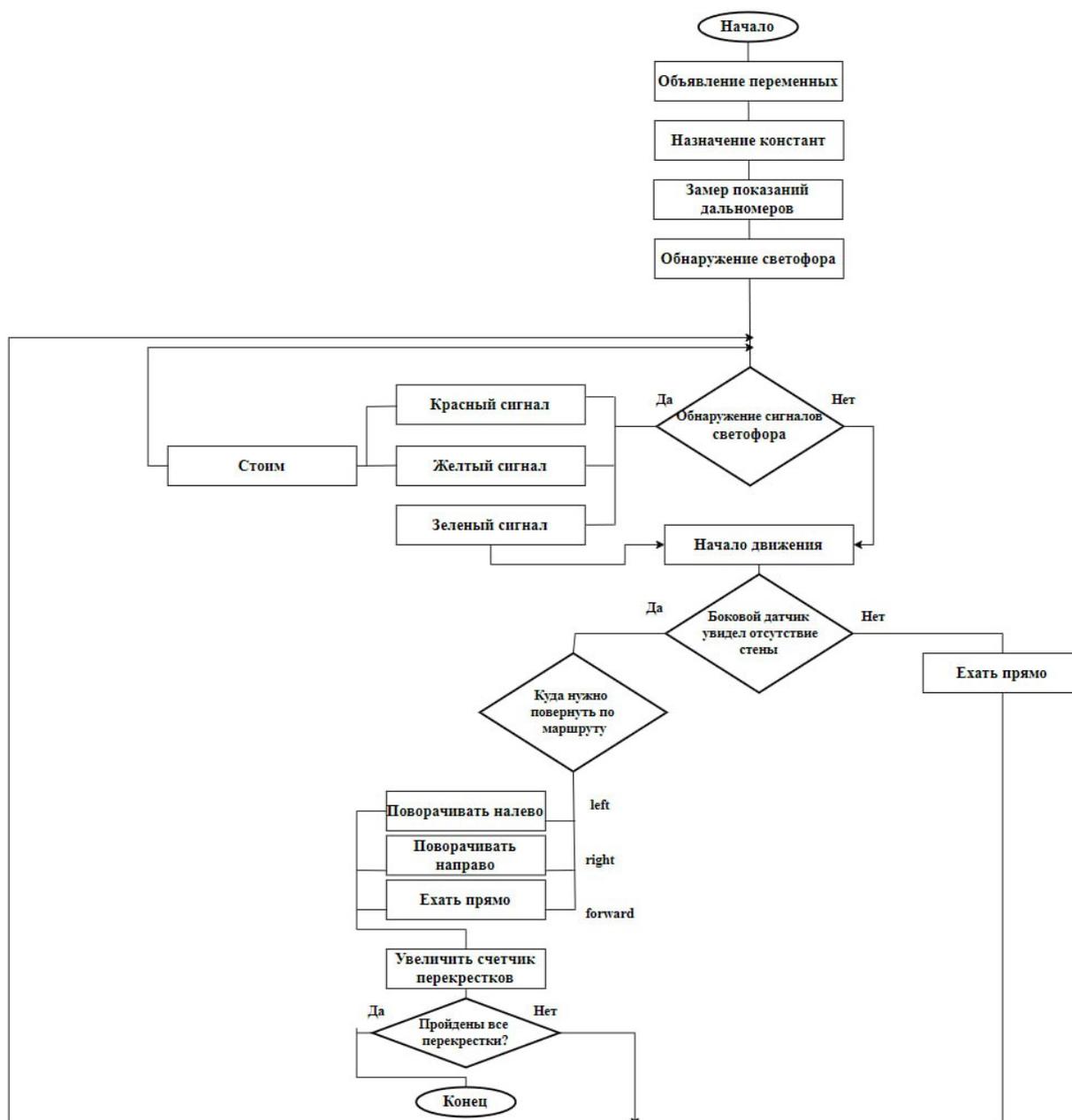


Рис.2. Алгоритм работы движения

## *Результаты*

В данной работе была представлена разработка алгоритма автономного движения робота в условиях смоделированной городской среды. Готовый алгоритм был протестирован на сконструированном роботе (рис. 3).

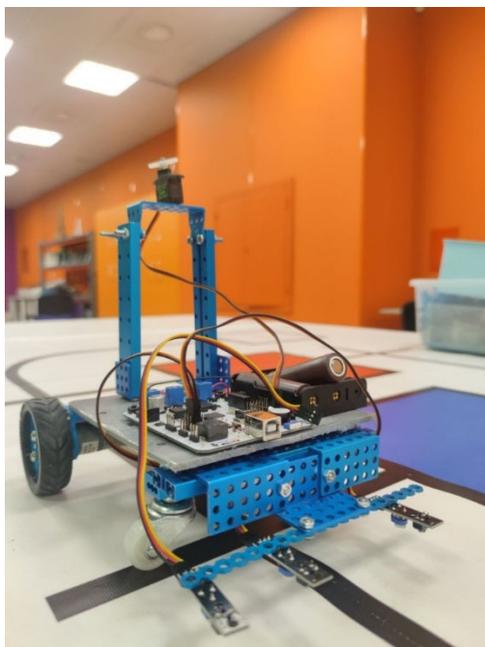


Рис. 3. Сконструированный робот для смоделированной городской среды

## *Заключение*

В ходе работы был выполнен анализ существующих решений, выбран испытательный полигон, спроектирована конструкция робота, решена задача распознавания объектов испытательного полигона и разработан общий алгоритм движения. Данный алгоритм движения можно использовать не только на испытательном полигоне, но и применять, как на автономных автомобилях, так и роботах для доставки товаров или услуг.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации"
2. Искусственный интеллект: современная энциклопедия. Под ред. В. С. Лескова. – Москва : Изд-во Эксмо, 2022. – 960 с.
3. Конструирование роботов. К. Дж. Уолкер, М. В. Браун. – Москва : Изд-во БИНОМ, 2019. – 560 с.
4. Компьютерное зрение. С. Скилман. – Санкт-Петербург : Изд-во БХВ-Петербург, 2019. – 720 с.
5. Планирование движения роботов. С. М. Лаверн. – Москва : Изд-во ИД "Познание", 2018. – 288 с.

© А. С. Чулкова, Я. А. Карташов, А. А. Шаранов, 2024