

АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Бородуля А.В.¹, Матрунчик Ю.Н.¹,
Мисинкевич Н.А.²**

- 1) Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь;
- 2) ООО «ЛАЦИТ - Лаборатория цифровых технологий»
г. Минск, Республика Беларусь.

В условиях развития современных производственных и логистических систем, эффективность их функционирования во многом зависит от применения автономных мобильных роботов (AMR). Сложность работы таких систем значительно увеличивается в динамически изменяющейся среде, требуя разработки адаптивных алгоритмов планирования маршрутов. Важность исследования заключается в необходимости обеспечения высокой адаптивности и гибкости маршрутизации, способной реагировать на непредвиденные препятствия и изменения в среде.

В рамках данного исследования, было сосредоточено внимание на разработке и адаптации алгоритмов планирования маршрута с акцентом на проблематику взаимодействия в динамической окружающей среде. Целью исследования было создание гибких и адаптивных систем, способных эффективно реагировать на непредвиденные изменения и препятствия в реальном времени.

На основе анализа существующей литературы, включая работы Долгова из Стэнфордского университета [1], Лавалле и Куфнера из Университета Иллинойса в Урбана-Шампейн [2], а также исследование, представленное на конференции AAAI в 2002 году [3], были выявлены перспективные направления для улучшения методов планирования маршрутов. Интерес вызвали подходы, основанные на вероятностном планировании и алгоритмах машинного обучения, открывающие новые возможности для адаптации к динамическим условиям среды.

В ходе исследования были разработаны и апробированы алгоритмы планирования, интегрирующие вероятностные модели для предсказания потенциальных изменений в окружающей среде, таких как появление новых препятствий или изменение траектории движения других объектов. Эти алгоритмы были дополнены механизмами машинного обучения, позволяющими системам самостоятельно обучаться и оптимизировать стратегии планирования маршрута на основе накопленного опыта.

Экспериментальная проверка модифицированных алгоритмов проводилась в два этапа: моделирование в среде ROS Gazebo и последующем испытании на реальной модели алгоритма для перестройки маршрута при внезапном возникновении препятствий во время движения.

Эта задача была усложнена введением динамически меняющихся условий окружающей среды, включая перемещение объектов, изменение конфигураций пространства и вариативность условий освещения.

В ходе моделирования в ROS Gazebo была создана виртуальная среда, имитирующая реальные условия эксплуатации роботов, включая сложные препятствия, такие как движущиеся объекты и изменяющиеся проходы. Это дало возможность выявить ключевые проблемы и недостатки существующих подходов, особенно в части их способности к быстрой адаптации к новым обстоятельствам.

Испытания на реальной модели позволили проверить применимость и эффективность разработанных алгоритмов. Реализация алгоритма перестройки маршрута была осуществлена на автономном мобильном роботе, оснащённом датчиками расстояния и камерами для восприятия окружающей среды. В ходе испытаний робот успешно демонстрировал способность к самостоятельной перестройке маршрута при возникновении непредвиденных препятствий. Особое внимание было уделено анализу реакции системы на сложные сценарии, такие как динамические изменения в расположении препятствий, которые требовали от робота не только изменения маршрута, но и переоценки стратегии движения в целом.

Результаты экспериментов подтвердили эффективность предложенных подходов, демонстрируя улучшение в способности мобильных роботов адаптироваться к динамическим изменениям окружающей среды. Таким образом, алгоритмы планирования маршрута, разработанные в рамках исследования, способны обеспечить высокую степень адаптации, обеспечивая эффективное преодоление препятствий и минимизацию времени достижения, а также повысить общую эффективность систем планирования маршрута для автономных роботов.

1. Dolgov, D., et al. "Practical and Efficient Path Planning for Autonomous Driving in Unknown Environments." Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2008. URL: https://ai.stanford.edu/~ddolgov/papers/dolgov_gpp_stair08.pdf (Дата обращения: 01.02.2024)
2. LaValle, S.M., Kuffner, J.J. "Randomized Kinodynamic Planning." The International Journal of Robotics Research, 20(5):378-400, 2001. URL: <https://msl.cs.uiuc.edu/~lavalle/papers/LavKuf01b.pdf> (Дата обращения: 01.02.2024)
3. Koenig, S., Likhachev M. "Integrated Techniques for Constraint Relaxation and Probabilistic Planning." Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2002. URL: <https://cdn.aaai.org/AAAI/2002/AAAI02-072.pdf> (Дата обращения: 01.02.2024)