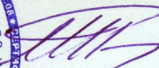


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального
государственного учреждения

«Федеральный исследовательский
центр «Информатика и управление»
Российской академии наук»,



 М.А. Посыпкин

«03» 09 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук»

Диссертация Муравьева Кирилла Федоровича на тему «Исследование методов и разработка алгоритмов топологического картирования и локализации» выполнена в отделе №71 «Интеллектуальные динамические системы и когнитивные исследования» отделения №7 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН).

Муравьев Кирилл Федорович, 1997 года рождения, гражданин России, в 2021 году окончил ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Информатика и вычислительная техника».

Тема диссертационного исследования была утверждена на заседании ученого совета Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, протокол №1 от 21.01.2022 г.

В период подготовки диссертации соискатель Муравьев Кирилл Федорович работал в отделе №71 ФИЦ ИУ РАН в должности инженера-исследователя с 2021 по 2023 гг. и младшего научного сотрудника с 2023 г. по настоящее время.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» выдана в 2025 году в ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Яковлев Константин Сергеевич, ведущий научный сотрудник отдела №71 Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы

Разработка вычислительно эффективных методов топологического картирования и локализации является актуальной и практически востребованной научной задачей, требующей для своего решения новых научных подходов.

Обоснованность научных положений

Положения, выносимые Муравьевым К.Ф. на защиту в полной мере обоснованы в проведенном научном исследовании и подтверждены полученными практическими результатами.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Все результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается данными численных экспериментов, проведенных в симуляционных средах с помощью разработанных алгоритмов, математических моделей и комплекса программ, а также успешной апробацией разработанных алгоритмов и комплекса программ на данных с реальных робототехнических систем.

Научная новизна работы

Разработан алгоритм построения и поддержания топологической карты в реальном времени. Карта представляется в виде графа локаций, не содержащих глобальных метрических координат. Такое представление позволяет выполнять долговременную навигацию без накопления ошибки позиционирования, а также снижает потребление вычислительных ресурсов и памяти при долговременной навигации.

Разработан алгоритм локализации в построенной карте, основанный на нейросетевых методах распознавания места (локации) и поиске относительной позиции путем сопоставления двумерных сканов местности. В отличие от аналогичных методов, предложенный подход позволяет фильтровать ложно распознанные нейросетевыми моделями локации, а также корректировать ошибку одометрии в реальном времени.

Предложена математическая модель задачи топологического картирования и локализации и оценки качества ее решения. В отличие от аналогов, опирающихся на глобальные метрические координаты, предложенная модель позволяет оценивать качество графа с точки зрения путевой эффективности в случае отсутствия глобальных метрических координат в локациях графа.

Теоретическая значимость

Предложен научно-обоснованный топологический подход к решению задачи картирования и локализации. Разработан комплекс алгоритмов и моделей, которые создают основу как для создания новых топологических методов решения задачи ОКЛ, так и для улучшения существующих.

Практическая значимость результатов проведенных соискателем ученой степени исследований

Разработанные алгоритмы и модели оценки качества реализованы в виде комплекса программных средств для реальных робототехнических систем. Реализованные алгоритмы могут быть использованы для повышения автономности робототехнических систем различного типа и назначения. Реализованный программный комплекс зарегистрирован в виде программы для ЭВМ.

Апробация работы

Основные материалы диссертации и результаты исследования докладывались на следующих конференциях:

- The 9th International Conference on Interactive Collaborative Robotics (ICR 2024);
- The 16th International Conference on Machine Vision (ICMV 2023);
- The 7th International Conference on Interactive Collaborative Robotics (ICR 2022);
- XX Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективные системы и задачи управления» (Домбайская конференция 2025);
- XIV Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ 2024).

Результаты были получены в процессе выполнения работ по грантам:

- №075-15-2020-799 «Методы построения и моделирования сложных систем на основе интеллектуальных и суперкомпьютерных технологий, направленные на преодоление больших вызовов» Министерства науки и высшего образования РФ;
- №075-15-2024-544 «Математические модели и численные методы как основа для разработки робототехнических комплексов, новых материалов и интеллектуальных

технологий конструирования» Министерства науки и высшего образования РФ.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях

Основные результаты по теме диссертации изложены в 9 научных публикациях общим объемом 7.4 п.л; личный вклад автора составляет 6.4 п.л. Зарегистрирована 1 программа для ЭВМ.

1. Muravyev K., Melekhin A., Yudin D., Yakovlev K. PRISM-TopoMap: online topological mapping with place recognition and scan matching // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2025. (**Scopus Q1**)
2. Muravyev K., Yakovlev K. Evaluation of topological mapping methods in indoor environments // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 132683-132698. (**Scopus Q1**)
3. Муравьев К. Ф. Топологическое картирование помещений с использованием нейросетевой локализации и сопоставления сканов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2024. – №. 3. – С. 28-38. (**БАК K1**)
4. Muravyev K., Yakovlev K. Maintaining topological maps for mobile robots // Sixteenth International Conference on Machine Vision (ICMV 2023). – SPIE, 2024. – Vol. 13072. – P. 265-272. (**Scopus**)
5. Muravyev K., Yakovlev K. NavTopo: Leveraging Topological Maps for Autonomous Navigation of a Mobile Robot // International Conference on Interactive Collaborative Robotics. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – P. 144-157. (**Scopus**)
6. Muravyev K., Yakovlev K. Evaluation of RGB-D SLAM in large indoor environments // International Conference on Interactive Collaborative Robotics. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 93-104. (**Scopus**)
7. Melekhin A., Bezuglyj V., Petryashin I., Muravyev K., Linok S., Yudin D., Panov A. ITLP-Campus: A Dataset for Multimodal Semantic Place Recognition // International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – P. 185-195. (**Scopus**)
8. Муравьев К.Ф., Яковлев К.С. Система картирования для долговременной навигации автономного мобильного робота в неизвестной местности // XX Юбилейная Всероссийская научно-практическая конференция "Перспективные системы и задачи управления". — 2025. — С. 95—102.
9. Муравьев К.Ф., Алхаддад М., Панов А.И., Миронов К.В. Иерархическая навигация с избеганием препятствий и прохождением проёмов на четырёхколёсном мобильном роботе // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ 2024). — 2024. — С. 1640-1644.
10. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2025662382 Российская Федерация. PRISM-ТороMap: программная библиотека топологического картирования с помощью распознавания мест и сопоставления сканов // К.Ф. Муравьев; правообладатель: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» — Заявка № 2025660983 05.05.2025; опубл. 20.05.2025.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Ценность научных работ соискателя определяется возможностью их применения для автономной навигации мобильных робототехнических систем, в том числе беспилотных транспортных средств.

Результаты диссертационного исследования соответствуют паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы

программ», а именно:

- пункту 2 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»;
- пункту 3 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;
- пункту 8 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента»;
- пункту 9 «Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий».

Диссертация соответствует требованиям п.14 Положения о присуждении ученых степеней (Положение правительства РФ №842 от 24.09.2013 в действующей редакции) и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Диссертация Муравьева Кирилла Федоровича «Исследование методов и разработка алгоритмов топологического картирования и локализации» является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой можно квалифицировать как научное достижение в области одновременного картирования и локализации, имеющее важное значение для создания эффективных систем навигации мобильных роботов. Диссертация соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в диссертационном совете 24.1.224.01 при Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук».

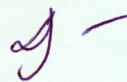
Заключение принято на заседании семинара Отделения 7 ФИЦ ИУ РАН 28 августа 2025г., протокол №7. Присутствовало на заседании 11 человек. Результаты голосования: «за» – 11 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Председательствующий на заседании:
Руководитель отделения 7
доктор технических наук



О.Г. Григорьев

Секретарь семинара
с.н.с., руководитель Отдела 73
к.ф.-м.н.



Д.А. Девяткин