

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ
им. А.П. Ершова
Сибирского отделения
Российской академии наук
(ИСИ СО РАН)

Академика Лаврентьева проспект, 6, Новосибирск, 630090
тел. (383) 330-86-52, факс (383) 332-34-94
e-mail: iis@iis.nsk.su, http://www.iis.nsk.su
ОКПО 03945008, ОГРН 1025403664340,
ИНН/КПП 5408100201/540801001

От 08.05.2026 № 15362-01-2115
На № 46-80/844 от 16.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Института систем
информатики им. А.П. Ершова
Сибирского отделения Российской
академии наук, д-р физ.-мат. наук

Андрей Юрьевич Пальянов



«08» мая 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем информатики им. А. П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук на диссертационную работу Московского Антона Дмитриевича «Методы и алгоритмы распознавания сцен для задач глобальной локализации мобильных роботов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность темы исследования

Задача локализации, т.е. определения положения в пространстве, является наиважнейшей из практических задач в области мобильной робототехники, так как для автономного движения роботу необходимо знать свои координаты в каждый момент времени. Обычно территория, на которой действует робот, описывается семантической картой, т.е. картой, на которой представлены объекты, отнесенные к какому-либо классу, задающему их семантические свойства. В этом случае задача локализации требует соотнесения наблюдаемых роботом объектов (сцены) с объектами семантической карты, т.е. решения задачи распознавания сцен.

Задача глобальной локализации мобильных роботов на семантических картах остается актуальной из-за проблем симметрии, однородности пространства и возможного наличия в нем множества экземпляров объектов одного класса, что усложняет точное

наложение сенсорных данных на карту. Традиционные методы распознавания сцен страдают от ошибок детекции объектов, их перекрытий и изменчивости среды, что требует выработки надежных гипотез и их верификации. В связи с этим актуальной является разработка комплексных технологий, сочетающих семантику с геометрическим уточнением на основе дальномеров, повышающих автономность роботов в сложных условиях.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 182 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (113 наименований) и приложений, подтверждающих внедрение полученных результатов.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи исследования, подчеркивается научная новизна, а также приводятся основные научные результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору современных подходов к глобальной локализации мобильных роботов в сложных условиях. Анализируются ограничения методов локализации на базе лазерных дальномеров и визуальных данных, включая проблемы симметрии и периодичности среды.

Вторая глава посвящена теоретической базе предлагаемых в диссертации методов. В ней дается формальная постановка задачи распознавания сцен, описывается метод распознавания сцен на основе алгоритмов поиска изоморфного подграфа, которые позволяют учитывать семантическую разметку графов. Здесь же рассматривается предложенная автором недоопределённая модель локализации (Н-локализация). Н-локализация робота по полученным данным распознавания позволяет выявлять противоречия (несоответствия) во входных данных, отбрасывать ложные гипотезы, а также повышает устойчивость к неоднозначностям сопоставления. Далее на основе метода распознавания сцен и метода Н-локализации предлагается архитектура глобальной локализации по визуальным ориентирам, которая позволяет также использовать точные методы локализации по дальномерным данным.

В заключительном разделе этой главы вводятся метрики для оценки качества решения задачи распознавания сцен.

Третья глава посвящена вопросам реализации и проверки работоспособности предложенных методов. Рассматривается интеграция методов распознавания с вероятностными фильтрами для точного определения положения робота. Описаны

способы адаптации фильтров частиц и других подходов к работе с визуальными ориентирами, а также результаты предварительных экспериментов.

В четвертой глав подводятся итоги экспериментов в симуляторах, на стандартных наборах данных и реальных робототехнических платформах. Приведено сравнение с современными подходами, решающими задачу распознавания сцен с использованием общепринятых и предложенных автором метрик.

В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы, обсуждаются проблемы и перспективы развития данного направления исследований.

Диссертация хорошо структурирована, материал изложен последовательно и аккуратно.

Соответствие паспорту научной специальности

Содержание и основные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», в части

- п.3. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем (разработка комплексной технологии локализации, включающей в себя программные средства методов распознавания сцен, N-локализации и классических подходов);
- п.4. Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов (создание гибридных методов распознавания сцен с использованием технологий машинного обучения, позволяющих учитывать визуальное сходство объектов);
- п.7. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человеко-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социкиберфизических системах (создание систем распознавания сцен и локализации по ориентирам, опирающихся на обработку визуальных данных);
- п.10. Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем (создание набора данных и разработка метрик оценки качества решений задачи распознавания сцен).

Научная новизна полученных результатов

Автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработаны методы распознавания сцен, обеспечивающие сопоставление наблюдаемых объектов с семантической картой через анализ геометрических характеристик и оценку визуального сходства на базе современных глубоких нейросетевых архитектур.
2. Разработан оригинальный подход к локализации по визуальным ориентирам с использованием недоопределённых моделей, способный обнаруживать противоречия в данных и эффективно обрабатывать множественные гипотезы, а также сужать область поиска, позволяя использовать полученные данные для уточнения положения робота классическими подходами.
3. Предложены новые метрики для оценивания решений задачи распознавания сцен и задач локализации по видимым ориентирам.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается численными экспериментами, проведенными на открытом наборе данных, а также в средах симуляции и на реальных роботах. Результаты диссертационной работы успешно докладывались на всероссийских и международных конференциях и были опубликованы в авторитетных рецензируемых изданиях и не противоречат результатам, полученным другими авторами в данной проблемной области.

Апробация работы

Результаты работы были представлены на 12 научных и практических конференциях и семинарах. По теме диссертации автором опубликовано 9 научных работ в печатных изданиях, из которых 2 в журналах, рекомендуемых ВАК, 3 – в журналах, индексируемых Scopus или WoS.

Теоретическая и практическая значимость научной работы

Теоретическая значимость работы состоит в разработке методов распознавания сцен, интегрирующих геометрические особенности и визуальное сходство объектов, а также подходов с недоопределёнными вычислениями для отбора гипотез и локализации в условиях высокой неопределённости.

Практическая значимость разработанных методов и алгоритмов заключается в повышении эффективности глобальной локализации роботов на больших территориях, для которых характерна симметричность и повторяемость пространства.

Следует также отметить, что разработанные в диссертации алгоритмы были успешно апробированы на ряде реальных роботов разного назначения, обладающих различными сенсорными и вычислительными возможностями. Кроме того, полученные научные результаты используются в ряде организаций, что подтверждается соответствующими актами об использовании, приведенными в приложении. Также получено два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и патент на полезную модель.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Разработанную А.Д. Московским комплексную технологию, включающую алгоритмы распознавания сцен и недоопределённой локализации, а также модификации классических алгоритмов локализации с использованием облаков точек, рекомендуется использовать для решения задачи глобальной локализации автономных мобильных роботов различного назначения.

Замечания по диссертационной работе:

1. В тексте диссертации имеются неточности и опiski:

- на стр. 52 в предложении «Измерения R (2.27) выполнены в локальных координатах робота, в то время как положение ориентиров L (2.28) в глобальных координатах карты» перепутана нумерация формул.

- на стр. 54 в предложении «Также стоит отметить, что на практике может использоваться другой критерий остановки (строка 3 алгоритма `sdm_process`), например достижение заданной точности переменных или просто ограничения числа итераций» под критерием остановки алгоритма `sdm_process`, наверное, имеется ввиду строка 7 (`while active_R ≠ ∅ do`), а не 3 (`-- R – функции интерпретации`).

- на стр. 82 при описании метрики Degree используется англоязычная нотация (`SuperTrue`, `Wrong` и т.д.), в то время как в формуле 2.85 и далее по всему тексту – русскоязычная (Истина, Ложь и т.д.).

- неудачное расположение таблицы 4.4. на стр. 147, при котором создаётся впечатление, что рассматривается один и тот же вариант алгоритма `sdm_global_localization` из-за того, что приписка «+ `sdm_esis`» попала на следующую строку (название второго варианта алгоритма должно читаться как «`sdm_global_localization + sdm_esis`»).

2. В тексте диссертации не очень четко описана вычислительная сложность алгоритма `sdm_esis` (Табл. 2.12). На стр. 68 говорится: «Вычислительная сложность данного алгоритма вырастает по-прежнему линейна от числа ориентиров, однако в худшем случае квадратична от числа разбиений интервалов...». Наверное, в этом предложении пропущен предлог «но», но даже с учетом этого предлога непонятно – сложность алгоритма является линейной или квадратичной? При этом следует заметить, что разбиение интервального значения n -переменной на две части при поиске точных значений является обычной практикой в n -вычислениях, а не каким-то форс-мажором («худшим случаем» как сказано в тексте диссертации).

3. В экспериментах, связанных с применением N -локализации, не указывалось, какой способ остановки использовался для алгоритма `sdm_process`, при том, что характер вычислений в исследуемой области не позволяет использовать «стандартный» критерий остановки, который указан при описании упомянутого алгоритма на стр. 54, ввиду практически бесконечного, но ничтожно малого уточнения N -переменных.

4. Работа построена на использовании семантических карт, однако вопросы их построения находятся за рамками работы, а эксперименты с учётом ошибок, возникающих при их построении, проведены только в наиболее простых симуляционных средах.

Заключение

Диссертационная работа Московского А.Д. «Методы и алгоритмы распознавания сцен для задач глобальной локализации мобильных роботов» является законченным самостоятельным научным исследованием, выполненным на хорошем научном уровне. Указанные в замечаниях недостатки не снижают общей положительной оценки работы, ее научной и практической ценности. Работа содержит новые результаты в области глобальной локализации мобильных роботов по визуальным данным, а представленные новые методы могут быть применены на практике в ряде предметных областей. Результаты работы опубликованы в авторитетных научных изданиях и представлены на ряде научных конференций.

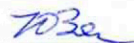
Автореферат диссертации в целом соответствует содержанию диссертации и полностью отражает ее основные положения и выводы.

Работа полностью удовлетворяет критериям Положения о присуждении научных степеней предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», а ее автор, Московский

Антон Дмитриевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по этой специальности.

Отзыв подготовил:

заведующий лабораторией искусственного интеллекта Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук, к.т.н.



Загорулько Юрий Алексеевич

Отзыв на диссертационную работу Московского Антона Дмитриевича обсужден и поддержан на объединенном семинаре «Интеллектуальные системы» и «Системное программирование» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН и кафедры программирования Новосибирского государственного университета « 7 » мая 2026 г., протокол № 20.

Председатель Ученого совета ИСИ СО РАН



А. Ю. Пальянов

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем информатики им. А. П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук (ИСИ СО РАН)

Адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6

Телефон: +7 (383) 330-86-52

Электронная почта: iis@iis.nsk.su

Web-сайт: <https://www.iis.nsk.su/>