

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор  
Ярославского государственного  
университета им. П.Г. Демидова  
д.х.н., профессор  
Русаков Александр Ильич



«15» сентября 2021 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

Диссертация «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» выполнена в Центре искусственного интеллекта и цифровой экономики ФГБОУ ВО ЯрГУ им. П.Г. Демидова.

В период подготовки диссертации соискатель Антипов Владимир Алексеевич обучался во ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», в очной аспирантуре.

В 2015 г. окончил ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Радиофизика и электроника, специалитет.

В 2019 г. окончил ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, аспирантура.

Сданы кандидатские экзамены:

История и философия науки – «хорошо»;

Иностранный язык – «хорошо»;

Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения – «отлично»;

и выдан диплом об окончании аспирантуры от «30» сентября 2019 г. № 107624 4466415 ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Научный руководитель – Приоров Андрей Леонидович, д.т.н., кафедра инфокоммуникаций и радиофизики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», профессор.

По итогам обсуждения диссертационной работы «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» принято следующее заключение:

В диссертационной работе изложены результаты исследования и разработки

алгоритма одновременной локализации и построения карты с использованием камеры и лазерной сканирующей системы, а также его модификаций.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем:

1. Разработан обобщенный алгоритм одновременной локализации и построения карты на базе расширенного фильтра Калмана.
2. Разработан алгоритм одновременной локализации камеры и построения карты и его модификации с использованием камеры и лазерной сканирующей системы.
3. Предложен способ представления данных лидара в комплекснозначный сигнал.

Достоверность полученных научных результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата и экспериментальными данными, подтверждающими теоретические выкладки и результаты схожих российских и зарубежных исследований.

Научная новизна

Получены следующие новые научные результаты:

- 1) Разработан обобщенный алгоритм EKF-SLAM, отличающийся возможностью интеграции нескольких типов датчиков и использования нескольких оценок состояния системы, полученных разным путем, для уточнения параметров системы в расширенном фильтре Калмана. Алгоритм отличается тем, что позволяет рассматривать сложные динамические системы (группа мобильных платформ), формировать и обрабатывать локальные карты по заданным критериям.
- 2) Разработан алгоритм одновременной локализации камеры и построения карты и его модификации с использованием камеры и лазерной сканирующей системы, отличающиеся интеграцией двух типов датчиков в расширенном фильтре Калмана, применением сферической модели камеры и контурного анализа. Алгоритм позволяет строить карту, состоящую из вектора состояния и ковариационной матрицы, двумерную карту проходимости, а также трехмерную карту окружающей среды.
- 3) Улучшены алгоритмы детектирования пространственных ориентиров по данным лазерной сканирующей системы. Алгоритмы отличаются дополнительным преобразованием данных лидара в комплекснозначный сигнал и его делением на сегменты.
- 4) Разработан алгоритм построения локальных карт с равномерным использованием ориентиров. Алгоритм отличается от остальных алгоритмов построения локальных карт тем, что учитывает корреляцию между всеми ориентирами с сохранением линейной вычислительной сложности.
- 5) Разработан алгоритм реконструкции трехмерной сцены. Алгоритм отличается тем, что в процессе реконструкции используются панорамные изображения, полученные от камеры с объективом типа «рыбий глаз», и учитывается сферическая модель камеры.

Практическая значимость

- 1) Предложен обобщенный алгоритм EKF-SLAM, который позволяет рассматривать сложные динамические системы, использовать несколько оценок состояния системы для повышения точности, а также формировать и обрабатывать локальные карты. Это позволяет рационально контролировать точность построения карты, определения месторасположения и вычислительные ресурсы. Таким же способом можно обобщить и другие алгоритмы на базе расширенного фильтра Калмана, применяемые в других областях науки, промышленности и техники.

- 2) Предложен и реализован на языке высокого уровня алгоритм одновременной локализации и построения карты на основе цифровой обработки телевизионных изображений и данных лазерной сканирующей системы с использованием системы прикладного телевидения. Данный алгоритм позволяет строить траекторию движения мобильной платформы, карту проходимости и трехмерную карту окружающей среды. Ошибка определения месторасположения мобильной платформы разработанного алгоритма составляет  $0,88 \pm 0,73$  м по метрике RPE и  $0,09 \pm 0,08$  м по метрике ATE.
- 3) Получены результаты исследования применимости различных подходов и особенностей реализации задачи одновременной локализации и построения карты в системе прикладного телевидения.
- 4) Предложен способ представления данных лидара в комплекснозначный сигнал (контур). Такой способ представления дает возможность применять корреляционные и спектральные методы обработки сигналов к данным лидара.

**Достоверность полученных научных результатов** обеспечивается корректным использованием математического аппарата и экспериментальными данными, подтверждающими теоретические выкладки и результаты схожих российских и зарубежных исследований.

Представленная Антиповым В.А. диссертационная работа соответствует специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Направление диссертационной работы соответствует области исследований:

- Исследование и разработка новых телевизионных систем и устройств с целью повышения качества изображения и помехоустойчивости работы.
- Разработка методов и устройств передачи, приема, обработки, отображения и хранения информации. Разработка перспективных информационных технологий, в том числе цифровых, а также с использованием нейронных сетей для распознавания изображений в радиотехнических устройствах.
- Разработка радиотехнических устройств для использования их в промышленности, биологии, медицине, метрологии и др.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем: в опубликованных работах полностью изложены основные научные результаты работы и исследований.

Диссертация «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» соискателя Антипова В.А. рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Работа прошла проверку на заимствования и соответствует требованиям, установленным пунктом 14 Положения о присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

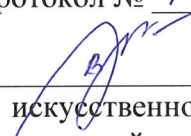
Основные положения диссертации представлены в 13 опубликованных работах, в том числе в 3 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК, а также в 5 работах, индексируемых в SCOPUS. По тематике исследований получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» Антипова Владимира Алексеевича рекомендуется к защите по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Заключение принято на заседании Центра искусственного интеллекта и цифровой экономики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Присутствовало на заседании 8 чел.

Результаты голосования: «за» - 8 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 1 от «15» июня 2021 г.

  
\_\_\_\_\_  
(Хрящев Владимир Вячеславович, к.т.н., доцент,  
Центр искусственного интеллекта и цифровой экономики ФГБОУ ВО «Ярославский  
государственный университет им. П.Г. Демидова», научный руководитель центра)

15.06.2021 г.