

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Кострова Бориса Васильевича на диссертацию Антипова Владимира Алексеевича «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность. С каждым годом все больше растет актуальность создания автономных транспортных средств и систем помощи водителю. Для повышения эффективности грузопассажирских перевозок и безопасности дорожного движения бортовая система должна уметь правильно интерпретировать сведения об окружающем пространстве, получаемые от датчиков, строить маршруты, управлять параметрами движения и постоянно отслеживать собственные координаты. Стоит отметить, что кроме высокой точности требуются еще и вычислительные мощности не только для процесса обработки данных с датчиков, но и для построения карты.

В связи с этим, тема диссертации Антипова В.А., направленная на разработку усовершенствованного алгоритма одновременной локализации и построения карты окружающей среды, является актуальной.

Целью работы является повышение точности оценки местоположения камеры в системе прикладного телевидения.

Диссертация содержит 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. Кроме того, алгоритм отличается тем, что позволяет рассматривать сложные динамические системы (например, группы 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, отличающийся от остальных алгоритмов построения локальных карт тем, что учитывает корреляцию между всеми ориентирами с сохранением линейной вычислительной сложности.
5. Разработан алгоритм реконструкции трехмерной сцены, отличающийся тем, что в процессе реконструкции в нем используются панорамные изображения, полученные от камеры с объективом типа «рыбий глаз», и учитывается сферическая модель камеры.

Следующие результаты работы имеют **практическую 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 дает возможность рационально контролировать точность построения карты и определение месторасположения, а также 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), дающий возможность применять корреляционные и спектральные методы обработки сигналов к данным лидара.

В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области обработки и анализа изображений в системах прикладного телевидения. Теоретические и практические результаты работы не противоречат данным, представленным в работах других авторов, посвященных данной тематике.

Достоверность основных положений и полученных результатов подтверждается:

- корректным использованием математического аппарата теории статистических решений, теории вероятностей, теории цифровой обработки сигналов и изображений;
- результатами моделирования и экспериментальными исследованиями, включающими сравнение с подобными известными алгоритмами;
- актами внедрения предложенных алгоритмов и разработанного программного обеспечения;
- апробацией результатов диссертационной работы на международных и всероссийских конференциях.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени опубликованы, в том числе в изданиях из перечня ВАК.

Вместе с тем, в диссертации отмечены следующие **недостатки**:

1. Не приведены полный анализ и сравнение моделей камеры, а также не указано, в каких случаях лучше применять приведенные модели.
2. Не указано, каким образом взята мера использования ориентира.
3. Отсутствуют параметры настроек среды проведенных экспериментов.
4. Имеются некоторые недочеты в оформлении – информация по рисунку, расположенному на стр. 76, находится на стр.77.

Отмеченные недостатки не являются определяющими и не снижают существенным образом ценности и значимости диссертационной работы.

Диссертация является законченным научным трудом, написанном на высоком научном уровне, содержит указанные новые научные результаты и имеет важное практическое значение для улучшения точностных характеристик современных систем прикладного телевидения.

Заключение

1. Диссертационная работа Антипова Владимира Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение важной научной задачи, соответствующей указанной специальности.

Диссертация «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Антипов Владимир Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой ЭВМ

ФГБОУ ВО «РГРТУ»,

доктор технических наук, профессор
03.09.2021

Костров Борис Васильевич

Подпись Кострова Бориса Васильевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

ФГБОУ ВО «РГРТУ»

к.т.н., доцент



В.Н. Пржегорлинский

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)

Сайт организации: www.rsreu.ru

Почтовый адрес: Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005

Контактный телефон: (4912) 72-03-03; (4912) 72-03-50

e-mail: rgrtu@rsreu.ru

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.17 - Теоретические основы информатики