



Автономная некоммерческая организация

"Институт инженерной физики"

(АНО "Институт инженерной физики")

Большой Ударный пер., д. 1А, стр. 1, г. Серпухов,

г.о. Серпухов, Московская обл., 142210

тел. 8(4967)353193; 351371; 8-499-400-05-75

факс: 8(4967)354420

e-mail: info@iifmail.ru; <http://www.iifrf.ru>

ОКПО 58914325, ОГРН 1225000027108,

ИНН/КПП 5043075306/504301001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор –

Первый Вице-президент

почётный работник науки и техники РФ,

кандидат технических наук, доцент



Е.М. Ананьев

« 19 » января 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гужвы Никиты Сергеевича на тему: «Идентификация светофоров на основе 3D измерений нейронных сетей в мультикамерных системах помощи водителя трамвая», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы

Современные роботизированные системы, такие как автономные транспортные средства и роверы-курьеры, в своей работе критически зависят от способности точно интерпретировать дорожную инфраструктуру, ключевым элементом которой являются светофоры. Однако повсеместное внедрение технологии прямого обмена данными между светофором и роботом (V2X – *Vehicle-to-Everything* (с англ.: «транспортное средство, подключенное ко всему»)) остается делом отдаленного будущего из-за высокой стоимости модернизации существующих объектов. Подавляющее большинство светофоров по-прежнему являются «немыми» для электронных систем, представляя собой лишь визуальные сигналы, предназначенные для человека-водителя, поэтому задача разработки систем направленных на идентификацию светофоров является актуальной.

В рассматриваемой работе представлено, что использование двух разнофокусных камер, позволяет распознавать светофоры как в ближней, так и в дальней зоне, а также создает элемент надежности при одновременном использовании информации сразу двух камер. С этих позиций *разработка методов объединения информации с двух камер, более точной локализации светофора и его конечное сопоставление с картой* представляет собой актуальную **научную задачу**, имеющую существенное значение для развития современных систем технического (компьютерного) зрения в том числе, с использованием свёрточных нейронных сетей.

Соискателем получены **новые научные результаты**, выдвигаемые на защиту:

1. Методика сопоставления детекций в двухкамерной разнофокусной системе, базирующаяся на новой двухфакторной метрике сопоставления измерений каждой камеры на основе вектора признаков (эмбедингов) и пространственного положения детекций.

2. Методика фильтрации и идентификации светофоров на карте, организованная на основе «тесносвязанной» схемы комплексирования, учитывающей прямые измерения на изображении.

3. Методика оценки точности работы алгоритма идентификации светофоров, учитывающая новый перечень режимов, состояний и внешних событий системы.

Научная новизна полученных соискателем результатов заключается в следующем:

1. Методика сопоставления детекций в двухкамерной разнофокусной системе, *отличающаяся от известных* двухфакторной процедурой сопоставления, учитывающей похожесть вектора признаков детекций и «похожесть» их пространственного положения, в условиях асинхронных измерений, позволяет сформировать избыточные измерения для оценки местоположения светофоров на сцене;

2. Методика фильтрации и идентификации светофоров, *отличающаяся от известных* использованием инструментов нелинейной фильтрации на основе *UKF*-фильтра, использующего расширенный вектор состояния и учитывающего прямые измерения с изображений («тесно связанные» уравнения), разную

точность детекций с каждой камеры, а также семантические данные цифровых карт для реализации процедур идентификации светофоров.

3. Методика оценки точности работы алгоритма идентификации светофоров, *отличающаяся от известных* отсутствием процедур сравнения результатов с эталонными данными в виде разметки на изображениях, базирующаяся на новой идее сопоставления результатов работы системы с эталонными действиями водителя трамвая в заданных сценариях, что позволяет более точно и просто оценить точность разработанных алгоритмов.

Кроме того, следует отметить как новые уравнения связи измерений, полученных с камер для одного светофора, так и новые уравнения фильтра Калмана учитывающие нелинейные связи параметров измерений и координат светофора на сцене. Данные уравнения появились как следствие большого количества экспериментов и практических данных показывающих, что известные подходы не обеспечивают необходимое качество решения задачи. Так, использование только эмбедингов в двухкамерных сетапах с несинхронизированными измерениями приводит к ошибкам сопоставления, связанным с миганием светофора. Аналогично упрощенные выражения не учитывающие нелинейные уравнения связи измерений в системе координат камеры с измерениями в системе координат сцены не позволяют более точно определить координаты светофора на сцене.

Особое отличие работы заключается в ее практической реализации, а именно, – внедрении результатов в виде алгоритмов на языке программирования C++ в действующую и эксплуатирующуюся в г. Санкт-Петербурге систему помощи водителей трамваев.

Автореферат диссертации составлен в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, обладает внутренним единством и написан на хорошем научно-методическом уровне, дает полное представление о диссертации. Материал изложен последовательно, с достаточной детализацией тема исследования актуальна, результаты работы обладает научной новизной, практической и теоретической значимостью, достоверность результатов подтверждается актом о реализации.

Однако работа не лишена ***недостатков***, в качестве которых можно отметить следующее:

- 1) используемые в работе датасеты не выложены в открытый доступ;
- 2) разработанный алгоритм оценивания (фильтрации) положения светофоров в пространстве на основе модифицированного фильтра Калмана (*Unscented Kalman Filter*) с учётом детекций на изображении не сравнивался с существующими решениями от компании Яндекс, используемыми в роботах доставщиках);

Тем не менее, в рамках рассматриваемого исследования, высказанные недостатки не являются критическими, не снижают научной и практической ценности проведённого диссертационного исследования и, в целом, не влияют на общую положительную оценку.

Выводы:

Исходя из содержания автореферата, диссертация Гужвы Никиты Сергеевича на тему: «Идентификация светофоров на основе 3D измерений нейронных сетей в мультикамерных системах помощи водителя трамвая», *представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, выполненную лично автором, в которой содержится решение актуальной научной задачи по разработке методов объединения информации с двух камер, более точной локализации светофора и его конечное сопоставление с картой, имеющей важное значение для развития современных систем технического (компьютерного) зрения, в частности и развития транспортной отрасли страны в целом.*

По степени новизны, научной значимости и практической ценности, работа удовлетворяет требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (в действующей редакции) и предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор – Гужва Никита Сергеевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета

АНО «Институт инженерной физики» (протокол № 19/01/01 от 19.01.2026).

Начальник центра навигационно-геодезических систем
АНО «Институт инженерной физики»
почётный геодезист, доктор технических наук
(науч. спец.: 20.01.09 – «Военные системы управления, связи и навигации»), профессор

Сергей Борисович Беркович

«19» января 2026 г.

тел. 8 (4967) 35-31-93, доб. 188;
e-mail: sbberkovich@iifmail.ru.

Я, Беркович Сергей Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Гужвы Никиты Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

С.Б. Беркович

Заместитель начальника управления разработки навигационно-геодезических систем центра навигационно-геодезических систем АНО «Институт инженерной физики» заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, кандидат технических наук (науч. спец.: 20.01.09 – «Военные системы управления, связи и навигации»), профессор

Николай Иванович Котов

«19» января 2026 г.

тел. 8 (4967) 35-31-93, доб. 7228
e-mail: nikotov@iifmail.ru

Я, Котов Николай Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Гужвы Никиты Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

Н.И. Котов

Сведения об организации:

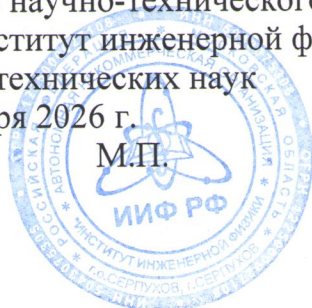
Автономная некоммерческая организация «Институт инженерной физики»
(АНО «Институт инженерной физики»).

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1А, стр. 1;
сайт: <https://iifrf.ru/>; тел.: 8 (4967) 35-31-93; факс: 8 (4967) 35-44-20; e-mail: info@iifmail.ru.

Подписи Берковича С.Б. и Котова Н.И. заверяю.

Секретарь научно-технического совета
АНО «Институт инженерной физики»
кандидат технических наук

«19» января 2026 г.



М.П.

Мария Михайловна Авдеева