

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Безумнова Данила Николаевича «Разработка метода и алгоритмов комплексной обработки разнодиапазонной информации в системах технического зрения наземных робототехнических комплексов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертационного исследования.

В диссертационной работе автором решается проблема навигации автоматизированных беспилотных транспортных средств, которая позволяет обнаруживать объекты на пути следования. Своевременное обнаружение этих объектов позволяет оператору транспортного средства скорректировать маршрут его движения. Проблема своевременного обнаружения объектов связана с условиями эксплуатации, а именно с плохой видимостью: задымлении, пыли, осадках и перепадах освещенности. В этих случаях оператор может вовремя не заметить посторонний объект, что может привести к возникновению аварийной ситуации, в том числе к риску для жизни людей. Решению данной актуальной задачи посвящена диссертационная работа Безумнова Данила Николаевича.

Краткая характеристика работы.

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении представлена тема диссертации, обоснована актуальность, научная новизна, перечислены цели и задачи, определены объект и предмет исследования, теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор методов и алгоритмов комплексной обработки данных, полученных в оптическом диапазоне, радиодиапазонах и с применением акустических методов зондирования. Отмечается, что сигналы оптического диапазона (видеоизображения) позволяют с высокой вероятностью распознавать объекты, но они подвержены различного рода помехам, возникающим из-за дыма, осадков, изменений освещенности, что ведет к снижению вероятности распознавания объектов и росту ошибок при распознавании. Одним из перспективных способов преодоления этого

недостатка является использование радиосигналов, так как они менее чувствительны к вышеперечисленным помехам, позволяют определять расстояние до объектов и плотность материала по отраженному сигналу. Совместное использование информации от этих двух источников теоретически позволяет улучшить результаты распознавания. В качестве перспективных способов определения объектов с помощью радиосигналов указывается миллиметровый диапазон зондирования и использование радиолокационного подсвета. Среди методов обработки автор выделяет нейронные сети и карты Кохонена.

Во второй главе описывается:

- математическая модель представления изображений оптического диапазона для обнаружения объектов, которая обеспечивает снижение вычислительной сложности;
- математическая модель радиолокационного тракта для определения времени/расстояния до объекта-препятствия с помощью миллиметрового диапазона излучения.

Третья глава посвящена описанию метода и алгоритмов распознавания неподвижных объектов, основанного на одновременной обработке нескольких информационных каналов с помощью нейронной сверточной сети. Для комплексирования данных от этих информационных каналов предложено использовать схему Шортлиффа, которая объединяет вероятности распознавания объекта. Для распознавания движущихся объектов автором был разработан алгоритм, основанный на обработке сигналов радиолокационного подсвета LTE. Особенностью алгоритма является применение кластеризации данных на основе карт Кохонена, позволяющей определить несколько объектов, отличающихся траекторией движения.

Четвертая глава описывает результаты проверки алгоритмов при численном моделировании и при апробации в робототехническом комплексе, проведенном в рамках НИР «Эврика-2023-ЭАЦ».

Были получены следующие характеристики:

- вероятность распознавания объектов с помощью оптических и радиолокационных изображений при независимой обработке с помощью

нейронной сети и при совместной обработке с применением схемы Шортлиффа;

- вероятность распознавания объектов с учетом дополнительной информации, называемой в работе «плотностью препятствий»;

- вероятность обнаружения движущихся объектов с использованием радиолокационного подсвета по сигналам LTE.

В заключении приведены основные выводы и рекомендации, полученные в ходе исследования.

Научная новизна работы заключается в:

- применении схемы Шортлиффа, заимствованной из теории нечеткой логики, для объединения вероятностей обнаружения, вычисленных нейронными сетями по двум источникам информации (оптическим и радиолокационным сигналам);

- использование карт Кохонена для обработки сигналов радиолокационного подсвета для распознавания нескольких движущихся объектов, отличающихся траекторией движения.

Обоснованность научных положений и выводов. Предложенный в диссертационной работе оригинальный метод имеет теоретическое обоснование и не противоречит исследованиям других авторов. Работоспособность алгоритмов, разработанных на базе метода, подтверждается численным моделированием и опытными экспериментами с робототехническими комплексами в рамках НИР «Эврика-2023-ЭАЦ».

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается участием Безумнова Д.Н. во многих международных и всероссийских конференциях, а также публикациями, среди которых три статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии способов обработки данных, объединяющих механизмы нечеткой логики (схема Шортлиффа) и вероятностные характеристики, рассчитываемые с помощью нейронных сетей.

Практической значимостью обладают алгоритмы и программы численного моделирования для распознавания неподвижных и движущихся

объектов, предназначенные для корректировки навигации робототехнических комплексов на базе систем технического зрения.

Соответствие автореферату диссертации.

Автореферат соответствует тексту диссертации и отражает основные положения проведенных исследований.

Основные результаты работы.

В работе представлено решение актуальной задачи для снижения вероятности столкновения робототехнических комплексов с объектами-препятствиями в условиях плохой видимости (задымлении, тумане, дожде, граде, засвечивании камеры солнцем и т.д.). Задача решается путем комплексирования результатов распознавания по оптическим и радиолокационным изображениям. Практический эффект заключается в возможности идентификации объектов на расстоянии до 50 м с вероятностью обнаружения 0,98. Предложенный метод и алгоритмы могут быть использованы на предприятиях, занимающихся видеоаналитикой, беспилотными системами и нейронными сетями.

В качестве недостатков и замечаний к работе следует отнести:

1. Актуальность исследования сформулирована расплывчато: «применение систем технического зрения наземных робототехнических комплексов в реальных условиях эксплуатации ... предъявляется требования к повышению надежности и функциональности». Актуальность представленной работы заключается в том, что системы технического зрения, установленные на наземные робототехнические комплексы, в условиях плохой видимости (задымлении, пыли, тумане, солнечной засветки и т.д.) характеризуются недостаточной вероятностью обнаружения препятствий, необходимой для навигации комплекса, что может вести к возникновению аварийных ситуаций (в том числе с рисками для жизни людей). Данная проблема решается диссертантом в представленной научной работе.

2. На с. 48 в выводах значится, что одной из перспективных технологий является использование «сигналов подсвета» и в качестве примера приводится стандарт LTE, хотя в обзорной главе об этой технологии и о стандарте ничего не сказано. Единственное упоминание о содержится на с. 12 «активные РЛС см/мм-диапазонов, пассивные РЛС по внешним подсветам».

3. Вместо формулы (2.1) для расчета угла полярной системы координат предпочтительно использовать функцию $\text{atan2}(y, x)$ вместо функции арктангенса. Функция $\text{atan2}(y, x)$ имеет область значений $(-\pi; \pi)$ и определена при $x=0$ и $y \neq 0$ в отличие от функции арктангенса. Также согласно российским традициям функция арктангенса записывается как arctg , а не arctan .

4. На с. 51 вместе с предложением «По сравнению с дифференциальным ортофото, очертания объектов на радиальном ортофото не подвергаются геометрической деформации.» было бы уместно привести изображения ортофото, дифференциального и радиального ортофото, которые бы наглядно показали бы описываемые преимущества.

5. В работе не представлены обобщенные схемы разработанных алгоритмов, поэтому понимание их работы затруднено. В особенности это касается приведение количественных характеристик.

Например, «применения нейронных сетей глубинного обучения повышение вероятности правильного распознавания типовых объектов на 43% по сравнению с использованием только оптического канала и на 38% по сравнению с использованием только радиолокационного канала», и «алгоритм распознавания объектов с учетом оценки плотности препятствий по измерениям радиолокационного канала СТЗ наземного РТК, обеспечивающий повышение вероятности правильного принятия решений о типе объекта на ~16% по сравнению с использованием комплексированной оценки по измерениям оптического и радиолокационного каналов».

Также было бы предпочтительней приводить не только относительные показатели, но и абсолютные. Например, если «ранее разработанный алгоритм» обеспечивал вероятность обнаружения 20%, то повышение на 43% обеспечивает 63%, то это будет означать, что оба алгоритма непригодны для практического использования.

6. В заключении должны содержаться выводы по заявленным задачам, также могут быть представлены рекомендации и выявленные закономерности. Заключение не должно формироваться путем копирования выводов из глав диссертации. Также выводы в заключении не должны начинаться со слов «таким образом» (см. вывод №5), так как это означает, что он логически связан с ранее изложенной информацией. А связь с выводом №4 отсутствует.

7. В табл. 4.3 при указании точности не приведен доверительный интервал.

8. На с. 20 на рис. 1.2 используется цветовая градация «от зеленого к красному», но при этом не приведена шкала с указанием соответствия между цветовой градацией и числовым диапазоном.

9. В работе вводятся авторские термины и понятия, которые никак не расшифровываются. Например, на с. 5 в цели работы используется термин «фоно-целевая обстановка», на с. 6 используется термин «бортовой алгоритм» и т.д.

10. В работе имеются отдельные редакционные неточности:

- на с. 4 фраза «подавляющее большинство работ сосредоточено ...» означать, что существует работы с альтернативными способами обработки, о которых ничего не сказано;

- использование русскоязычного термина «лидар» на с. 12, 17, 18 и 19 для обозначения технологии LiDAR (сокр. от англ. «Light Detection and Ranging»);

- использование терминов субъективной, а не объективной оценки: на с. 32 «*почти идеальная* точность классификации», на с. 82 «*хорошо* себя зарекомендовавшая схема Шортлиффа» и т.д.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, но могут быть учтены автором при дальнейшем развитии исследований.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Безумнова Данила Николаевича «Разработка метода и алгоритмов комплексной обработки разнодиапазонной информации в системах технического зрения наземных робототехнических комплексов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача разработки метода и алгоритмов комплексной обработки оптической и радиолокационной информации для повышения эффективности распознавания объектов системами технического зрения наземных робототехнических комплексов.

Работа содержит новые научные результаты, имеет существенную теоретическую и практическую значимость, выполнена на современном научно-техническом уровне и соответствует паспорту специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, прошли апробацию на конференциях и подтверждены результатами моделирования и внедрения.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Безумнова Данила Николаевича соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Безумнов Данил Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент

доцент кафедры «Сети и системы связи» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кандидат технических наук, доцент



Диязитдинов Ринат Радмирович

« 4 » сентября 2026 г.

Подпись доцента, кандидата технических наук,
доцента кафедры «Сети и системы связи» Диязитдинова Р.Р. заверяю

Учёный секретарь Ученого совета
ФГОБУ ВО ПГУТИ



Наталья Александровна Стефанова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

443010, Самарская обл., г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23

Тел.: +7-927-708-47-39

e-mail: rinat.diyazitdinov@gmail.com