

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Шадрина Сергея Сергеевича,

доктора технических наук, доцента, профессор передовой инженерной школы электротранспорта Московского политехнического университета, на диссертационную работу Мкртчяна Грача Маратовича по теме «Разработка методов и средств нейросетевой обработки акустической информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8 – Информатика и информационные процессы (технические науки)

Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследования определяется растущими требованиями к повышению безопасности и эффективности управления дорожным движением в условиях непрерывного роста количества автотранспортных средств и усложнения городской инфраструктуры. Традиционные системы помощи водителю (ADAS), полагающиеся преимущественно на визуальные данные, испытывают ограничения в ситуации плохой видимости, неблагоприятных погодных условий или при наличии перекрытий объектов, препятствующих обзору. Применение нейросетевых алгоритмов обработки акустической информации способно компенсировать эти недостатки, дополняя существующие сенсорные подсистемы дополнительным источником данных о дорожной обстановке.

Рассматриваемая технология акустического анализа дает возможность распознавать характерные звуковые сигналы (сирены спецслужб, звуки торможений, ДТП и пр.), обеспечивая более полную картину восприятия происходящего в режиме реального времени. Применимость технологии возможна как на борту автотранспортных средств, так и в составе интеллектуальных датчиков дорожно-транспортной инфраструктуры.

Исследование, направленное на развитие технологий высокоавтоматизированных и беспилотных автомобилей **является актуальным** и соответствует приоритетным направлениям технологического развития Российской Федерации, определенным указом президента «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 07 мая 2024 года в части достижения технологического лидерства по направлениям развития искусственного интеллекта, транспортной мобильности и автономных транспортных средств, а также соответствует Плану фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021-2030 годы, утвержденному распоряжениям Правительства РФ от 31.12.2020 N 3684-р (в ред. от 22.07.2024).

Новизна исследования и полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в совокупности взаимосвязанных алгоритмических, программных, технических и организационных решений, позволяющих потенциально повысить безопасность дорожного движения за счет нейросетевой обработки

Вход. № 36/25
«05» 05 2025
подпись

акустических данных. В частности, автором получены следующие значимые, новые результаты:

1. Разработан метод сбора и аннотирования акустической информации о дорожной обстановке, отличающийся использованием предобученной модели для ускорения и упрощения разметки данных, а также снижения влияния человеческого фактора на итоговую достоверность набора данных.

2. Предложен алгоритм повышения устойчивости обучения нейронной сети, который сочетает робастные функции потерь и дистилляцию знаний, позволяя снизить влияние шумов и выбросов на качество классификации при добавлении до 15% искаженных семплов в обучающий набор.

3. Разработан алгоритм классификации дорожных акустических событий, отличающийся применением в модели слоев Колмогорова–Арнольда, что обеспечивает достижение точности не менее 95% в условиях городского шума и вариативности сигналов.

4. Создана архитектура программно-аппаратного комплекса, способная в режиме реального времени собирать, записывать и обрабатывать акустические сигналы на борту транспортного средства, потенциально интегрируясь в существующие системы помощи водителю (ADAS) и дополняя их дополнительным источником информации о дорожной обстановке.

Степень достоверности и обоснованности основных положений

Степень достоверности и обоснованности основных положений диссертационной работы обеспечивается следующим рядом факторов:

1. Математической основой исследования послужили проверенные методы теории обработки сигналов, машинного обучения, спектрального анализа и математической статистики, адаптированные к специфике задач классификации дорожных акустических событий. Применение устойчивых и апробированных алгоритмов (включая дистилляцию знаний, робастные функции потерь и т.д.) подтверждает корректность и воспроизводимость полученных результатов.

2. Проведен ряд широкомасштабных опытов на специализированном наборе аудиозаписей городской среды, созданном автором в реальных условиях дорожного движения. Достоверность полученных результатов подтверждается детально проработанной методикой сбора, ручной и автоматизированной разметки, а также строгими процедурами предобработки данных.

3. Проведено комплексное сравнение предлагаемых решений с существующими в открытых источниках алгоритмами. Результаты демонстрируют превосходство разработанных подходов по показателям точности распознавания, устойчивости к фоновым помехам и энергоэффективности вычислительных процедур.

Оценка содержания работы

Оценка содержания диссертации показывает, что работа строится на целостной концепции и продуманной методической базе, где последовательно

раскрываются ключевые аспекты решения задачи нейросетевой обработки акустической информации для систем повышения безопасности дорожного движения.

В первой главе сформулирован контекст проблемы и представлен анализ современных тенденций в области анализа звуковых данных. Автор демонстрирует, насколько актуально задействовать мультисенсорные и нейросетевые подходы (включая сверточные архитектуры, трансформеры и продвинутые методы оптимизации), чтобы повысить точность и надежность классификации сложных акустических сигналов. Важным моментом является детальный анализ ограничений существующих методов и ясное обоснование необходимости новых решений.

Во второй главе внимание уделено формированию уникального датасета, полученного путем целенаправленного сбора звуковых записей в реальной городской среде. Автор детально описывает процедуру подготовки данных, включая методы предобработки и верификации качества аудиоматериала. Особую ценность представляет разработанный инструмент аннотирования, позволяющий автоматизировать и ускорять процесс разметки данных за счет использования нейросетевых предсказаний. В результате обеспечена высокая точность аннотаций и единообразие структурирования полученного массива информации.

Третья глава посвящена проработке нейросетевых алгоритмов и адаптации их к представленным высоким требованиям устойчивости и точности. Автор раскрывает возможности дистилляции знаний, применения робастных функций потерь, а также работы сетей Колмогорова–Арнольда (КАН) при создании легких моделей с высокой точностью. В работе показано, что предложенные методики позволяют обеспечить стабильную работу классификаторов при существенных шумовых помехах и ограниченных вычислительных ресурсах.

В четвертой главе представлен комплексный подход к аппаратной реализации дорожной лаборатории. Описаны способ построения микрофонного массива, взаимодействие с внешними сенсорами и алгоритмы предварительной обработки сигналов (формирование диаграммы направленности). Подтверждается возможность непрерывной работы системы в реальном времени при минимальных задержках. Представленные результаты испытаний в условиях городской среды показывают высокую надежность всей системы.

Структура работы в целом логически выстроена и согласуется с поставленными задачами исследования. Представленные экспериментальные данные доказывают эффективность авторских подходов, а реализованный программно-аппаратный комплекс демонстрирует прикладную ценность исследования. Положения, вынесенные на защиту, последовательно обосновываются как теоретическими выкладками, так и экспериментальными результатами, демонстрируя перспективность предложенных решений для внедрения в современные системы повышения безопасности дорожного движения.

Полнота опубликования результатов

Основные результаты диссертации прошли всестороннюю апробацию на значимых российских и зарубежных научных мероприятиях и опубликованы в 3 ведущих специализированных рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, а также в 9 журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus.

Замечания по работе

Наряду с отмеченными достоинствами, по тексту диссертации и автореферата имеются следующие замечания:

1. В работе говорится в общем о возможности применения модуля акустического анализа в системах ADAS, но не конкретизируется в каких конкретно, включая схемы интеграции и обмена данными.

2. По непонятным причинам в работе опускается потенциал применения предлагаемого модуля цифровой обработки акустической информации на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры, что могло бы повысить практическую ценность исследования. Вместе с тем, в работе не упоминаются физические ограничения работы модуля цифровой обработки акустической информации на автомобильном транспорте (максимальная скорость движения, ограничения погодных условий и пр.).

3. В работе в явном виде не приведена методика выбора моделей микрофонов, их количества и мест размещения на реальном автомобиле, как и полученные точности локализации окружающих объектов на основе анализа аудиоданных при проведении натурных экспериментов (угловая ориентация, расстояния и пр.).

4. В работе имеются незначительные опечатки, ошибки в пунктуации и окончаниях слов (название главы 5, задача 6, описание объекта исследования, п.1 научной новизны и пр.). При оформлении графиков функций стоит подписывать названия осей с единицами измерений (рис. 1.2, рис. 2.6-2.10, рис. 3.10-3.14, рис. 4.9-4.11).

Отмеченные замечания никоим образом не умаляют вклад авторского исследования в науку и практику, не снижают его значимости и не ставят под сомнение целостность и оригинальность достигнутых результатов. Диссертация Мкртчяна Г. М. представляет собой законченное научное исследование, характеризующееся высоким уровнем методической и теоретической проработки.

Заключение

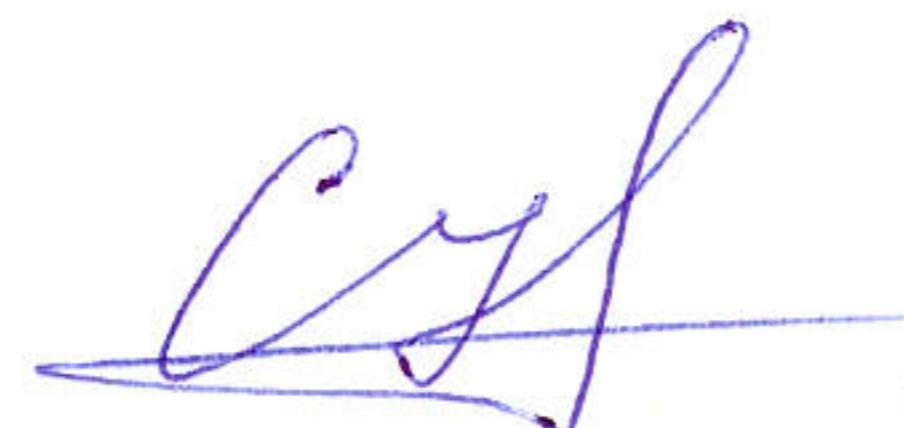
Представленная Мкртчяном Грачом Маратовичем диссертация на тему «Нейросетевые методы и средства обработки акустической информации для повышения безопасности дорожного движения», подготовленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы (технические науки)», является завершенным научным исследованием, в котором предложены и

обоснованы оригинальные решения в области нейросетевой обработки звуковых данных.

Автор продемонстрировал высокий уровень теоретических и экспериментальных проработок, разработанные им методы и средства потенциально повышают безопасность дорожного движения за счет более точного и оперативного распознавания дорожной сцены вокруг автомобиля, усиленного анализом акустической обстановки. Достоверность и актуальность полученных результатов подтверждаются наличием публикаций в ведущих научных журналах и докладов на значимых российских и международных конференциях, что свидетельствует о признании положений исследования научным сообществом.

Диссертационная работа Мкртчяна Г.М. соответствует разделу II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 16 октября 2024 г.) и паспорту научной специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы (технические науки)», а ее автор – Мкртчян Грач Маратович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы (технические науки)».

Официальный оппонент
д. т. н., доцент, профессор передовой
инженерной школы электротранспорта
Московского политехнического университета
Докторская диссертация по специальности:
05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

 С.С. Шадрин
05.05.2025

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский политехнический университет»
Адрес: 107023, город Москва, Большая Семеновская ул., д. 38
e-mail: s.s.shadrin@mospolytech.ru
Тел.: +7 (925) 507-81-91

Подпись официального оппонента Шадрина Сергея Сергеевича заверяю:

