

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»
(НГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



А.А. Куркин

ПРОРЕКТОР ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ

Минина ул., 24, г. Нижний Новгород, 603950

Тел. / факс (831) 436-23-37

E-mail: aakurkin@nnntu.ru www.nntu.ru

ОКПО 02068137 ОГРН 1025203034537
ИНН / КПП 5260001439 / 526001001

02.09.2022 № 03-04/150

На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ) на диссертационную работу Васина Павла Александровича «Совершенствование алгоритмов автоматического управления движением автомобиля посредством нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины»

На отзыв представлены диссертация и автореферат. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и трех приложений. Работа представлена на 183 стр. машинописного текста. Автореферат диссертации изложен на 24 стр., включая список основных публикаций по теме исследования.

1. Актуальность темы

Одним из направлений развития современного автомобилестроения является создание и внедрение интеллектуальных систем помощи водителю, в том числе систем беспилотного управления движением транспортного средства. Разработка таких систем требует глубоких знаний теории движения автомобиля, теории автоматических систем управления, а также высоких компетенций в программировании аппаратных средств, обеспечивающих необходимое техническое зрение и своевременное воздействие на системы активной безопасности. При этом, принципиально важным является наличие научно-обоснованных методик и эффективных алгоритмов, позволяющих автомобильным инженерам создавать наиболее рациональные решения в части автоматических систем управления движением (далее АСУД) исходя из операционно-функционального назначения транспортных средств. Таким образом, задача совершенствования алгоритмов автоматического управления движением автомобиля является своевременной и актуальной. Именно этому вопросу посвящена диссертационная работа Васина П.А., в которой главное внимание уделяется исследованию эффективности систем управления движением за счет применения в алгоритмах новых нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки.

2. Научная новизна диссертационного исследования

Новизна выполненных автором исследований определяется следующими наиболее значимыми достижениями:

- разработан и исследован новый нейросетевой алгоритм автоматического управления движением автомобиля, в котором построение траектории движения осуществляется с использованием карты занятого пространства с учетом динамических свойств автомобиля;
- разработан и исследован новый нейросетевой алгоритм анализа дорожной обстановки, позволяющий идентифицировать участников дорожного движения и определять их параметры (тип, габаритные размеры, пространственное расположение), а также предложена оригинальная функция обучения алгоритма, позволяющая обеспечить его многозадачность;
- предложена новая функция обучения нейросетевого алгоритма анализа дорожной обстановки, позволяющего определять области пространства, доступные для безопасного движения автомобиля; использование функции позволяет снизить количество ложноположительных или ложноотрицательных срабатываний алгоритма.

3. Достоверность и обоснованность результатов и выводов

Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждаются следующим:

- теоретические исследования, представленные в работе, построены на известных положениях теории системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС), теории автомобиля, теории сверточных нейронных сетей и глубокого обучения, теории автоматического управления, математического моделирования, теории оптимизации и вычислительной математики;
- достоверность математического моделирования движения автомобиля подтверждается удовлетворительной сходимостью расчетных значений с данными экспериментальных исследований, выполненных с использованием автомобиля «Лада Веста» и реализованных в нем алгоритмов автоматического управления движением.

Результаты диссертационной работы обобщены и представлены в разделе «Основные результаты и выводы по работе». Все выводы обоснованы, базируются на корректно сформулированных исходных положениях и аргументированном анализе полученных результатов, а также подтверждены представленными в диссертации теоретическими разработками и натурными экспериментами, поэтому их достоверность и обоснованность сомнений не вызывают.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии алгоритмов АСУД автомобиля, повышающих эффективность и безопасность интеллектуальных систем автоматического управления движением.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработанном программном обеспечении, реализующем:

- автоматическое управление траекторией движения автомобиля с учетом окружающей дорожной обстановки и использованием критериев активной безопасности;
- функцию идентификации участников дорожного движения и их параметров (типа, размеров, пространственного расположения), окружающих автомобиль под управлением АСУД, посредством анализа изображений, получаемых от камер технического зрения;

- функцию распознавания пространства, доступного для безопасного движения автомобиля, посредством анализа изображений, получаемых от камер технического зрения.

Основным эффектом предложенных автором работы решений является уменьшение вычислительной нагрузки на контроллер системы технического зрения, что позволяет оптимизировать его ресурсы и повысить функциональность.

5. Оценка содержания диссертации

В введении диссертации представлено обоснование актуальности выбранной темы; сформулированы цель работы и задачи исследования; показаны научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе приведены основные положения теории системы ВАДС, используемой автором в качестве базы для исследования и разработки АСУД. Дано подробное описание систем восприятия окружающего пространства в АСУД. Выполнен предметный анализ существующих алгоритмов планирования траектории движения автомобиля, представлена концепция усовершенствованной АСУД на основе нейросетевых алгоритмов.

В второй главе представлено описание математических моделей автомобиля и водителя. Рассмотрены расчетная схема и уравнения модели динамики автомобиля, модель водителя на основе траекторного регулятора. Дано описание экспериментальных исследований и полученных результатов, которые позволили автору валидировать разработанные математические модели и выполнить исследование их адекватности.

В третьей главе представлено описание алгоритма технического зрения для идентификации участников дорожного движения и определения их параметров. Автор приводит описание архитектуры нейронной сети, выполняет расчет количества якорных рамок, определяет функцию обучения нейронной сети, приводит обучающую выборку и параметры оценки качества обучения нейронной сети. Приводится описание результатов исследования алгоритма идентификации участников дорожного движения и их параметров.

В четвертой главе представлено описание алгоритма технического зрения для обнаружения проходимого пространства. Автор приводит описание архитектуры сети для идентификации проходимого пространства, математической модели камеры-обскуры, функций обучения нейронной сети, приводит обучающую выборку и параметры обучения нейронной сети, а также метрики оценки качества работы алгоритма. Приводится описание результатов исследования алгоритма идентификации проходимого пространства.

В пятой главе представлено описание алгоритма планирования траектории движения автомобиля с учетом дорожной обстановки. Приводится описание архитектуры нейронной сети, сетки занятого пространства, представления траектории движения автомобиля, функций обучения нейронной сети. Рассматриваются компоненты целевой функции по отсутствию столкновений с внешними объектами, по удалению от точки назначения, по динамическим параметрам автомобиля. Приводится описание результатов исследования алгоритма планирования траектории движения транспортного средства.

В заключительном разделе сформулированы основные выводы и результаты, полученные в ходе исследования.

В конце работы представлен *список литературы*, состоящий из 150 источников. Дополнительно представлены *приложения* с описанием программной реализации предложенных алгоритмов, а также акты внедрения результатов исследования в практике ФГУП «НАМИ» и в учебном процессе Московского Политеха.

6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации и совместно с опубликованными работами в полной мере отражает ее содержание.

7. Замечания по диссертации и автореферату

1. В первой главе диссертации автор приводит весьма глубокий анализ существующих систем компьютерного зрения и алгоритмов планирования траектории движения автомобиля. Однако, все источники, на которые ссылается автор, являются публикациями зарубежных авторов. С одной стороны, это показывает большой объем работы, выполненный автором при подготовке диссертации, связанный с анализом зарубежных работ (хорошо известно, что иностранные автомобильные инженеры внесли существенный вклад в развитие тематик, связанных с АСУД). Тем не менее, за последние несколько лет подобные работы проводятся и в России. Таким образом, было бы правильным вместе с зарубежными источниками привести несколько наиболее ярких работ отечественных исследователей.
2. Во второй главе в разделе 2.4 «Исследование адекватности моделей» представлены результаты натурных испытаний автомобиля «Лада Веста», из которых следует, что маневры выполнялись со средней скоростью 20 км/ч (стр. 65 диссертации). Представлено хорошее соответствие результатов, получаемых на математической модели с данными испытаний. Таким образом видно, что на относительно небольших скоростях модели, предложенные автором, адекватны, но совершенно непонятно, насколько адекватным будет поведение модели на более высоких скоростях движения, актуальных, к примеру, для городских условий (40...60 км/ч). Было бы интересным увидеть сравнение расчетов и экспериментов на других скоростях, чтобы понять границы применимости модели, используемой автором в своей работе.
3. В главе 3 в разделе 3.5 «Исследование алгоритма идентификации участников дорожного движения и их параметров» на рисунке 3.14 (стр. 97) наглядным образом представлено сравнение параметра tAP алгоритма, предложенного автором диссертации, с известными алгоритмами-детекторами в задаче обнаружения объектов и определения их классов. Сделан вывод о том, что качество нового алгоритма «находится на уровне известных современных алгоритмов-детекторов». К сожалению, из текста диссертации не очень понятно для каких погодных условий справедливо данное утверждение, для какого времени суток? Очевидно, что осадки, освещенность и прочие факторы способны повлиять на эффективность обнаружения объектов. Таким образом, в тексте не хватает комментариев автора по этому поводу или ссылок на источники, прочитав которые можно было бы получить ответы на поставленные вопросы.
4. В главе 4 представлено описание алгоритма технического зрения для обнаружения проходимого пространства, но при этом не очень понятна степень его оригинальности. Является ли данный алгоритм авторской разработкой или же это типовой алгоритм большинства интеллектуальных систем, в котором автор диссертации внес свои уточнения и дополнения? В тексте четвертой главы автор делает ссылки как на свои работы, так и на работы зарубежных исследователей, поэтому не очень понятно, в каком объеме выполнено заимствование, а где использованы оригинальные (авторские) идеи и решения?

5. В пятой главе в разделе 5.4.1 «Компонент целевой функции по отсутствию столкновений с внешними объектами» на рисунке 5.6 (стр. 127) допущены некоторые неточности. Символами L и W обозначены длина и ширина автомобиля, однако размеры L/2 и W/2, отмеченные на рисунке, указывают длину и ширину большую, чем половина длины и ширины автомобиля.
6. В пятой главе в разделе 5.6 «Исследование алгоритма планирования траектории движения автомобиля» на рисунке 5.9 (стр. 133) показан результат построения траектории движения автомобиля в определенной дорожной обстановке на скорости 20 км/ч. В тексте диссертации сказано, что «...в случае, показанном на рисунке 5.9, алгоритм прекратил движение автомобиля перед препятствием, не позволяющим достичь точки назначения». К сожалению, из текста диссертации не очень понятен смысл фразы «прекратил движение» (предполагается ли в алгоритме автора действие, позволяющее сначала снизить скорость движения, а затем полностью остановить автомобиль?). Таким образом, не до конца понятно, каким образом работает алгоритм в случаях, когда заданная дорожная обстановка не позволяет автомобилю достичь «требуемой конечной точки маневра».

Следует отметить, что выявленные недостатки не затрагивают научных основ диссертационной работы. Исследования выполнены на высоком научно-техническом уровне, по научной новизне и практической значимости отвечают требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

8. Соответствие научной специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» в части содержания п. 2 «Математическое моделирование и исследование кинематики, статики и динамики, а также физико-химических процессов в транспортных средствах, их узлах и механизмах» и п. 4 «Повышение качества, экономичности, долговечности и надежности, безопасности конструкции, экологических характеристик и других потребительских и эксплуатационных параметров транспортных средств».

9. Рекомендации по использованию результатов и выводов по работе

Результаты диссертационного исследования имеют теоретический характер и могут быть использованы учеными для развития теории систем автоматического управления движением транспортных средств посредством алгоритмов, использующих нейросетевые решения и анализ дорожной обстановки.

Вместе с этим, результаты и выводы диссертации могут быть рекомендованы к использованию автомобильными инженерами, работающими в организациях автомобилестроительной отрасли, занимающимися проектированием и испытаниями автомобилей с интеллектуальными системами автоматического управления движением.

10. Подтверждение публикации основных результатов работы в научных печатных изданиях

По теме диссертационной работы опубликовано 4 печатных работы, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикаций материалов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата технических наук и индексируемых в международных базах (Scopus, Web of Science). В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и

прикладные разработки, заключения и выводы. В данных работах в полной мере изложены основные результаты диссертации.

11. Заключение

Диссертационная работа является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, связанной с совершенствованием алгоритмов автоматического управления движением автомобиля посредством нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки. Диссертационное исследование имеет значение для развития автомобильной отрасли страны. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Автореферат диссертации соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России и в основном соответствует содержанию работы.

Выполненное исследование отвечает паспорту научной специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» и соответствует критериям оценки кандидатских диссертационных работ, изложенным в пп. 9...11, 13, 14 Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертации «Совершенствование алгоритмов автоматического управления движением автомобиля посредством нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки» Васин Павел Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».

Настоящий отзыв рассмотрен и единогласно одобрен на заседании кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (протокол №13 от 30.08.2022 г.).

Отзыв ведущей организации утвержден на заседании Научно-технического совета НГТУ (протокол №12 от 31.08.2022 г.).

Профессор кафедры «Автомобили и тракторы»
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
доктор технических наук,
профессор, ученый секретарь диссертационного совета Д 212.165.04

Орлов Лев Николаевич

Почтовый адрес:

603950, ГСП-41, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, НГТУ
телефон: 8 (831) 436-73-63; факс: 8 (831) 436-23-56; e-mail: lev.n.orlov@mail.ru
докторская диссертация по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».

Заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы»
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
кандидат технических наук,
доцент

Тумасов Антон Владимирович

Почтовый адрес:

603950, ГСП-41, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, НГТУ
телефон: 8 (831) 436-73-63; факс: 8 (831) 436-23-56; e-mail: anton.tumasov@nntu.ru
кандидатская диссертация по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».