

ОТЗЫВ официального оппонента

кандидата технических наук Малиновского М.П. на диссертационную работу Васина Павла Александровича «Совершенствование алгоритмов автоматического управления движением автомобиля посредством нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

1. Актуальность темы

Внедрение систем управления автотранспортными средствами с высоким уровнем автоматизации во всём мире считается основной мерой по снижению аварийности, травматизма и смертности на дорогах. Прорыв в развитии микропроцессорных технологий в 70-х гг. ХХ века позволил осуществить массовое внедрение различных систем активной безопасности (САБ), начиная от антиблокировочной системы (АБС), противобуксовочной системы (ПБС), электронного контроля устойчивости (ЭКУ), адаптивного круиз-контроля (АКК), систем предотвращения столкновений (СПС) и т.д. Следующий технологический виток к началу второго десятилетия ХХI века ознаменовало широкое применение GPS-навигации, интеллектуальных транспортных систем (ИТС), нейронных сетей, систем технического зрения, что позволило поднять вопрос о внедрении на автотранспорте систем автономного управления (САУ). В последние годы ажиотаж, наблюдавшийся в середине второго десятилетия ХХI века, несколько утих, так как ни общество, ни сами технологии оказались не готовы к быстрой смене парадигмы управления автомобильным транспортом. Несколько фатальных дорожно-транспортных происшествий с использованием автопилотов показали, что на обучение САУ требуется огромный массив испытаний в различных условиях. Поэтому любые исследовательские работы в данной области можно считать актуальными.

Целью рассмотренной диссертационной работы является повышение безопасности и улучшение характеристик движения автомобиля под управлением автоматических систем управления движением (АСУД). Кроме того, совершенствование систем технического зрения является одной из важнейших задач в сфере роботизированной техники, в том числе стратегического назначения. Таким образом, автор диссертации решает актуальную задачу, имеющую особое значение для повышения безопасности дорожного движения и оборонного потенциала страны, что соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней.

2. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы, включающего 150 источников, и 4 приложений, содержащих программную реализацию разработанных алгоритмов. Работа содержит 183 листа машинописного текста, 73 рисунка, 15 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, поставлены цель и задачи исследования, приведены сведения об апробации, структуре и объеме работы, а также перечислены наиболее существенные результаты исследования, которые составляют его новизну и выносятся на защиту.

В первой главе проанализированы исследования в области системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС), известные алгоритмы обнаружения объектов с помощью систем технического зрения и алгоритмы планирования траектории движения автомобиля в АСУД. В конце главы сформулированы концепция усовершенствованной АСУД на основе нейронной сети, а также цель и задачи, решению которых посвящены остальные главы диссертации.

Во второй главе приведены разработанные автором математические модели автомобиля и водителя, которые используются для обучения нейросетевого алгоритма планирования траектории, выполнена оценка адекватности и точности моделей.

Третья и четвёртая главы посвящены описанию и исследованию разработанных алгоритмов технического зрения для идентификации участников дорожного движения и для обнаружения проходимого пространства. Представлены архитектура нейронной сети, функция обучения, обучающая выборка и результаты оценки качества обучения.

Пятая глава посвящена описанию и исследованию разработанного алгоритма планирования траектории автомобиля с учётом дорожной обстановки. Приведены архитектура нейронной сети, схема траектории, а также функция обучения нейронной сети, включающая компоненты по отсутствию столкновений с внешними объектами, по удалению от точки назначению и по динамическим параметрам автомобиля. Представлены результаты сравнения разработанного нейросетевого алгоритма с известными алгоритмами-аналогами.

Диссертация завершается изложением основных результатов и выводов, которые содержат 5 пунктов и полностью соответствуют её содержанию.

Автореферат диссертации содержит 24 страницы, 12 рисунков и в полном объёме отражает её основные положения. Выводы в диссертации и автореферате идентичны. По объему и содержанию автореферат соответствует требованиям пункта 25 Положения о присуждении ученых степеней.

3. Научная новизна и практическая значимость работы

Основная научная новизна заключается в разработке нейросетевого алгоритма автоматического управления движением автомобиля, в котором построение траектории осуществляется с использованием карты занятого пространства с учетом динамических свойств автомобиля, ограничений на параметры его движения и критериев качества движения, а также нейросетевых алгоритмов анализа дорожной обстановки, позволяющих идентифицировать участников дорожного движения, определять их параметры, представляющие важность при решении задачи безопасного автоматического управления, и определять области пространства, доступные для безопасного движения автомобиля.

Практическая значимость работы заключается в разработке программного обеспечения, реализующего автоматическое управление траекторией движения автомобиля с учетом окружающей дорожной обстановки и использованием критериев активной безопасности, функцию идентификации параметров окружающих автомобиль участников дорожного движения (их типа, размеров, пространственного расположения), и функцию распознавания пространства, доступного для безопасного движения автомобиля, посредством анализа изображений, получаемых от камер технического зрения.

Стоит отметить следующие результаты работы, представляющие особый научный интерес и практическую значимость:

1. Глубокий анализ алгоритмов анализа изображений и видеоданных, алгоритмов обнаружения объектов и определения расстояния до них, архитектур нейронных сетей, предназначенных для семантической сегментации изображений окружающего пространства и алгоритмов планирования траектории движения автомобиля в АСУД.

2. Оригинальная функция нейросетевого алгоритма для идентификации участников дорожного движения и определения их параметров, позволяющая обеспечить его многозадачность без усложнения архитектуры нейронной сети за счёт представительной ёмкости.

3. Функция обучения нейросетевого алгоритма для определения проходимого пространства, которая в зависимости от требований, предъявляемых к безопасности движения, позволяет с помощью системы штрафов снизить число ложноположительных и ложноотрицательных срабатываний.

4. Оригинальная целевая функция алгоритма планирования траектории автомобиля, состоящая из компонентов-штрафов по отсутствию столкновений с внешними объектами (в том числе при встречном сближении, что представляет особую сложность для радарной технологии), по достижению конечной точки маршрута, по ограничению бокового ускорения автомобиля и скорости поворота рулевого колеса, которые позволяют регулировать выдаваемые обученной сетью параметры траектории, а также динамические и управляющие параметры автомобиля при его движении по этой траектории.

5. Компоненты программного обеспечения трёх нейросетевых алгоритмов могут быть скомбинированы в единый программный комплекс АСУД различного уровня от САБ до полноценной САУ. Применение такого комплекса как многозадачного алгоритма управления позволит снизить сложность программной части системы технического зрения без потери качества идентификации, уменьшить вычислительную нагрузку на контроллер и оптимизировать его ресурсы, повысить функциональность и эффективность.

Апробация диссертации проводилась на международных научных конференциях МАНФ (2019, 2020), ECAI (2020) и ААИ (2022). Список работ автора по теме диссертационного исследования содержит 4 научных труда (за период 2019–2021 гг.), из них 3 опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук (перечень ВАК, базы Scopus и Web of Science).

Результаты диссертации используются в центре «Интеллектуальные системы» ФГУП «НАМИ» при исследованиях и разработке АСУД автомобилей, а также в научном и учебном процессах на кафедре «Наземные транспортные средства» Московского политехнического университета, что подтверждено актами внедрения.

4. Обоснованность и достоверность выводов

Достоверность исследований обеспечена грамотным подходом к выбору исходных положений и их соответствием фундаментальным научным основам теории движения автомобиля. Результаты диссертационной работы, которые отражены в выводах, подтверждены виртуально-физическими и экспериментальными исследованиями. Графики параметров движения, полученные при виртуально-физическом моделировании, по характеру совпадают с экспериментальными зависимостями, полученными в ходе дорожных испытаний автомобиля «Лада Веста», что говорит об адекватности и корректности разработанных алгоритмов и математических моделей. По итогам экспериментальной проверки среднеквадратическая ошибка математической модели движения автомобиля составила приемлемые 4% по скорости рыскания и 19,5% по боковому ускорению. Достоверность результатов исследования разработанных алгоритмов технического зрения подтверждается научной обоснованностью использованных методов, а также вычислением оценочных метрик, произведенном в соответствии с принятой процедурой экспериментального исследования алгоритмов технического зрения, и сопоставлением полученных метрик с показателями известных алгоритмов-аналогов. Ошибка идентификации положения объекта в реальном пространстве составила 9% по расстоянию до объекта и 6% по углу ориентации объекта, что лучше, чем у известных аналогов.

5. Замечания по диссертации

1. При планировании траекторий разработанным алгоритмом скорость автомобиля принимается постоянной, что обусловлено представленной в диссертации постановкой задачи, а предел сцепления шин с дорогой определяется по боковому ускорению. Эффективность алгоритма можно повысить (сократить время манёвра), если скорость будет меняться в зависимости от кривизны траектории с учетом зависимости максимального угла поворота рулевого колеса от предела бокового сцепления шин для данной скорости.

2. Значения момента инерции автомобиля «Лада Веста» относительно вертикальной оси и коэффициенты сопротивления уводу его шин, приведённые в таблице 2.1, представлены производителем, однако не указано конкретно, по какой методике (расчётной или экспериментальной) они были получены. Данные параметры являются наиболее сложными для определения при подстановке в виртуально-физические модели, поэтому их значения представляют непреходящий практический интерес.

3. При построении сетки занятого пространства используется двухмерная карта, то есть считается, что транспортное средство движется по плоской или условно-плоской поверхности. Возникает вопрос надёжности алгоритмов технического зрения и планирования траектории на перегибах (ложбинах и вершинах) макропрофиля дороги.

Нельзя не отметить практически полное отсутствие грамматических, пунктуационных и стилистических ошибок в рукописи, что говорит о грамотности диссертанта.

6. Заключение

Перечисленные замечания не носят принципиальный характер. Диссертация Васина П.А., представленная к соисканию ученой степени кандидата технических наук, в полной мере соответствует научной специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача повышения безопасности дорожного движения путём разработки алгоритмов для автоматической системы управления автомобилем.

Стиль изложения и качество оформления материала соответствует установленным требованиям. Личный вклад автора подкрепляется перечнем его научных трудов по теме диссертации и не вызывает никаких сомнений.

В целом представленная диссертационная работа отвечает критериям оценки по пунктам 9–10 Положения о присуждении ученых степеней и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Её автор, Васин Павел Александрович, владеет современными методами исследования, способен решать прикладные практические задачи и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент кафедры

«Тягачи и амфибийные машины»

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный

государственный технический университет (МАДИ)»

Малиновский М.П.

Подпись к.т.н. Малиновского М.П. удостоверяю:

Учёный секретарь учёного совета МАДИ, к.т.н., доцент

Зайцев С.В.



Справочные данные:

Малиновский Михаил Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Тягачи и амфибийные машины» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины защищена 28.12.2009 г. в МАДИ (г. Москва). Адрес организации: 125319, Москва, Ленинградский просп., д. 64. Телефон: 8(903)753-78-09, e-mail: ntbmadi@gmail.com.