

Отзыв научного руководителя  
о работе Васина Павла Александровича над диссертацией, представленной к  
защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины»

Диссертация Васина П.А. «Совершенствование алгоритмов автоматического управления движением автомобиля посредством нейросетевых решений и анализа дорожной обстановки» посвящена перспективной тематике автоматизации движения автомобильного транспорта. Первые автомобили с автоматическими системами управления движением (АСУД) уже передвигаются по дорогам общего пользования, будучи в эксплуатации или в режиме испытаний, а объем исследований и разработок в этой области интенсивно растет.

Диссертационная работа затрагивает два аспекта АСУД: алгоритмы планирования траектории движения автомобиля с учетом дорожной обстановки и анализ дорожной обстановки средствами компьютерного зрения. Выполнен анализ исследований в обоих этих аспектах и выявлены недостатки известных алгоритмических решений, основными из которых являются отсутствие учета динамических свойств автомобиля в алгоритмах планирования траектории и проблемы ошибок и неточностей анализа дорожной обстановки в алгоритмах компьютерного зрения.

Для обеспечения АСУД усовершенствованными средствами анализа дорожной обстановки автором диссертации предложены и исследованы нейросетевые алгоритмы компьютерного зрения, устраниющие отмеченные недостатки известных решений. В частности, разработан алгоритм, осуществляющий идентификацию участников дорожного движения на изображениях, получаемых при помощи камер, и оценивающий параметры этих объектов – габаритные размеры и пространственную ориентацию. Такая многозадачность отличает предложенный алгоритм от известных узкоспециализированных методов, которые для решения перечисленных задач объединяются в программные комплексы, предъявляющие высокие требования к вычислительным ресурсам. Многозадачность нового алгоритма достигается за счет использования т.н. репрезентативной емкости нейронной сети и оригинальной функции обучения, которая включает как критерии обнаружения и классификации объектов, так и критерии точности оценки их параметров. Исследование качества работы предложенного алгоритма показало, что он обеспечивает точность идентификации объектов и их типов на уровне лучших известных алгоритмов-детекторов. Также было установлено, что алгоритм обеспечивает улучшение точности оценки параметров объектов по сравнению с известными специализированными алгоритмами.

Второй алгоритм компьютерного зрения, предложенный в работе, выполняет идентификацию проезжего пространства, анализируя изображения дорожной обстановки. Новизной алгоритма является усовершенствованная функция обучения, которая отличается от известных решений учетом неравнозначности ошибок первого и второго рода. Это позволяет предотвращать ошибочное распознавание недоступных для движения областей и таким образом снижать риск возникновения аварийных ситуаций. Исследование алгоритма показало существенное снижение количества ложноположительных оценок по сравнению с алгоритмом, обученным с помощью традиционной целевой функции.

Разработанный аспирантом алгоритм планирования траектории также основан на нейронных сетях. В своей работе он использует информацию о дорожном окружении, получаемую от упомянутых алгоритмов компьютерного зрения. Новизну алгоритма составляет как архитектура, обеспечивающая возможность работы в условиях динамического дорожного окружения, так и оригинальная функция обучения, включающая критерии отсутствия соприкосновения автомобиля с окружающими объектами, учет его динамических свойств и ограничений на параметры движения и управления, а также критерий достижения пункта назначения. Для учета динамических свойств и ограничений автомобиля при обучении алгоритма используется математическая модель, которая была разработана, параметризована и проверена на адекватность. Отсутствие соприкосновения с окружающими объектами обеспечивается с помощью полей штрафов и предложенного в диссертации способа использования контрольных точек, расположенных как снаружи, так и внутри автомобиля. Проведенное исследование показало, что в сравнении с наиболее распространенными планировщиками траекторий предложенный алгоритм обеспечивает существенно меньшие амплитуды параметров движения и управления автомобиля, а также отсутствие их резких изменений, что улучшает управление с точки зрения физической реализуемости, адекватности поведения автомобиля на дороге, безопасности и комфорта пассажиров.

Репрезентативность проведенных в диссертации исследований обеспечена тем, что разработанные алгоритмы были обучены и протестированы на наборах изображений и карт реальных дорожных ситуаций общим числом более 150 тысяч. Адекватность модели динамики автомобиля подтверждена путем сопоставления результатов вычислительных экспериментов с данными дорожных испытаний автомобиля, который был оснащен системой контрольных измерений.

По итогам работы над диссертацией следует отметить свойственный аспиранту творческий подход, результатом которого стали оригинальные

архитектуры и функции обучения нейросетевых алгоритмов, составляющие научную новизну работы.

П.А. Васин закончил кафедру «Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин» НИУ МЭИ в 2018 году, защитив магистерскую диссертацию по тематике «Разработка подсистемы стереоэзрения для комплексной системы технического зрения мобильного робота». Во время учебы в университете начал профессиональную деятельность по направлению беспилотного автотранспорта в ИЦ «КАМАЗ-Сколково». С 2018 года работает и учится в аспирантуре во ФГУП «НАМИ». За время работы принял активное участие в двух научно-исследовательских проектах, в которых нашли применение результаты исследований и разработок, выполненных при подготовке диссертации.

В процессе работы над диссертацией опубликовано 4 статьи, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК (в т. ч. входящих в базы Scopus и WoS). Аспирант выступил с докладами на 4 научно-технических конференциях, в том числе на международной конференции научно-инженерного сообщества IEEE.

Считаю, что представленная диссертация является законченной работой, которая имеет научную и практическую ценность и соответствует Положениям ВАК, а ее автор, Васин Павел Александрович, достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».

27 мая 2022 г.

Научный руководитель,  
кандидат технических наук,  
заведующий сектором  
центра «Энергоустановки»  
ФГУП «НАМИ»

И.А. Куликов

Подпись научного руководителя,  
Куликова Ильи Александровича, удостоверяю.

Ученый секретарь  
Научно-технического совета ФГУП «НАМИ»,  
кандидат технических наук  
Р.Г. Мухаметзянов

