

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Луцива Вадима Ростиславовича на диссертацию Зубова Ильи Геннадьевича «Обработка и анализ видеоданных в системе управления беспилотного автомобиля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Актуальность работы

Применение систем автономного вождения позволяет повысить безопасность дорожного движения за счет снижения роли человеческого фактора. Системы технического зрения являются важным элементом в контуре управления автономным транспортным средством. Главной задачей таких систем является анализ окружающего пространства в целях оценивания возможного взаимодействия участников дорожного движения.

Развитие вычислительной и телевизионной техники в совокупности с последними исследованиями в области глубокого обучения позволяет производить оценку траекторий движения транспортных средств на основе анализа видеопотока. Сложность траекторных измерений с использованием монокулярной камеры состоит в том, что в отличие от активных датчиков ее видеопоток не предоставляет в явном виде информацию о пространственной ориентации объектов.

Основное содержание диссертационной работы посвящено решению проблем анализа пространственной ориентации объектов на основе видеопотока монокулярной камеры. Таким образом, безусловно, тема выполненного в диссертации исследования **актуальна**. Ее развитие Ильей Геннадьевичем Зубовым имеет важное практическое значение.

На основе анализа состояния и тенденций развития современных методов анализа и обработки видеоданных в ТВ системах беспилотного транспорта автор корректно определил направления исследований и задачи, решение которых позволяет получить информацию необходимую для

анализа пространственной ориентации наблюдаемого транспортного средства.

Научная новизна полученных результатов

К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы следует отнести:

1. Разработанный многоэтапный (каскадный) метод анализа видеоданных, включающий локализацию объекта интереса, выделение его ключевых точек, сегментацию его изображения и определение его пространственной ориентации.

2. Разработанный метод сегментации изображения локализованного объекта интереса на основе преобразования его в полярную систему координат и поиска кратчайшего пути на взвешенном графе.

3. Разработанный метод локализации ключевых точек на изображении объекта интереса на основе анализа состояния внутренних слоев сверточной нейронной сети.

4. Разработанный метод определения пространственной ориентации транспортного средства, на основе дескриптора его формы, использующего локализацию ключевых точек на его изображении.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается: корректным применением использованного математического аппарата и компьютерного моделирования; проверкой разработанных методов на представительных общедоступных наборах данных; апробацией достигнутых результатов на научных конференциях; актами внедрения разработанных методов.

Практическая значимость результатов диссертационной работы

1. Разработанный каскадный метод анализа изображений повышает эффективность использования телевизионной системы компьютерного зрения беспилотного автомобиля, позволяя оценивать пространственную

ориентацию участников дорожного движения без использования более дорогих активных датчиков, таких как лидары и радары.

2. Применение разработанного метода сегментации изображений позволило увеличить ее эффективность в сложных условиях наблюдения. Это может сделать разработанный метод сегментации полезным и для решения других важных задач компьютерного зрения.

3. Применение разработанного метода выделения ключевых точек объекта интереса позволило повысить информативность результатов его локализации и стало основой эффективного сопоставления реальных и синтезированных изображений.

4. Применение разработанного метода определения пространственной ориентации транспортного средства позволило повысить долю корректно выполненных решений на 5% по сравнению с лучшими аналогами.

Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из них 4 статьи в журналах из перечня ВАК РФ, 5 работ в трудах научно-технических конференций, в том числе международных. Результаты исследований соискателя также были использованы в работах, выполняемых в ООО «ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «КАМАЗ» и ООО «НЕКСТ», что подтверждено актами о внедрении.

Отмеченные в работе недостатки

- 1) Тема диссертационной работы сформулирована слишком широко, если принять во внимание более узкие рамки решаемой автором задачи определения пространственной ориентации наблюдаемого транспортного средства.
- 2) Значительную часть текста диссертационной работы (около 30% от общего его объема) составляет перечисление решений-прототипов, причем для некоторых из них (например, в разделах 3.5 и 3.6) не приводится заключение об их применимости для достижения поставленных в работе целей.
- 3) Во введении вывод о том, что необходимо разработать каскадный подход, преждевременен и недостаточно хорошо обусловлен приведенными до

этого рассуждениями. Это же относится и к четвертой и пятой задачам, сформулированным во введении.

- 4) На стр. 102 для сопоставления описания анализируемого объекта с эталонными описаниями, соответствующими разным ракурсам наблюдения, автором используются коэффициенты их корреляции. В то же время, в качестве решений-аналогов на стр. 106 и 107 анализируются методы сопоставления, основанные на вычислении функции корреляции. Такое несоответствие требует дополнительных объяснений.
- 5) Автором найдено эффективное решение для выполнения этапа сегментации изображения объекта, однако выбор этого решения, использующего поиск кратчайшего пути на графе в полярной системе координат, в работе не обоснован. Создается впечатление, что он сделан спонтанно.
- 6) Экспериментальная проверка разработанного каскадного метода оценки пространственной ориентации транспортного средства, описанная на стр. 114, проводилась с использованием набора изображений CARVANA, где автомобили обычно представлены на упрощенном фоне. В то же время, на некоторых этапах выполненного исследования автор использует базы данных Chinese City Parking Dataset и ФВФ, в которых приведены фотографии автомобилей в естественных сценах. Непонятно, почему финальную комплексную оценку возможностей разработанного метода автор в конечном итоге проводит, используя упрощенные изображения.
- 7) Поиск кратчайшего пути на графе начинается и заканчивается на уровне половины наибольшего радиуса в полярной системе координат. В работе не найдено объяснение такому решению. Очевидно, что вписанный в изображение округлый объект может иметь контур на уровне максимального радиуса, а не его половины.
- 8) На стр. 112 постулировано, что степень окклюзии рассматриваемого транспортного средства заранее известна, чего на практике быть не должно. Представляется, что в ситуации частично видимого силуэта объекта его контур не обязательно должен начинаться и кончатся на уровне половины максимального радиуса. Неясно, как строится сигнатура объекта в этом случае.
- 9) Странно, что фильтр Собеля и алгоритм Кэнни упоминаются в работе на стр. 36 и 49 совместно в качестве инструментов выделения контура. Это средства разного уровня: фильтрация Собеля часто используется в качестве начальной операции алгоритма Кэнни. В то же время результаты использованной автором на стр. 57 и 58 фильтрации Собеля должны были

подвергаться пороговому ограничению для подавления шума, о чем в диссертационной работе ничего не сказано.

10) Допущены локальные дефекты в оформлении текста работы. Например, встречаются странные фразы (как во втором абзаце сверху на стр. 22), имеется ссылка на несуществующий номер формулы (4.1) на стр.106, допущена опечатка в формуле для модулей Фурье-гармоник на стр. 102.

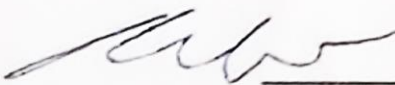
Заключение

Указанные замечания не относятся, однако, к основным положениям работы и не снижают значимость полученных научных результатов, представленных в диссертации. В целом, диссертация хорошо оформлена, текст автореферата соответствует ее содержанию. Диссертационная работа является законченным комплексным научным исследованием. Проведенные эксперименты и результаты численного моделирования заслуживают высокой оценки.

Считаю, что диссертационная работа «Обработка и анализ видеоданных в системе управления беспилотного автомобиля» полностью соответствует всем требованиям, изложенным в п. 9. Положения №842 о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 г., а ее автор Зубов Илья Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент профессор кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП)

доктор технических наук

 / Луцив В.Р. /

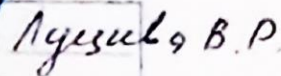
Отзыв составлен «14» июня 2022 г.

С содержанием отзыва оппонента ознакомлен

 / Зубов И.Г. /







14 07 22
14 07 22