

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Буй Ши Хань на тему «Алгоритмы обработки радиолокационных данных в автомобильных радиолокаторах предупреждения столкновений транспортных средств», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».

Стремительное увеличение количества автомобилей на дорогах определяет высокие требования к системам безопасности транспортных средств. В основе всех технологий построения систем помощи водителю лежит использование тех или иных датчиков (сенсоров). Могут применяться видео, инфракрасные, радиолокационные, лазерные, ультразвуковые датчики. Радиолокационные датчики имеют преимущество по сравнению с другими, которое заключается в том, что в условиях осадков или тумана характеристики обнаружения объектов ухудшаются лишь незначительно.

Автомобильные радиолокационные станции (АРЛС), установленные на подвижном носителе, дают возможность наблюдения дорожной обстановки, а также ситуации на прилегающей к ней территории при плохой или отсутствии видимости. Применение алгоритмов обработки данных, поступающих с выхода АРЛС, позволяет получить дополнительную информацию о дорожных объектах, их параметрах, реализовывать функции оповещения об угрозе столкновения с другими автомобилями, автоматического экстренного торможения, адаптивного круиз-контроля и других. Поэтому при проектировании системы помощи водителю необходимо разработать как радиолокатор, так и алгоритмы обработки данных, получаемых от него при сканировании местности во время движения носителя, а также разработать программное обеспечение для выполнения функции помощи водителю.

Диссертация аспиранта Буй Ши Хань посвящена разработке алгоритмов обработки данных, получаемых от автомобильных радиолокаторов предупреждения столкновений для транспортных средств, которые имеют

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

Вх. № 2  
«20» 01 2020 Г

большую дальность действия, широкую область обзора, высокое пространственное разрешение и сохраняют свои функции в условиях ограниченной оптической видимости. Тематика работы несомненно является **актуальной и соответствует специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».**

Автор разработал алгоритмы обработки радиолокационных данных для панорамной автомобильной радиолокационной станции, обеспечивающие повышение точности оценивания радиолокационной картины за счет определения размеров автомобилей, положения границ дороги и применения техники прямой перспективы к РЛИ.

В **главе 1** выполнен анализ состояния развития теории и техники в области создания датчиков современных систем помощи автомобилю. Итог анализа приводит к необходимости применения АРЛС для обеспечения безопасного управления транспортным средством. Здесь также выполнен обзор степени разработки алгоритмов обработки РЛ данных и приведены неразрешенные задачи: разработка алгоритмов измерения размеров РЛИ дорожных объектов, определения местоположения дорожных границ, и повышения информативности РЛИ.

Во **второй главе** представлены 3 алгоритма обработки данных АРЛС: алгоритм определения размеров центральных сечений радиолокационных изображений автомобилей; алгоритм определения местоположения границ перехода «дорожное полотно – обочина». В качестве примера было выполнено статистическое определение границ перехода «дорожное полотно – металлическое ограждение» с применением преобразования Хафа; алгоритм расширения РЛИ дорожной обстановки, позволяющий применять технику прямой перспективы к изображению и приводящего его в привычное для водителя представление о дорожной обстановке.

**Третья глава** посвящена построению моделей, с помощью которых исследована работа разработанных алгоритмов. Для моделирования работы

алгоритмов измерения размеров центральных сечений и определения дорожных границ была использована модель сигналов в виде совокупности точечных отражателей. Здесь также рассматривается связь комплексной амплитуды сигналов от дальности и от азимута в от положений точек (ячеек) на РЛИ объекта. На основе анализа экспериментальных данных была разработана модель распределения амплитуд сигналов отражений от автомобилей в виде одномодального экспоненциального закона.

В главе 4 показаны результаты применения разработанных алгоритмов к обработке экспериментальных радиолокационных данных, полученных при натурном испытании макета панорамной АРЛС переднего обзора 8-миллиметрового диапазона волн кафедры 410 Московского авиационного института. Полученные результаты подтвердили эффективность алгоритмов измерения размеров центральных сечений РЛИ и определения дорожных границ для разных вариантов переходов «дорожное полотно - обочина», а также эффективность применения техники прямой перспективы к радиолокационному изображению.

Научные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, представляются достаточно обоснованными и достоверными, поскольку характеристики разработанных алгоритмов были проверены на модельных и экспериментальных данных, полученных при работе макета АРЛС МАИ в реальной дорожной обстановке.

**Основные научные результаты**, полученные автором в работе:

Разработанный алгоритм измерения размеров продольных и поперечных РЛ изображений автомобилей позволяет определить соответствующие указанные размеры с относительными погрешностями соответственно не более 10% и до 15%.

По результатам анализа информативности формируемого РЛИ разработан алгоритм определения границ дороги с применением преобразования Хафа. Разработанный алгоритм позволяет определить границу

перехода дорожного полотна к обочине типа «асфальт-металлические ограждения» при прямолинейном движении АРЛС по прямой дороге с погрешностью до 1,5м.

Разработанные алгоритм и прикладное программное обеспечение позволяют применять технику прямой перспективы к преобразованию радиолокационного изображения, отображаемого на экране водителя.

Результаты диссертации имеют **практическую ценность**. Предложенные алгоритмы были использованы при разработке программного обеспечения оборудования, используемого для проведения научных исследований, выполненных совместно с сотрудниками НИО кафедры «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование» института «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Среди достоинств работы стоит отметить разработку алгоритма определения дорожных границ при движении носителя АРЛС с применением современного преобразования Хафа.

Кроме того, по диссертации Буй Ши Хань имеется **ряд замечаний**:

- в диссертации рассматривается алгоритм измерения размеров автомобилей, но не представлены результаты работы алгоритма для других участников дорожного движения;
- в работе целесообразно было бы рассмотреть возможность реализации автоматического оповещения водителя о возникновении опасной ситуации, в частности, об отклонении курса автомобиля от заданной траектории на основании анализа его положения относительно границ дороги;
- в работе не показан результат работы алгоритма определения дорожных границ при прохождении дороги под эстакадой.

Указанные замечания не снижают общей ценности рассматриваемой диссертационной работы.

### Заключение

Диссертационная работа Буй Ши Хань **полностью соответствует** требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (в ред. от 01.10.2018) "О порядке присуждения ученых степеней" **и является** научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития радиолокации, а именно задачи разработки алгоритмов обработки РЛД АРЛС для повышения точности оценивания радиолокационных параметров объектов в панорамной автомобильной радиолокационной станции.

Автор диссертации Буй Ши Хань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».

Официальный оппонент: доктор технических наук, доцент, директор учебно-научного института радиоэлектроники и информационных технологий Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева Мякинков Александр Валерьевич

 / А.В.Мякинков/

Личную подпись Мякинкова Александра Валерьевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета НГТУ  И.Н.Мерзляков



Адрес организации: 603950, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

Телефон: +7(831) 436-78-80

e-mail: alex\_myakinkov@nntu.ru