

УДК 629.113

Д.М. Порубов, Д.В. Зезюлин, Д.Ю. Тюгин, А.В. Тумасов,
В.В. Беляков, А.М. Groшев, П.О. Береснев

РАЗРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УДЕРЖАНИЯ В ПОЛОСЕ ДВИЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Системы автоматизированного управления движением способствуют повышению безопасности дорожного движения и предотвращению критических ситуаций за счет информирования водителя, а также путем непосредственного корректирующего воздействия на органы управления транспортного средства. Одной из таких систем является система предупреждения о сходе с полосы движения, серийная реализация которой осуществлена на многих автомобилях различных производителей. Однако, при эксплуатации данных систем возникают барьеры, связанные с эффективностью и адекватностью работы в сложных дорожных и климатических условиях, наиболее часто встречающихся на территории РФ. В статье представлен концепт автоматизированной системы транспортного средства, предупреждающий о сходе с полосы движения как при наличии достоверно распознаваемой дорожной разметки, так и при ее отсутствии. Показан алгоритм работы системы. Проведены экспериментальные исследования системы при наличии и отсутствии достоверно распознаваемой дорожной разметки.

Ключевые слова: система активной безопасности, удержание в полосе движения, виртуальная дорожная сцена

Введение

На протяжении многих лет одним из основных вопросов при проектировании и производстве транспортных средств наряду с повышением технических и эксплуатационных показателей является обеспечение безопасности движения. Предотвращение аварийных ситуаций – задача систем активной безопасности автомобиля. Применение данных систем позволяет в критических ситуациях сохранять и осуществлять контроль над транспортным средством. Наиболее востребованными и уже ставшими традиционными системами активной безопасности являются антиблокировочная система, электронная система динамической стабилизации, противобуксовочная система и т.д.

Однако, к настоящему времени многие автопроизводители все чаще занимаются разработкой и реализацией вспомогательных систем активной безопасности (ассистентов). Данные системы имеют возможность как предупреждения водителя о возможном возникновении критической ситуации, так и непосредственно вмешиваться в управление исполнительными устройствами транспортного средства (рулевое управление, тормозная система). Примером таких систем являются система помощи при парковке, система кругового обзора, адаптивный круиз контроль и т.д.) Наиболее эффективной с точки зрения безопасности является система контроля движения в полосе. Данная система предназначена для предотвращения критических ситуаций, связанных с непреднамеренным выходом автомобиля из занимаемой полосы движения [1]. В большинстве случаев возникновения в данного рода аварий их основной причиной является кратковременная невнимательность или отвлечение водителя. Это, в свою очередь, может привести к сходу автомобиля с полосы движения, как на встречную полосу, так и на обочину. Последствия таких непреднамеренных маневров можно наблюдать по статистическим данным.

В Российской Федерации в среднем ежегодно погибает в ДТП 18 человек на 100 тысяч от населения. Большинство тяжелых последствий происходит из-за ДТП, связанных с выездом на встречную полосу движения [2]. Опыт водителя, безопасная манера вождения, а также различные системы безопасности, установленные в ТС, не могут на 100% обезопасить человека от происшествя на дороге. За 2018 год суммарное количество ДТП уже составляет

порядка 133 203, а количество погибших в результате аварии 16 600 человек. В странах Евросоюза, в частности в Германии, съезд с полосы движения является причиной примерно 17% от всех серьезных аварий на дорогах Германии, при этом более 33% участников таких аварий погибают.

По расчетам экспертов, применение активных вспомогательных систем безопасности, таких как ассистент удержания в полосе движения потенциально позволило бы сохранить более 5 000 жизней и предотвратить почти 40 000 тяжелых травм ежегодно в 27 странах Европы [3]. К настоящему времени такие мировые автопроизводители, как «Mercedes Benz», «Volkswagen», «BMW», «Toyota», «Nissan», «Volvo» и другие серийно оснащают транспортные средства вышеуказанной системой. В общей сложности, принцип работы систем удержания в полосе движения схож: на основе информации, поступающей от камеры, и данных о скорости и траектории автомобиля выполняется расчет времени и расстояния возможного пересечения разметки полосы движения. Когда один или несколько данных показателей меньше критического значения, система вмешивается, плавно корректируя траекторию движения посредством рулевого управления с электромеханическим усилителем. Величина крутящего момента, прикладываемого к рулевому управлению, достаточно мала и легко преодолима, так что приоритет в управлении автомобилем всегда остается за водителем.

Основным недостатком вышеуказанных систем являются ограниченное функционирование в условиях недостаточной видимости (дождь, туман, задымленность, метель), а также невозможность работы при наличии проблем с дорожной разметкой: наличие снега, грязи на дорожной разметке, ее повреждение или отсутствие. Необходимо отметить, что на протяжении длительного периода времени в году на дорогах РФ либо отсутствует дорожная разметка, либо ее достоверное распознавание водителем невозможно ввиду погодных условий. Функционирование систем технического зрения, описанных выше, также ограничено. Это связано как с отсутствием достоверно распознаваемой дорожной разметки, так и с работой сенсоров (видеокамер), эффективность которых в сложных погодных условиях резко снижается. Следовательно, применение вышеуказанных систем помощи водителю будет возможно только в благоприятных погодных условиях и при достоверно распознаваемой дорожной разметке, что существенно затрудняет их эксплуатацию в РФ.

Таким образом, по результатам проведенного анализа серийно-выпускаемых систем удержания в полосе движения и условий эксплуатации, существует экономическая и социальная необходимость в разработке системы удержания в полосе движения, способной функционировать в различных условиях на территории РФ и обладающей низкой стоимостью. Разработка данной системы позволит повысить безопасность дорожного движения, снизить количество ДТП и, соответственно, пострадавших в результате ДТП, в том числе в критических ситуациях, связанных с возникновением сложных дорожно-климатических условий. Наибольшую необходимость в таких системах испытывают потребители коммерческого и пассажирского видов транспорта. Данный факт связан с тем, что данный тип транспортных средств, в отличие от личного транспорта, проводит гораздо большее время в пути, а значит существуют риски, связанные с потерей временных и финансовых ресурсов, а в случае с пассажирским типом транспорта еще и с потенциально большим количеством пострадавших в результате ДТП, накладывающим сложности со страховыми выплатами и возмещением ущерба. Таким образом, при разработке данных систем необходимо делать акцент на коммерческие и пассажирские транспортные средства.

Разработка и экспериментальные исследования автомобильной системы определения и удержания в полосе движения

Для преодоления вышеуказанных барьеров, связанных с условиями эксплуатации транспортных средств в РФ, а также для повышения безопасности дорожного движения предлагается специализированная система удержания в полосе движения, адаптированная к сложным дорожно-климатическим условиям.

На начальном этапе разработки системы были определены основные параметры дорожной сцены, анализ которых позволит контролировать движение транспортного средства в полосе. Такими параметрами являются: дорожная разметка согласно ГОСТ 51256-2011 [4], а в случае ее отсутствия – края проезжей части (обочина).

Данная система будет обладать следующим функционалом:

- обнаружение дорожной разметки;
- определение границ проезжей части и формирование виртуального коридора движения в случае повреждения или отсутствия дорожной разметки;
- предупреждение о сходе с полосы движения, определенной по существующей дорожной разметке или с учетом границ проезжей части.

Для реализации вышеуказанных функций требуется применение комплексированной системы технического зрения, включающей в себя модуль визуального представления дорожной разметки, основным устройством которого является видеочамера, и модуль определения фактических параметров проезжей части, основным устройством которого является ЛИДАР. Для обработки данных, поступающих с сенсоров, и формирования управляющих сигналов на исполнительные устройства используется электронный блок управления, представляющий из себя малогабаритную вычислительную платформу.

Работа данной системы построена на алгоритме, представленном на рис. 1. Изначально данная система полагается на данные, получаемые с видеочамеры. В случае успешного определения дорожной разметки, алгоритм распознавания которой подробно описан в работе [5], система по ней отслеживает положение транспортного средства в полосе. В случае возникновения критической ситуации, связанной с непреднамеренным выездом с занимаемой полосы движения, система предупредит водителя звуковым сигналом.

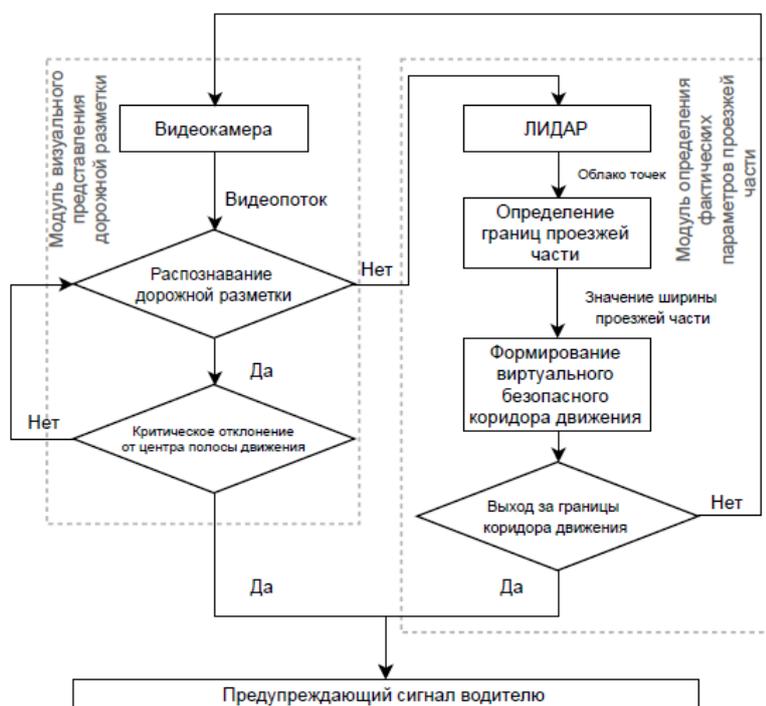


Рис. 1. Алгоритм работы разрабатываемой системы

На рис. 2 представлен результат работы модуля визуального представления дорожной разметки, на вход которого поступает видеопоток данных с камеры, а результатом является значение отклонения от центра полосы движения. Существует три зоны предупреждений: зеленая – автомобиль находится по центру полосы движения (рис. 2а); желтая – отклонение от центра полосы в пределах от 0,2 до 0,3 м (рис. 2б); красная – отклонение от центра полосы

более чем на 0,3 м (рис. 2в). Желтая зона является переходной, в интервале которой происходит визуальное информирование водителя о возможном возникновении критической ситуации. При возникновении красной зоны система предупреждает водителя звуковым сигналом о критической ситуации.

Согласно алгоритму (рис. 1), при отсутствии достоверно распознаваемой дорожной разметки система будет задействовать модуль определения фактических параметров проезжей части, который в качестве входных данных будет использовать показания ЛИДАРа. С помощью определенных преобразований из трехмерного облака точек выделяется плоскость дороги, а также отличные от данной плоскости участки, являющиеся краем проезжей части (обочина). На основе параметров границы проезжей части, ширины транспортного средства и заранее выбранной зоны безопасности (вокруг транспортного средства) происходит формирование безопасного виртуального коридора движения. В случае выезда за границы данного виртуального коридора происходит аудио и видео информирование водителя. После каждой итерации, система обращается к модулю визуального представления дорожной разметки с целью проверки условия наличия разметки, так как позиционирование транспортного средства в полосе движения по линиям дорожной разметки является наиболее точным и безопасным.



Рис. 2. Модуль визуального представления дорожной разметки:
а – зеленая зона, б – желтая зона (отклонение 0,2-0,3 м),
в – красная зона (отклонение более 0,3 м)

Для оценки эффективности работы системы предупреждения о сходе с полосы движения как в случае достоверно распознаваемой дорожной разметки, так и в ее отсутствии были проведены дорожные испытания. Транспортное средство, оснащенное данной системой, двигалось по дорогам общего пользования со скоростью 45-60 км/ч. Заданный маневр – намеренный сход с полосы движения без включения указателей поворота. Считается, что система сработала правильно, если в процессе выполнения маневра перестроения был подан сигнал предупреждения водителя. Согласно разработанной методике испытаний, эффективность системы оценивалась как отношение истинных срабатываний к общему количеству попыток.

Выводы

По результатам проведенных испытаний разрабатываемой системы в 90% случаев звучал предупреждающий сигнал водителю о том, что автомобиль сходит с полосы движения. Данный результат можно считать приемлемым в части разработанных алгоритмов, однако для внедрения данной системы на серийно выпускаемые транспортные средства необходимо доведение надежности срабатывания системы до более высокого уровня путем отладки программного обеспечения. Стоит отметить, что на данный момент ЛИДАР, являющийся частью модуля определения фактических параметров проезжей части, имеет достаточно высокую стоимость, однако наблюдается тенденция к существенному удешевлению данной технологии за счет разработки твердотельных ЛИДАРОВ [6].

Для дальнейшего повышения эффективности работы системы с целью обеспечения безопасности дорожного движения в дальнейшем необходима реализация активного воздействия на рулевое управление с целью удержания в полосе движения или в виртуальном ко-

ридоре движения. При разработке данной функции будет проведено имитационное моделирование системы с интеграцией в электромеханическое рулевое управление за счет управляющего воздействия на электромотор. По результатам моделирования будут произведены реализация данной системы и натурные испытания на специализированном полигоне.

Библиографический список

1. Шадрин, С.С. Разработка и экспериментальные исследования автомобильной системы контроля движения в полосе [Текст] / С.С. Шадрин, А.М. Иванов, И.В. Сининкин // Сборник материалов 94 международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров, Нижний Новгород, 18 марта 2016 г. – Нижний Новгород, 2016. С. 25-31.
2. Аналитическое агентство Автостат [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://www. autostat.ru/](https://www.autostat.ru/) (Дата обращения 16.03.2018).
3. Официальный веб-сайт европейской программы оценки новых автомобилей [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.euroncap.com/> (Дата обращения 16.03.2018).
4. ГОСТ Р 51256–2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 26 с.
5. Beresnev, P. Automated driving system based on roadway and traffic conditions monitoring. Proceedings of the 4th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, Madeira, Portugal, 16-18 March, 2018 [Text] / Beresnev P., Tumasov A., Tyugin D., Zeziulin D., Filatov V., Porubov D.
6. Официальный сайт Quanergy Systems [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://quanergy.com/> (Дата обращения 16.03.2018).