

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ АВТОМОБИЛЯ

А. М. КОМЗАЛОВ¹, Н. Г. ШИЛОВ²

¹Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,
199178, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: nick@iias.spb.su

Рассматриваются вопросы использования и развития технологий в области современных систем помощи водителю автомобиля, также выполнена систематизация используемых технологий. Выделены основные классы подсистем, отвечающих за различные функции рассматриваемых систем. Представлен сравнительный анализ некоторых действующих систем. Отмечена перспективность систем поддержки водителя и их открытость к новым разработкам, а также увеличивающаяся роль внешних сервисов для систем рассматриваемого класса.

Ключевые слова: система помощи водителю автомобиля, система ADAS, технологии, систематизация, сравнительный анализ

Введение. Современные системы помощи водителю автомобиля (Advanced Driver Assistance System — системы ADAS) [1], как правило, представляют собой комплекс подсистем, направленных на пассивное и/или активное взаимодействие с водителем с целью облегчения процесса управления автомобилем и снижения аварийности.

Системы ADAS характеризуются различными структурами и архитектурами — они могут быть автономными или использовать внешние источники, построены на основе встроенных датчиков и/или облачных сервисов [2]. Основная цель систем данного класса — упрощение процесса вождения и снижение аварийности. Поэтому в настоящей статье в первую очередь рассматриваются вопросы использования и развития технологий, применение которых в системах ADAS позволяет обеспечить безопасное вождение или снизить количество аварийных ситуаций. Также рассматриваются проблемы обработки информации в системах ADAS, способы взаимодействия с водителем и интеграции с внешними сервисами.

В ходе исследования, с использованием приведенной в работе [3] методики, были рассмотрены опубликованные за последние 10 лет работы, посвященные созданию систем ADAS и сопутствующим проблемам. Поиск источников осуществлялся в библиотеках SpringerLink (<http://link.springer.com>) и Science Direct (<http://www.sciencedirect.com>).

Функции систем ADAS. ADAS как комплекс подсистем [4] отражает различные аспекты процесса вождения. Рассмотрим основные классы этих подсистем.

Автономный круиз-контроль — отличается от обычного круиз-контроля тем, что обеспечивает соблюдение безопасной дистанции между автомобилями. Для этого применяются установленные на машине датчики, работающие, как правило, на основе одного из двух принципов: а) использование лазера (что недостаточно надежно, так как такие датчики не всегда

срабатывают в случаях их загрязнения и при плохих погодных условиях); б) использование радара, работающего в инфракрасном диапазоне (такие радары также широко применяются как часть подсистемы предотвращения столкновений). Данная технология особенно полезна на автомагистралях, где водитель вынужден постоянно контролировать скорость и дистанцию до впереди идущего автомобиля в целях безопасности.

Адаптивные фонари — их яркость и направление светового пучка изменяются в зависимости от ситуации, что позволяет достичь максимального угла обзора (например, при плохих погодных условиях или вождении в ночное время) и избежать „ослепления“ других водителей. Источником информации для такой подсистемы обычно служит видеокамера, установленная в зеркале заднего вида, а также бортовая электронная система автомобиля.

Автоматическая навигация — определяет местоположение машины на основе технологий спутниковой навигации (GPS или GLONASS) и рассчитывает оптимальный маршрут до точки назначения с учетом текущих ограничений движения транспорта и загруженности дорог [5]. Такие подсистемы обычно предоставляют голосовое сопровождение и зачастую реализуются независимо от автомобиля на смартфонах и планшетах.

Подсистема предотвращения столкновений, больше известная как „pre-crash system“ [6], — направлена на повышение безопасности вождения и использует широкий спектр средств (радары, лазерные датчики, камеры и т.п.) для обнаружения возможных столкновений. В случае обнаружения возможного столкновения система либо предупреждает об этом водителя, либо берет управление автомобилем под контроль с целью предотвратить столкновение, а если столкновение неизбежно — минимизировать повреждения [7] (данная система используется в Tesla Model S 2015).

К данному классу также можно отнести подсистемы, следящие за тем, чтобы машина двигалась по одной полосе (Lane Departure Warning — LDW). При этом, как правило, используются три вида датчиков [8]: видеокамеры, расположенные рядом с зеркалом заднего вида, лазерные датчики в передней части автомобиля и инфракрасные датчики, установленные за ветровым стеклом или под днищем автомобиля. Следует отметить, что одним из перспективных направлений развития подсистем данного класса является автоматическое формирование „модели“ водителя, т.е. система анализирует типичное поведение водителя за рулем и автоматически подстраивается под него [9].

Мониторинг состояния и поведения водителя — является относительно новой функцией ADAS. Эта подсистема позволяет контролировать (отслеживать) следующие ситуации:

- использование водителем мобильного телефона во время поездки (для слежения применяются датчики, установленные за подголовником, а данные передаются на внешний сервис) [10];

- переутомление водителя (оцениваются различные движения водителя, например кивок в определенном направлении) [11];

- невнимательность водителя (определяется направление взгляда, отслеживаются изменения положения головы; также выявляются характерные для невнимательного водителя особенности движения автомобиля [12]).

Интеллектуальная адаптация скорости — анализирует скорость движения автомобиля и сопоставляет ее с разрешенной скоростью на данном участке дороги. Подсистема пассивной адаптации выводит на экран бортового компьютера предупреждение о превышении скорости, в то время как подсистема активной адаптации автоматически снижает скорость до разрешенной [13].

Обнаружение и распознавание дорожных знаков — реализуются подсистемами TSD (Traffic Sign Detection) и TSR (Traffic Sign Recognition) [14].

Алгоритмы TSD направлены на обнаружение дорожных знаков с использованием встроенной видеокамеры. Методы распознавания знаков в цифровых изображениях делятся

на две основные категории: цветовые методы и методы, основанные на анализе формы. Цветовые методы направлены на сегментирование цветного изображения для дальнейшей обработки. Одна из основных проблем реализации таких методов — сложность правильной оценки цветовой информации из-за вариаций интенсивности освещения и изменений освещенности, связанных с временем суток и изменением погодных условий (дождь, туман, снег и т.д.). Одним из наиболее распространенных методов, основанных на анализе формы, является преобразование Хафа (Hough Transform — HT). Использование методов на основе HT позволяет обеспечить удовлетворительную производительность, однако им присущи такие недостатки, как высокая вычислительная сложность и жесткие требования к объему памяти.

Алгоритмы TSR направлены на определение соответствия изображения какому-либо дорожному знаку из заранее сформированного набора. Алгоритмы TSR делятся на две основные категории: алгоритмы на основе шаблонов и алгоритмы на основе классификаторов. Первые используют шаблон взаимной корреляции изображений. Эти алгоритмы относительно просты, однако их использование затруднено в связи с возможным наличием геометрических искажений на изображении, получаемом с помощью видеокамеры. Алгоритмы, основанные на классификаторах, обладают более высокой вычислительной сложностью и зачастую используют методы машинного обучения.

Функция интеллектуализации управления различными узлами автомобиля — представлена технологией ZF Advanced Urban Vehicle концерна „Zahnrad Fabric“ (Германия) [15] и архитектурой E/E (Electric/Electronic), разрабатываемой при участии концерна BMW (Германия) [16].

ZF Advanced Urban Vehicle — это комплекс систем для поддержки водителя, а именно:

- система интеллектуального объединения в сеть отдельных систем подвески, привода и программ содействия водителю, а также взаимодействия с водителем через бортовой компьютер/смартфон/смарт-часы/многофункциональное рулевое колесо, оснащенное дисплеем;

- парковочный ассистент ZF Smart Parking Assist, обеспечивающий полностью автоматическую параллельную и поперечную парковку автомобиля с помощью 12 ультразвуковых и 2 инфракрасных датчиков (при этом водитель может контролировать процесс через дисплей на приборной панели или же активировать функцию парковки, уже покинув салон автомобиля, в соответствующем приложении на мобильном устройстве);

- облачный ассистент PreVision Cloud Assist, учитывающий не только топографические данные и информацию о допустимых максимальных скоростях, но и хранящий в „облаке“ данные о каждой поездке (координаты местоположения автомобиля, поперечное и продольное ускорение) для расчета оптимальной скорости прохождения предстоящего поворота и заблаговременного уменьшения крутящего момента до значения, позволяющего зайти в поворот, не прибегая к механическому торможению.

Архитектура E/E (Electric/Electronic) позволяет анализировать дорожную ситуацию с помощью различных датчиков и предоставляет доступ сторонним разработчикам к созданию приложений и сервисов. Системы с такой архитектурой позволят полностью обеспечить адаптивную регулировку вождения — от автономной поддержки в конкретной дорожной ситуации до целостной адаптивной функциональности.

Принимая во внимание последние изменения в системах ADAS, можно отметить, что все более значительная роль в них отводится взаимодействию с внешними источниками информации (данные о заторах для навигации, о скоростном режиме для систем интеллектуальной адаптации скорости и т.п.). Таким образом, можно предположить, что в ближайшее время большую популярность обретут системы ADAS, интегрированные с системами ATIS (Advanced Traveler Information Systems — расширенные системы информационной поддержки путешественников) [17], задачами которых являются динамическое изменение маршрута, прогнозирование заторов, информация о дорожной ситуации, поиск и рекомендация интересных мест и т.п.

Сравнительный анализ действующих систем поддержки водителя. Для проведения сравнительного анализа были выбраны используемые крупными автомобилестроительными компаниями системы, которые непосредственно взаимодействуют с водителем, а именно: OnStar (США), Volvo on Call (Швеция), Peugeot Connect SOS (Франция), Car-Net (используется концерном „Volkswagen“, Германия), FordPass (США), BMW Remotes (Германия). Результаты сравнительного анализа приведены в таблице.

Функция	OnStar	Volvo on Call	Peugeot Connect SOS	Car-Net	FordPass	BMW Remotes
Связь со смартфоном или подобным устройством	+	+	+	+	+	+
Осуществление телефонных вызовов	+	—	—	—	—	—
Возможность интеграции с внешними сервисами	+	+	+	+	+	+
Осуществление навигации	+	+	+	+	+	+
Уведомление о столкновениях	+	+	Информация отсутствует	Информация отсутствует	Информация отсутствует	—
Помощь при парковке	—	—	—	+	+	—
Диагностика автомобиля	+	+	+	+	+	+
Поиск автомобиля	+	+	—	+	—	+
Предупреждение о попытке угона	+	+	—	+	—	—

Как следует из приведенных в таблице данных, все рассмотренные системы поддерживают следующую функциональность:

- связь со смартфоном (или иным smart-устройством) водителя;
- возможность интеграции с внешними сервисами;
- осуществление навигации;
- диагностика автомобиля.

При этом системы OnStar, Volvo on Call и Car-Net поддерживают наибольшее число функций. Результаты системы Peugeot Connect SOS являются худшими по выбранным показателям, так как данная система предназначена в первую очередь для автоматической отправки информации о дорожных инцидентах.

Заключение. В ходе представленного исследования рассмотрены вопросы использования и развития технологий в области современных систем помощи водителю автомобиля и выполнен анализ публикаций по этой теме. Результаты исследования позволяют говорить о перспективности систем поддержки водителя и их открытости к новым разработкам. Данный класс систем развивается в разных направлениях — от использования адаптивных фонарей до создания прототипов автомобилей, которые сами по себе являются своего рода системами поддержки водителей.

Представлен сравнительный анализ нескольких действующих систем. Следует отметить увеличивающуюся роль внешних сервисов для ADAS: происходит постепенный переход от предоставляющего информацию одного внешнего сервиса к интеграции нескольких внешних сервисов в единую систему поддержки водителя.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-07-08092 и 15-07-08391) и бюджетных тем № 0073-2014-0005 и 0073-2015-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Popken M., Rosenow A., Lübcke M. Driver Assistance Systems // ATZextra Worldwide. 2007. Vol. 12, N 1. P. 210—215.

2. *Smirnov A., Lashkov I.* State-of-the-art analysis of available advanced driver assistance systems // Proc. of the 17th Conf. „Open Innovations Association Fruct“. Yaroslavl, Russia. 2015. P. 345—349.
3. *Siddaway A.* What is a systematic literature review and how do I do one? // University of Stirling. 2014. N 11. P. 1—13.
4. *Paul A.* et al. Advanced driver assistance systems // SAE Technical Paper. SAE Intern. 2016.
5. *Lee J., Forlizzi J., Hudson S. E.* Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system // Intern. Journal of Human Computer Studies. 2008. Vol. 66, N 3. P. 198—215.
6. *Ohn-Bar E.* et al. On surveillance for safety critical events: In-vehicle video networks for predictive driver assistance systems // Computer Vision and Image Understanding. 2015. Vol. 134. P. 130—140.
7. *Fischer R.* et al. A Driver Model for Virtual Control System Development // ATZ Worldwide. 2011. Vol. 113, N 12. P. 30—33.
8. *Cades D. M.* et al. Driver distraction and advanced vehicle assistive systems (ADAS): investigating effects on driver behavior // Advances in Human Aspects of Transportation: Proc. of the AHFE Intern. Conf. on Human Factors in Transportation, Florida, USA, July 27—31, 2016. Cham: Springer Intern. Publ., 2017. P. 1015—1022.
9. *Braghin F., Cheli F., Sabbioni E.* Race driver model: identification of the driver's inputs // III Europ. Conf. on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering: Book of Abstracts. Springer Netherlands, 2006. P. 763.
10. *Rodríguez-Ascariz J. M.* et al. Automatic system for detecting driver use of mobile phones // Transport Research. Part C: Emerging Technologies. 2011. Vol. 19, N 4. P. 673—681.
11. *Klinov P., Mouromtsev D.* Ontology-based approach and implementation of ADAS. System for mobile device use while driving // Communications in Computer and Inform. Sci. 2015. Vol. 518. P. 1—15.
12. *Smirnov A., Kashevnik A., Lashkov I.* Human-smartphone interaction for dangerous situation detection & recommendation generation while driving // Speech and Computer: Lecture Notes in Comp. Sci. 2016. Vol. 9811. P. 346—353.
13. *Cacciabue P. C., Saad F.* Behavioural adaptations to driver support systems: a modelling and road safety perspective // Cognition Technology and Work. 2008. Vol. 10, N 1. P. 31—39.
14. *Berkaya S. K.* et al. On circular traffic sign detection and recognition // Expert Systems and Applications. 2016. Vol. 48. P. 67—75.
15. *Gumpoltsberger G.* et al. Intelligently Networking of Chassis, Driveline, and Driver Assistance Systems // ATZ Worldwide. 2015. Vol. 117, N 10. P. 28—33.
16. *Schöttle M.* Future of Driver Assistance with new E/E Architectures // ATZelektronik Worldwide. 2011. Vol. 6, N 4. P. 4—9.
17. *Goetz J., Zittlau D., Happe J.* Advanced driver assistance systems — enhancement of safety and comfort // AutoTechnology. 2006. Vol. 6, N 6. P. 34—38.

Сведения об авторах**Александр Михайлович Комзалов**— студент; Университет ИТМО; кафедра информационных систем;
E-mail: alex25komzalov@gmail.com**Николай Германович Шилов**— канд. техн. наук, доцент; СПИИРАН, лаборатория интегрированных систем автоматизации; ст. научный сотрудник;
E-mail: nick@iias.spb.suРекомендована
лабораторией интегрированных
систем автоматизации СПИИРАНПоступила в редакцию
27.07.17 г.**Ссылка для цитирования:** Комзалов А. М., Шилов Н. Г. Применение современных технологий в системах помощи водителю автомобиля // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 11. С. 1077—1082.

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN CAR DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS

A. M. Komzalov¹, N. G. Shilov²¹ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia² St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences,
199178, St. Petersburg, Russia
E-mail: nick@ias.spb.su

The problems of the application and development of modern technologies in the field of driver assistance systems of the vehicle are considered. Systematizes of the technologies used today is carried out. Main classes of subsystems, responsible for different functions of the considered systems are recognized. A comparative analysis of several existing systems is presented. Potential of driver support systems and their openness to new developments are noted, as well as enhancing role of external services for systems of this class.

Keywords: driver assistance system, ADAS system, technologies, systematization, comparative analysis

Data on authors

- Alexander M. Komzalov** — Student; ITMO University, Department of Information Systems; E-mail: alex25komzalov@gmail.com
- Nikolay G. Shilov** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Integrated Automation Systems; Senior Scientist; E-mail: nick@ias.spb.su

For citation: Komzalov A. M., Shilov N. G. Application of modern technologies in car driver assistance systems. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 11. P. 1077—1082 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-11-1077-1082