

УДК 629.3.06+656.13+612.821

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ



В.В. Савченко
ОИМ НАН Беларуси,
доцент кафедры ИПиЭ БГУИР,
кандидат технических наук, доцент

ГНУ Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, <https://oim.by>

В.В. Савченко

Начальник научно-инжинирингового центра «Бортовые системы управления мобильных машин» государственного научного учреждения «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси».

Аннотация.

Рассмотрены уровни автоматизации автомобилей и основные информационные потоки, циркулирующие в таких системах «человек-машина», во взаимосвязях с внешней средой функционирования и основными трендами по развитию функционала. Представлены основные положения метода анализа потенциальной возможности водителя восстановить контроль над высокоавтоматизированным автомобилем по состоянию, основывающегося на осведомлённости о ситуационной обстановке по маршруту движения, мониторинге текущего функционального состояния и индивидуальных особенностях водителя. Отмечены **основные проблемы безопасности при функционировании высокоавтоматизированных и беспилотных транспортных средств.**

Ключевые слова: высокоавтоматизированное транспортное средство, домен штатной эксплуатации, коммуникационная платформа, облачные сервисы, передача управления водителю, системы-ассистенты водителя, система “человек–машина”, уровни автоматизации автомобилей.

Введение. Широко известная классификация уровней автоматизации автомобилей разработана сообществом автомобильных инженеров (стандарт SAE J3016 [1]), содержит 6 уровней:

0-й уровень (без автоматизации): отсутствие автоматического контроля над машиной, но может присутствовать система уведомлений, весь процесс управления осуществляет водитель;

1-й уровень (включающий помощь водителю): водитель в основном осуществляет управление, как правило на борту транспортного средства (ТС) установлены системы-ассистенты водителя (ADAS) оказывающие содействие водителю в управлении рулевой системой и тормозами с использованием информации о внешней среде, работающие в автоматическом режиме, но могут отключаться водителем.

2-й уровень (частично автоматизированный): водитель должен реагировать, если система не смогла в автоматическом режиме справиться самостоятельно. ADAS управляет ускорением, торможением и рулением одновременно, может быть отключена водителем.

3-й уровень (условно автоматизированный): водитель может не контролировать ТС на некоторых типах дорогах (например, автобаны), но должен быть готовым взять управление

при изменении ситуационной обстановки или система останавливает ТС если водитель не реагирует на оповещение.

4-й уровень (высоко автоматизированный): аналогичный 3-му уровню, но уже не требует внимания водителя и выполняет свои функции, которые допустимы в конкретных внешних условиях движения.

5-й уровень (полностью автоматизированный): со стороны человека не требуется никаких действий кроме указания на начало движение и определение пункта назначения.

Из представленной классификации, видно, что уже начиная с 1-го уровня, бортовые системы представляют из себя аппаратно-программные средства в которых значительное место (в том числе по функционалу) занимают методы и алгоритмы анализа разнородной информации о процессах функционирования транспортных средств и синтеза управляющих воздействий на системы различного иерархического уровня для динамической стабилизации транспортного средства и его траекторного движения с использованием IT методов и технологий и специализированного программного обеспечения (с каждым уровнем степень автоматизации увеличивается), и лишь на 5-ом уровне со стороны человека не требуется никаких действий кроме указания на начало движение и определение пункта назначения. На рисунке 1. показано видение компании Movimento [2] по современным «объёмам» программного обеспечения (одна из простых характеристик метрики – количество строк программного кода) в различных системах.

Уровень автоматизации автомобилей неуклонно растет, что позволяет решать ранее существовавшие проблемы при функционировании автомобилей, но и создает новые, которые еще предстоит исследовать и решить. При возрастании уровня автоматизации значительными темпами растут объемы разнородной информации, циркулирующей в такой метасистеме как «водитель – высокоавтоматизированный автомобиль – дорога – интеллектуальная транспортная система – информационное поле». Очевидно, что в данном случае «информационное поле» попадает под категорию Big Date. На рисунке 2. представлен прогнозируемый поток данных генерируемых в автономных автомобилях и основные источники.

Характеристики метрики программного обеспечения

	F-22 Raptor Fighter Jet ~ 1 500 000 строк кода
	Boeing 787 ~ 13 000 000 строк кода
	Facebook ~ 61 000 000 строк кода
	Современный High-End транспорт ~ 100 000 000 строк кода

Рисунок 1. –Количество строк кода в различных системах.



Рисунок 2. –Прогнозируемый поток данных генерируемых автономным автомобилем.

Для реализации алгоритмов траекторного движения и их корректировки в соответствии с текущими условиями беспилотным автомобилям, по мнению специалистов компании Intel [3] нужны камеры, генерирующие поток информации порядка 20–60 Мбайт/с, радары и ультразвуковые локаторы (по 10–100 Кбайт/с), системы навигации GPS - 50 Кбайт/с, (хотя мы полагаем, что предпочтительно использование четырех системного навигационного чип-сета ГЛОНАС, ГАЛИЛЕО, BEIDOU, GPS - по 50 Кбайт/с., для каждой из ГНСС, 200 Кбайт/с., как обладающего функционалом позволяющим с большей точностью определять текущую координату, более высокой помехозащищенностью и достоверностью [4]). Лидар формирует трафик порядка 10–70 Мбайт/с. По приблизительным экспертным оценкам, использующий такие технологии автомобиль будет генерировать около 4 ТБайт данных в день [3]. К этому добавляется информация, генерируемая «классическими» системами активной безопасности и системами мониторинга и самодиагностики основных узлов и агрегатов.

Основные тренды по направлению. Резолюция о внедрении в практику высоко- и полностью автоматизированных транспортных средств в условиях дорожного движения Глобального форума по безопасности дорожного движения (WP.1) и документа ECE/TRANC/WP.1/165 [5], «высокоавтоматизированное ТС» означает ТС, оснащенное автоматизированной системой вождения. Эта автоматизированная система вождения действует «в пределах конкретного домена штатной эксплуатации» (ДШЭ) применительно к некоторым или всем поездкам без необходимости вмешательства человека в качестве запасного варианта обеспечения безопасности дорожного движения; «домен штатной эксплуатации» означает окружающие и географические условия, время суток, а также дорожно-транспортные, инфраструктурные, погодные и другие условия, для работы в которых конкретно предназначена данная автоматизированная система вождения. Даны следующие основополагающие определения: «автоматизированная система вождения» означает комбинацию аппаратного и программного обеспечения, которое осуществляет динамическое управление ТС на устойчивой основе; «динамическое управление» означает выполнение в реальном масштабе времени всех оперативных и тактических функций, необходимых для передвижения ТС, включает в себя управление движением ТС в боковом и продольном направлении, контроль за условиями дорожного движения, реагирование на явления, происходящие в дорожно-транспортной ситуации, а также планирование и сигнализацию маневров; «полностью автоматизированное ТС» означает ТС, оснащенное

автоматизированной системой вождения действующей без каких бы то ни было ограничений ДШЭ применительно к некоторым или всем поездкам без необходимости вмешательства человека в качестве запасного варианта обеспечения безопасности дорожного движения. Представлены соответствующие рекомендации, по функционалу, к автоматизированным системам вождения и их пользователям [5].

Всемирный форум для согласования правил в области ТС (WP.29, по автоматизированным (автономным) ТС) определил приоритетные направления работы, ожидаемые результаты, сроки и порядок работы для осуществления деятельности по этим направлениям, принципы для автоматизированных (автономных) ТС, концепцию безопасности (кибербезопасности) и ее ключевые аспекты [6]. Работы должны быть направлены на разработку подробных технических требований, которые могут быть сформулированы в виде нормативных или ненормативных документов (например, руководств, рекомендаций, правил ООН, глобальных технических правил ООН). Приоритетные направления работы это [6]: функциональные требования для автоматизированных (автономных) ТС; новый метод оценки (испытаний); кибербезопасность и «беспроводное» обновление программного обеспечения; система хранения данных для автоматизированных ТС; регистратор данных об аварии.

Направление функциональные требования для автоматизированных (автономных) ТС должно охватывать, в том числе, требования к человеко-машинному интерфейсу (ЧМИ) и информации об операторе: в тех случаях, когда может потребоваться участие водителя в управлении ТС (например, в случае запроса на передачу управления), автоматизированное ТС должно осуществлять мониторинг вовлеченности водителя, с тем чтобы оценить его внимание и готовность полностью взять на себя управление ТС. Кроме того, автоматизированное ТС должно обеспечивать возможность взаимодействия с другими участниками дорожного движения (например, с помощью внешнего ЧМИ для определения рабочего состояния ТС и др.) [6]. Термин «мониторинг вовлеченность водителя» предполагает оценку его внимания и готовности полностью взять на себя управление ТС, в ряде работ [7,8] используется близкий по семантике термин «осведомлённости водителя о ситуационной обстановке» определяемый на основе видеонаблюдения камерами и интерпретируемый на основе автоматического анализа направление взгляда (оператора, водителя), наклонов головы, окулограммы, моргания глаз. В обзорах [7,8] представлено значительное количество работ, исследующих динамику изменения физиологических (психофизиологических) параметров (кроме указанных выше, это: электроэнцефалография и связанные с событиями потенциалы, частота сердечных сокращений (ЧСС) и вариабельность сердечного ритма (ВСР), артериальное давление, электродермальная активность (ЭДА), электромиография, тепловидение [8]) водителя в зависимости от уровня автоматизации и режимов движения ТС, но не представлены методы достоверно, в реальном масштабе времени и в автоматическом режиме, интерпретирующих текущее функциональное состояние водителя.

Поиск путей решения проблемы передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС, когда бортовые системы ТС не могут поддерживать далее «беспилотный» режим управления, сегодня находится на уровне поисковых исследований [7-10 и др.]. В работах [9-10], с междисциплинарных позиций, на основе системного подхода, сформулированы основные положения метода анализа потенциальной возможности водителя восстановить контроль над высокоавтоматизированным автомобилем по состоянию, основывающегося на осведомлённости о ситуационной обстановке по маршруту движения, мониторинге текущего функционального состояния и индивидуальных особенностях водителя.

Основные проблемы безопасности функционирования высокоавтоматизированных и беспилотных ТС сегодня. Эксперты по этому направлению считают, что защита ТС от киберугроз сегодня по-прежнему представляет собой серьёзную проблему. Определены

потенциальные векторы таких угроз [11]: атака на диагностические протоколы (например, протокол OBD2), удаленная атака на шины (CAN, LIN и др.) ТС, взломанные исполнительные устройства, атака на хранилище ключей (сертификатов), атака через мобильные устройства, перехват данных пользователя, эксплуатация программных уязвимостей, вредоносные обновления прошивки, доставка вирусов через сменные носители, атака через скаченные приложения, атака методом компрометации канала связи (например, атака посредника типа Man-in-the-Middle). Прежде всего в защите нуждаются блок управления двигателем, внутренняя сеть автомобиля, шлюз, доступ к глобальной сети, автомобильные облачные сервисы.

Сегодня среднестатистическое высокоавтоматизированное или беспилотное ТС обладает вычислительной мощностью примерно 20 компьютеров, содержит около ста миллионов строк программного кода, обрабатывает порядка 25 Гб данных в час [12]. Такие ТС сохраняют данные о технических сбоях узлов, агрегатов, бортовых систем; маршруты движения (локации в реальном масштабе времени); внешние условия прохождения маршрута; личные данные водителя, места остановок и их временные характеристики; коммуникационные данные (номера телефонов, длительность звонков). Потенциально такие данные могут использовать автопроизводители, сервисные центры обслуживания, разработчики и поставщики контента и др. С использованием таких данных потенциально возможно повысить безопасность движения, увеличить пропускную способность и снизить загруженность дорог, более точно определить причину дорожно-транспортного происшествия и др.

Очевидно, что при постоянном росте объемов информации генерируемой бортовыми системами ТС, бортовых вычислительных мощностей будет недостаточно и следует развивать методы и алгоритмы передачи информации, с использованием коммуникационной платформы (Cellular Vehicle to Everything (C-V2X)), в облачные сервисы для обработки информации, формирования и актуализации специализированных баз данных, с последующей передачей полученных результатов в бортовые системы ТС.

Известны и основные проблемы, возникающие при эксплуатации высокоавтоматизированных и беспилотных ТС [13 и др.]. По мнению экспертов автомобильной отрасли, сегодня ни одной из компаний не удалось создать автомобиль, который в автоматическом режиме передвигался по дорогам общего пользования и не представлял опасности ни для пассажиров, ни для других участников движения [13]. Страховой институт дорожной безопасности (IIHS) в США протестировал высокоавтоматизированные легковые автомобили четырех ведущих автомобильных концернов, тестировались системы удержания полосы движения на подъемах и спусках: все автомобили наезжали на сплошную линию разметки. Было выявлено большое количество ошибок систем распознавания дорожных знаков, если на них что-то нарисовано, наклеено, подверглись случайному загрязнению из внешней среды, в ряде случаев, тени от деревьев интерпретировались как препятствия. Атмосферные осадки существенно влияют на надежность датчиков сканирования пространства вокруг высокоавтоматизированных и беспилотных ТС, не надежно работают на мостах. Кроме того, влияния оказывают наличие снежного покрова на дороге, контрастность или полное отсутствие линий дорожной разметки, изменяется тормозной путь ТС на сухом и мокром дорожном покрытии, другие причины уменьшающие коэффициенты сцепления.

Заключение. Развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС), ADAS, систем активной безопасности (включающие высокоточные навигационные модули, работающие с несколькими ГНСС) и неуклонно возрастающий уровень автоматизации автомобилей позволяет ставить и решать принципиально новые задачи по безопасности функционирования транспортных систем “человек–машина”, причем автоматический анализ разнородных информационных потоков дает синергетический эффект. Информационное взаимодействие в

транспортных системах «человек-машина» – это взаимодействие иерархически выстроенных разно - функциональных бортовых систем мониторинга и управления (технических компонент транспортного средства, характеристик траекторного движения в привязке к навигационной координате, результатов работы ADAS, включая функциональное состояние водителя) между собой и внешними системами (прежде всего: ИТС, телематические сервисы, диспетчерские и экстренные службы) с целевой функцией повышения эффективности функционирования систем «человек-машина». Анализ информационного обмена в транспортных системах «человек-машина» с единых методологических позиций позволит, с приемлемой для решения прикладных задач точностью, формировать в реальном масштабе времени интегральную оценку состояния базовых компонент системы «человек-машина» и динамику изменения ситуационной обстановки, включая внешнюю среду, во взаимосвязях.

Список литературы

- [1] SAE J3016. Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems. Warrendale: Society of Automotive Engineers; 2014.
- [2] Валентин К. Будущее автомобильной промышленности: автомобиль, определяемый программным обеспечением / К. Валентин // Материалы междунар. автомобил. науч. форума «Интеллектуальные транспортные системы» (МАНФ-2017), Москва, 18–19 окт. 2017 г. [Электронное издание] / ААИ, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». — М., 2017. — R20171026.
- [3.] Intel:беспилотный автомобиль будет генерировать 4 Тбайт данных в день [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/automotive/autonomous-vehicles.html> /. – Дата доступа: 20.02.2020.
- [4] Савченко В.В. Поддубко С.Н. Интеграция пассивных систем помощи водителю с бортовыми системами автомобилей // Материалы междунар. автомобил. науч. форума «Интеллектуальные транспортные системы» (МАНФ-2017), Москва, 18–19 окт. 2017 г. [Электронное издание] / ААИ, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». — М., 2017. — R20171014.
- [5] Global Forum for Road Traffic Safety (WP.1) resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic.– document ECE/TRANS/WP.1/2018/4/Rev. – 14 January 2019, UNECE, Geneva.
- [6] Рамочный документ по автоматизированным/автономным транспортным средствам.– document ECE/TRANS/WP.29/2019/34. – 15 April 2019, UNECE, Geneva.
- [7] Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: a review of the empirical evidence / J. C. F. de Winter, R. Happee, M. H. Martens, N. A. Stanton // VDI Wissensforum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vdi-wissensforum.de/news/effects-of-adaptive-cruise-control-and-highly-automated-driving>. – Дата доступа: 20.02.2020.
- [8] A Review of Psychophysiological Measures to Assess Cognitive States in Real-World Driving/ Monika Lohani, Brennan R. Payne, David L. Strayer // Front. Hum. Neurosci., 19 March 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00057/full>. – Дата доступа: 20.02.2020.
- [9] Савченко, В.В. Проблема передачи управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах: метод мониторинга восприятия семантически бинарной релевантной информации водителем / В.В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – №2(47). – С. 14–19.
- [10.] <http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/534/1>[10] Savchenko V.V., Poddubko S.N. Cross-modal information flows in highly automated vehicles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 534 (2019). — 012003. — doi: 10.1088/1757-899X/534/1/012003. — Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/534/1>.
- [11.] Подключенные автомобили: обезопасить с самого начала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/blog/connected-cars-secure-by-design/17734/>. – Дата доступа: 26.02.2020.
- [12.] Подключенные авто и безопасность данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ccsu.ru/ru/news/podklyuchennye-avto-i-bezopasnost-dannih-infografika-97360> k/. – Дата доступа: 26.02.2020.
- [13.] Беспилотные авто и безопасность: в чем главные проблемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ccsu.ru/ru/news/bespilotnye-avto-i-bezopasnost-v-chem-glavnye-problemi-97293?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=email_anons_27_03_2019/. – Дата доступа: 26.02.2020.

INFORMATION FLOWS IN HIGH-AUTOMATED VEHICLES

V. V. SAVCHENKO

*Director of the Research and
Engineering Center «Onboard Control
Systems of Mobile Machines», Ph.D.,
associate professor*

State Scientific Institution “The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus.

Abstract. Automation levels of automobiles and the main information flows circulating in such “man-machine” systems are examined, in interrelations with the external functioning environment and the main trends in the development of functionality. The main provisions of the method for analyzing the potential driver’s ability to regain control of a highly automated car based on the knowledge of the situational situation along the route of movement, monitoring of the current functional state and individual characteristics of the driver are presented. The main safety problems during the operation of highly automated and unmanned vehicles are noted.

Keywords: highly automated vehicle, standard operation domain, communication platform, cloud services, transfer of control to the driver, driver assistant systems, “man-machine” system, automobile automation levels.