

УДК 681.518.5

Микаева Светлана Анатольевна, д. т. н., профессор,
МИРЭА – Российский технологический университет,
Москва

Mikaeva Svetlana Anatolyevna,
MIREA – Russian Technological University

Михалев Клим Андреевич, студент,
МИРЭА – Российский технологический университет,
Москва

Mikhalev Klim Andreevich,
MIREA – Russian Technological University

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕНСОРОВ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ INTERACTION OF SENSORS AND COMPUTING UNITS IN AUTONOMOUS DRIVING SYSTEMS

Аннотация: В статье рассматриваются принципы взаимодействия сенсоров и вычислительных платформ в системах автономного вождения. Описаны ключевые технологии обработки данных, алгоритмы объединения информации и перспективы развития данной области. Рассматриваются вызовы, связанные с вычислительной мощностью, синхронизацией сенсоров, устойчивостью к погодным условиям и кибербезопасностью.

Abstract: The article discusses the principles of interaction between sensors and computing platforms in autonomous driving systems. Key data processing technologies, algorithms for combining information, and prospects for the development of this field are described. Challenges related to computing power, sensor synchronization, weather resistance, and cybersecurity are considered.

Ключевые слова: сенсоры, вычислительные блоки, автономное вождение, алгоритмы обработки, искусственный интеллект, системы навигации.

Keywords: sensors, computing units, autonomous driving, processing algorithms, artificial intelligence, navigation systems.

Введение. Развитие автономных транспортных средств (АТС) стало возможным благодаря совершенствованию сенсорных технологий и вычислительных систем. Для корректной работы автопилота необходимо объединение данных с различных датчиков, таких как Лидары, Радары, камеры и инерциальные измерительные устройства. Основной задачей вычислительных блоков является обработка этой информации в реальном времени и принятие решений, обеспечивающих безопасность движения. В данной статье рассмотрены ключевые принципы взаимодействия сенсоров и вычислительных платформ в системах автономного вождения, а также вызовы и перспективы их развития.

1. Основные сенсорные системы в автономных автомобилях. Современные АТС используют несколько типов сенсоров, каждый из которых выполняет свою роль в построении точной картины окружающей среды [1 -6]:

- Лидары (Light Detection and Ranging) – создают трехмерные карты местности с высокой точностью. Используются для обнаружения препятствий и построения цифровых карт.

- Радары (Radio Detection and Ranging) – работают в различных частотных диапазонах, обеспечивая обнаружение движущихся и статичных объектов, независимо от погодных условий.



- Оптические камеры – распознают дорожные знаки, разметку, сигналы светофоров и других участников движения. Современные системы используют стереокамеры для глубинного анализа сцены.

- Ультразвуковые датчики – применяются для работы на малых скоростях (например, при парковке) и обнаружения близкорасположенных объектов.

- Инерциальные измерительные модули (IMU) и GPS – используются для определения точного положения автомобиля и его ориентации в пространстве.

2. Архитектура вычислительных систем в АТС. Обработка данных с сенсоров требует высокопроизводительных вычислений, осуществляемых в несколько этапов:

1. Сбор данных – информация поступает от сенсоров в центральный или распределенный вычислительный блок.

2. Предварительная обработка – фильтрация шумов, устранение ошибок измерений, синхронизация данных.

3. Слияние данных (sensor fusion) – комбинирование информации с различных сенсоров для формирования единого представления окружающей среды.

4. Принятие решений – применение алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) для выбора оптимального маршрута и стратегии движения.

5. Управление приводами – передача команд на системы рулевого управления, акселератора и торможения.

Основными аппаратными решениями для обработки данных в АТС являются мощные графические процессоры (GPU), программируемые логические интегральные схемы (FPGA) и специализированные чипы для нейросетевых вычислений (ASIC).

3. Алгоритмы слияния данных с сенсоров. Один из ключевых аспектов работы вычислительных блоков – алгоритмы объединения данных с разных сенсоров. Существуют три основных метода [7-12]:

- Слияние на уровне данных – объединение необработанных данных с различных сенсоров перед их анализом. Этот метод требует высокой вычислительной мощности, но обеспечивает максимальную точность.

- Слияние на уровне признаков – анализ данных на каждом сенсоре отдельно, выделение ключевых признаков и последующая интеграция информации.

- Слияние на уровне решений – обработка данных на каждом сенсоре с последующим объединением полученных результатов. Используется в менее критичных сценариях, например, в системах помощи водителю (ADAS).

Наиболее распространенной моделью является Калмановский фильтр и его вариации (например, расширенный и усовершенствованный фильтр Калмана), а также методы глубокого обучения, позволяющие адаптироваться к различным дорожным ситуациям.

4. Вызовы и перспективы развития. Несмотря на активное развитие технологий, существует ряд вызовов, связанных с взаимодействием сенсоров и вычислительных систем:

- Высокие требования к вычислительной мощности – обработка огромных объемов данных в реальном времени требует специализированных чипов и энергоэффективных алгоритмов.

- Синхронизация сенсоров – точность работы системы зависит от согласованности данных, полученных с различных источников.

- Устойчивость к сложным погодным условиям – дождь, снег, туман и другие факторы могут снижать точность сенсоров, что требует совершенствования алгоритмов обработки данных.

- Кибербезопасность – уязвимость автомобильных сетей может привести к внешнему вмешательству и угрозе безопасности движения.



Перспективы дальнейшего развития связаны с совершенствованием нейросетевых процессоров, внедрением квантовых вычислений, развитием технологий связи V2X (Vehicle-to-Everything) и увеличением автономности систем управления транспортными средствами.

Заключение. Эффективное взаимодействие сенсоров и вычислительных систем является ключевым элементом автономного вождения. Современные технологии позволяют интегрировать данные с множества источников и принимать безопасные решения в режиме реального времени. Однако дальнейшее развитие требует улучшения алгоритмов обработки информации, повышения вычислительных мощностей и обеспечения надежности работы в любых условиях. В ближайшие годы ожидается внедрение новых технологий, которые приблизят АТС к полному уровню автономности и сделают дороги безопаснее.

Список литературы:

1. Thrun, S., Montemerlo, M. The Google Self-Driving Car Project // *Journal of Field Robotics*. – 2011. – Vol. 34 (3). – P. 465–472.
2. Buehler, M., Iagnemma, K., Singh, S. The DARPA Urban Challenge: Autonomous Vehicles in City Traffic // *Springer Tracts in Advanced Robotics*. – Springer, 2009. – 576 p.
3. Paden, B., Čáp, M., Yong, S.Z., Yershov, D., Frazzoli, E. A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles // *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*. – 2016. – Vol. 1 (1). – P. 33–55.
4. Levinson, J., Askeland, J., Becker, J. Towards Fully Autonomous Driving: Systems and Algorithms // *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*. – 2011. – P. 163–168.
5. Chen, T., Wu, Q., Liu, Y. Sensor Fusion for Autonomous Vehicles: A Review and Outlook // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2022. – Vol. 23 (4). – P. 2407–2423.
6. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // *Journal of Basic Engineering*. – 1960. – Vol. 82 (1). – P. 35–45.
7. Ziegler, J., Bender, P., Schreiber, M. Making Bertha Drive – An Autonomous Journey on a Historic Route // *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*. – 2014. – Vol. 6 (2). – P. 8–20.
8. Mohajerpoor, R., Wang, X., Song, Y. Deep Learning-Based Sensor Fusion Techniques for Autonomous Vehicles: A Survey // *Neural Networks*. – 2023. – Vol. 160. – P. 165–182.
9. Глушков, С.В., Иванов, В.В. Автономные транспортные системы: принципы работы и перспективы развития // *Вестник машиностроения*. – 2021. – №7. – С. 45–57.
10. Сидоров, А.П., Колесников, Н.И. Объединение данных с многомодальных сенсоров в системах автономного управления транспортом // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. – 2022. – №3. – С. 98–110.
11. Кузнецов, В.А., Морозов, Д.С. Роль вычислительных платформ в автономных автомобилях: современные тенденции // *Автомобильная промышленность*. – 2023. – №5. – С. 23–35.
12. Государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Доступ: <https://digital.gov.ru> (дата обращения: 27.02.2025).

