

УДК 004.9

## РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ И ФИКСАЦИИ ОПЕРАЦИОННЫХ ИНЦИДЕНТОВ

**Ходырев Андрей Андреевич**, магистрант, направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия  
e-mail: kissejau@yandex.ru

**Сибеева Гульназ Рашитовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры цифровых систем и моделей, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия  
e-mail: sibaeva.gr@kgeu.ru

**Аннотация.** В условиях цифровизации транспортного комплекса и роста требований к безопасности и эффективности перевозок организации сталкиваются с необходимостью перехода от пассивного мониторинга местоположения транспортных средств к активному анализу их операционной деятельности. Современные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) генерируют значительные объемы телематических данных, которые содержат временные и пространственные метки выполнения рейсов [6]. Эти данные, однако, редко используются для автоматического выявления инцидентов в реальном времени, таких как отклонения от маршрута, нарушения расписания или несанкционированные остановки. Разрабатываемый аналитический модуль реализует комплексный подход на основе событийной архитектуры и пространственного анализа, обеспечивая автоматическое обнаружение, классификацию и фиксацию операционных нарушений для поддержки принятия управленческих решений.

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы (ИТС), мониторинг транспорта, операционные инциденты, геозоны, контроль маршрута, событийная архитектура, потоковая обработка данных.

**Для цитирования:** Ходырев А. А., Сибеева Г. Р. Разработка аналитического модуля для интеллектуальной транспортной системы по выявлению и фиксации операционных инцидентов // Шаг в науку. – 2026. – № 1. – С. 23–27.

## DEVELOPMENT OF AN ANALYTICAL MODULE FOR AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM FOR IDENTIFYING AND RECORDING OPERATIONAL INCIDENTS

**Khodyrev Andrey Andreevich**, postgraduate student, training program 09.04.01 Computer Science and Computer Engineering, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia  
e-mail: kissejau@yandex.ru

**Sibaeva Gulnaz Rashitovna**, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Systems and Models, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia  
e-mail: sibaeva.gr@kgeu.ru

**Abstract.** In the context of digitalization of the transport complex and growing demands for safety and transportation efficiency, organizations face the need to transition from passive monitoring of vehicle locations to active analysis of their operational activities. Modern Intelligent Transport Systems (ITS) generate significant volumes of telematic data containing temporal and spatial markers of trip execution [6]. However, this data is rarely used for the automatic real-time detection of incidents such as route deviations, schedule violations, or unauthorized stops. The development analytical module implements a comprehensive approach based on an event-driven architecture and spatial analysis, enabling the automatic detection, classification, and recording of operational violations to support management decision-making.

**Key words:** Intelligent Transport Systems (ITS), transport monitoring, operational incidents, geofences, route control, event-driven architecture, data stream processing.



---

**Cite as:** Khodyrev, A. A., Sibaeva, G. R. (2026) [Development of an analytical module for an intelligent transport system for identifying and recording operational incidents]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 23–27.

### Введение

Актуальность разработки модуля обусловлена общей тенденцией цифровизации сложных инфраструктурных и логистических систем, где ключевую роль играет создание цифровых моделей для анализа и оптимизации бизнес-процессов [2]. Как показано в исследованиях по моделированию логистики нефтяных компаний, интеграция пространственных данных, показателей эффективности и имитационного моделирования позволяет выявлять резервы для повышения операционной прибыли и оптимизации инфраструктуры. Аналогичный принцип – переход от пассивного наблюдения к активному анализу и управлению на основе данных – лежит в основе нашего подхода к мониторингу транспортных операций.

В процессе эксплуатации транспортных средств формируются потоки телематических данных, содержащие пространственно-временные метки, включающие в себя координаты, скорость, направление движения и состояние бортовых систем. Совокупность этих данных с привязкой к плановым заданиям (нарядам, маршрутам, расписаниям) позволяет анализировать соответствие фактической деятельности установленным нормам [1]. Нашей задачей является разработка специализированного аналитического модуля, который в режиме, близком к реальному времени, коррелирует поток телематики с бизнес-правилами, выявляет отклонения и формирует структурированные инциденты. Подход основан на модульной событийно-ориентированной архитектуре, объединяющей специализированные сервисы для различных аспектов контроля.

Источником информации выступают потоки данных от бортового оборудования транспортных средств (GPS/ГЛОНАСС-трекеры, телематические блоки), а также плановые данные из систем диспетчеризации и управления перевозками [7]. На основе этих данных формируются ключевые метрики и события: факт пересечения геозон, соответствие фактического местоположения заданному маршруту, отклонение времени прибытия/отправления от расписания, длительность простоя, факт потери связи с объектом [5]. Цели модуля – автоматизация контроля операционной дисциплины, сокращение времени реакции на нарушения, повышение безопасности перевозок и оптимизация использования транспортного парка.

### Архитектура модуля

Архитектура модуля спроектирована с учетом принципов предметно-ориентированного проек-

тирования (Domain-Driven Design, DDD), которые являются ключевыми для создания согласованных и поддерживаемых микросервисных систем [3]. В соответствии с подходом DDD, вся предметная область операционного контроля была разделена на ограниченные контексты (bounded contexts), каждый из которых реализован в виде специализированного сервиса (контроль маршрута, расписания, геозон и т.д.). Это обеспечивает четкие границы ответственности, высокую связность внутри сервисов и слабую связанность между ними, что упрощает разработку, тестирование и масштабирование системы.

Модуль имеет микросервисную архитектуру, основанную на событийно-ориентированной модели взаимодействия, и включает несколько ключевых компонентов.

Ядром системы является сервис геопространственного анализа, ответственный за обработку всех входящих координат, управление библиотекой геозон (полигонов и коридоров) и определение фактов их пересечения. Он действует как централизованный поставщик сырых пространственных событий для вышестоящих аналитических сервисов.

Над ядром работают специализированные сервисы предметно-ориентированного контроля, каждый из которых регистрирует в сервис геопространственного анализа собственный набор правил и обрабатывает поступающие от него события:

- сервис контроля регулярности: сопоставляет фактические точки прибытия и отправления с временными окнами планового расписания, фиксируя опоздания или преждевременное следование. Подобные задачи прогнозирования временных параметров являются актуальными для ИТС [4];

- сервис контроля маршрутной дисциплины: определяет отклонение транспортного средства от заданного коридора (допустимого пути следования), формируя инциденты «схода с маршрута»;

- сервис контроля пользовательских геозон: позволяет диспетчерам задавать произвольные зоны (например, зоны запрета остановки, опасные участки) и получать уведомления об их пересечении.

Отдельный сервис мониторинга состояния связи анализирует временные промежутки между телематическими сообщениями и фиксирует факт потери связи с объектом как критический инцидент.

Модель модуля, представленная на рисунке 1, формализует процесс обработки данных от момента их поступления до формирования финального инцидента.

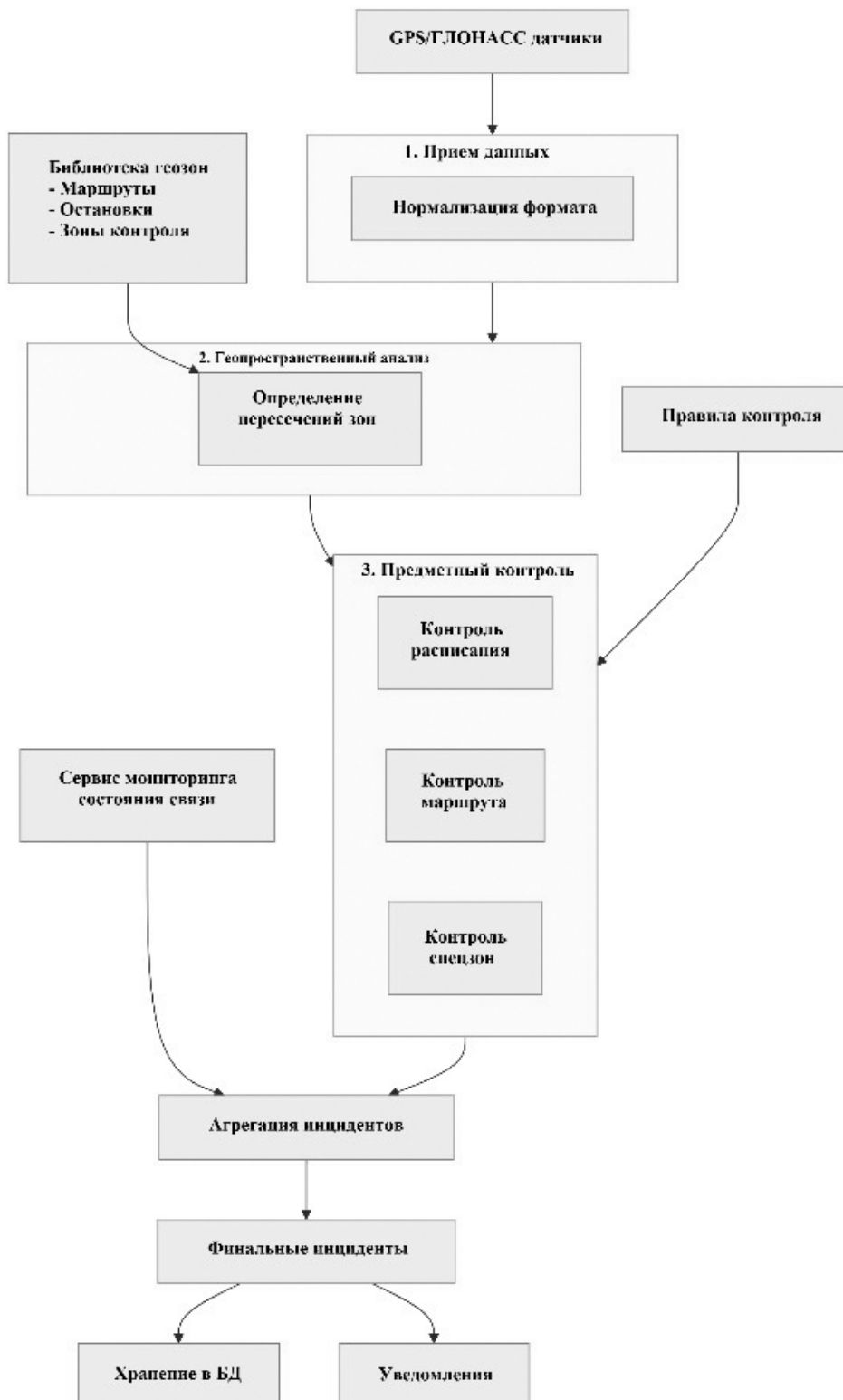


Рисунок 1. Модель аналитического модуля для интеллектуальной транспортной системы  
Источник: разработано авторами

Последовательность ключевых этапов модели аналитического модуля для интеллектуальной транспортной системы:

1. Этап приема и нормализации данных. На этом этапе осуществляется прием сырых телематических сообщений от датчиков, их валидация и преобразование в единый внутренний формат, что обеспечивает согласованность данных для всех последующих этапов анализа.

2. Этап геопространственного анализа. Обработанные данные о местоположении поступают в ядро системы. Здесь выполняется операция пространственного присоединения с библиотекой геозон (маршруты, остановки, пользовательские зоны), результатом которой является фиксация факта и времени пересечения.

3. Этап предметно-ориентированного контроля. События о пересечении геозон передаются в специализированные сервисы контроля, где происходит их корреляция с контекстными бизнес-правилами (расписания, маршруты, спецзоны).

#### Технологический стек и модель обработки данных

Обработка высокоскоростных потоков телематики обеспечивается брокером сообщений Apache Kafka, что гарантирует надежность и горизонтальную масштабируемость. Сервисы, реализованные на языке Golang, взаимодействуют через высокопроизводительный протокол gRPC для синхронных вызовов и используют RabbitMQ для организации асинхронных рабочих очередей (например, для отправки уведомлений).

Модель хранения данных построена по прин-

ципу разделения операций чтения и записи (CQRS – Command Query Responsibility Segregation). Операционные справочные данные (правила, метаданные транспортных средств, учетные записи) хранятся в PostgreSQL. Для записи и аналитической обработки больших объемов телематической истории и событий используется ClickHouse, что позволяет выполнять быстрые агрегации и ретроспективный анализ. Redis применяется для кэширования актуального состояния объектов и горячих данных, минимизируя время отклика системы.

#### Заключение

Разработанный аналитический модуль представляет собой специализированное решение для комплексного контроля операционной деятельности в рамках интеллектуальных транспортных систем. Его внедрение позволяет перейти от реагирования на уже произошедшие события к проактивному управлению, основанному на автоматическом выявлении отклонений.

Основной результат работы – создание целостной, масштабируемой системы, которая не только фиксирует нарушения, но и формирует структурированную доказательную базу для их анализа. Это способствует повышению дисциплины перевозок, оптимизации маршрутов и графиков движения, а также повышает общий уровень безопасности на транспорте. Дальнейшее развитие модуля может быть связано с интеграцией алгоритмов машинного обучения для прогнозирования вероятности инцидентов на основе исторических данных и текущего контекста (погода, дорожная обстановка), что является перспективным направлением в развитии ИТС.

#### Литература

1. Агафонов А. А., Юмаганов А. С., Мясников В. В. Анализ больших данных в геоинформационной задаче краткосрочного прогнозирования параметров транспортного потока на базе метода k ближайших соседей // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 6. – С. 1101–1111. – <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2018-42-6-1101-1111>. – EDN: MKERMT.
2. Смирнов Ю. Н. Цифровой двойник нефтяной компании // Развитие цифровой экономики как одно из приоритетных направлений «Стратегии-2030 Республики Татарстан»: Материалы научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 54–59. – EDN: YSVRLV.
3. Фомин А. В. Роль предметно-ориентированного проектирования в микросервисной архитектуре на примере автоматизированной системы краудсорсинга // Тинчуринские чтения – 2024 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции, Казань, 24–26 апреля 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 110–113. – EDN: MWPWU.
4. Agafonov A. A., Yumaganov A. S. (2019) Performance comparison of machine learning methods in the bus arrival time prediction problem. *CEUR Workshop Proceedings: DS-ITNT 2019 – Proceedings of the Data Science Session at the 5th International Conference on Information Technology and Nanotechnology, Samara, 21–24 мая 2019 года*. Vol. 2416. – Samara. – pp. 57–62. – <https://doi.org/10.18287/1613-0073-2019-2416-57-62>. – EDN: OIAUZZ.

5. Kuraksin A., Shemyakin A., Parshkov A. (2020) Integrated assessment of traffic management efficiency in real time based on DTA model. *Transportation research Procedia: XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020)*, Санкт-Петербург, 23–26 сентября 2020 года. Vol. 50. – Санкт-Петербург: Institute for Road Safety SPbGASU. – pp. 337–345. – <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.040>. – EDN: FZPWDK.

6. Lyapin S., et al. (2020) Proactive Control of Transport Flows of the Ramps-Mainline System in Intelligent Transportation and Logistics Systems. *Proceedings–2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020: 2*, Virtual, Lipetsk, 10–13 ноября 2020 года. Vol. 2nd International Conference. – Virtual, Lipetsk. – pp. 782–787. – <https://doi.org/10.1109/SUMMA50634.2020.9280783>. – EDN: XDHAEE.

7. Miftakhova A. R., et al. (2018) Development of the online monitoring system of public transport. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – Vol. 10. – No. 13 Special Issue, pp. 541–546. – EDN: FZTKBU.

Статья поступила в редакцию: 20.12.2025; принята в печать: 27.02.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.