

УДК 004.9

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.52.1.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.52.1.003)

Интегральный мониторинг показателей функционирования транспортных систем

О.К. Головнин¹✉, Е.В. Чекина¹, Д.М. Иванова²

¹Самарский государственный медицинский университет, Самара,
Российская Федерация

²ООО «Открытый код», Самара, Российская Федерация

Резюме. Статья посвящена актуальной проблеме разработки единого информационного пространства непрерывного мониторинга показателей функционирования транспортных систем для обеспечения информационной поддержки при принятии управленческих решений по обеспечению эффективного и безопасного функционирования городской среды. Рассмотрена задача перехода от разрозненного анализа отдельных компонентов транспортных систем к комплексному и системному представлению о транспортной инфраструктуре на базе интегрированных платформ, объединяющих разнородные данные для решения комплексных задач городской мобильности. Предложена методика интегрального мониторинга показателей функционирования транспорта, предназначенная для агрегации и анализа данных из множества источников в едином цифровом пространстве в процессе принятия стратегических управленческих решений в транспортной сфере. Методика обеспечивает последовательный переход от структурированного описания процедуры обработки данных к соответствующей ей информационной модели данных. Методика реализована в составе цифровой платформы интегрального мониторинга. Выполнена апробация на доступных открытых данных, отражающих состояние транспортной системы Санкт-Петербурга. Применение полученных результатов позволяет оперативно выявлять аномалии, оценивать эффективность транспортных инициатив и диагностировать состояние транспортной системы, а также принимать обоснованные управленческие решения. Материалы статьи представляют практическую ценность для специалистов в области транспортной инфраструктуры и управления городской мобильностью.

Ключевые слова: интегральный мониторинг, безопасность дорожного движения, оптимизация городской мобильности, интеллектуальная транспортная система, цифровая платформа.

Для цитирования: Головнин О.К., Чекина Е.В., Иванова Д.М. Интегральный мониторинг показателей функционирования транспортных систем. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2026;14(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2120> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.52.1.003

Integrated monitoring of transport system performance indicators

O.K. Golovnin¹✉, E.V. Chekina¹, D.M. Ivanova²

¹Samara State Medical University, Samara, the Russian Federation

²Open Source LLC, Samara, the Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the urgent problem of developing a unified information space for continuous monitoring of indicators of the functioning of transport systems to provide information support when making managerial decisions to ensure the effective and safe functioning of the urban environment. The paper considers the task of moving from a disparate analysis of individual components of transport systems to a comprehensive and systematic view of transport infrastructure based on integrated platforms that combine heterogeneous data to solve complex urban mobility problems. A methodology for integrated monitoring of transport performance indicators is proposed, designed to

aggregate and analyze data from multiple sources in a single digital space in the process of making strategic management decisions in transport. The methodology provides a consistent transition from a structured description of the data processing procedure to the corresponding information data model. The methodology is implemented as part of a digital integrated monitoring platform. Testing has been performed on available open data reflecting the state of the St. Petersburg transport system. The application of the obtained results makes it possible to quickly identify anomalies, evaluate the effectiveness of transport initiatives and diagnose the condition of the transport system, as well as make informed management decisions. The materials of the article are of practical value for specialists in the field of transport infrastructure and urban mobility management.

Keywords: integrated monitoring, road safety, urban mobility optimization, intelligent transport system, digital platform.

For citation: Golovnin O.K., Chekina E.V., Ivanova D.M. Integrated monitoring of transport system performance indicators. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(1). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2120> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.52.1.003

Введение

Функционирование современной транспортной системы города описывается множеством параметров: от статистики дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и характеристик транспортных потоков до уровня загрязнения воздуха и шумового загрязнения. Каждый из этих аспектов важен и требует непрерывного мониторинга для обеспечения эффективного и безопасного функционирования городской среды. Однако многогранность сферы и колоссальные объемы разнородных данных, поступающих из различных источников, значительно осложняют ее изучение и управление, что создает проблему фрагментации данных, которая не позволяет получить целостную картину происходящего и затрудняет принятие обоснованных управленческих решений на стратегическом уровне управления.

Современные исследования в области мониторинга транспортной инфраструктуры подчеркивают необходимость перехода к интегрированным платформам, объединяющим разнородные данные для решения комплексных задач городской мобильности. Технологии, позволяющие работать с большими объемами данных, цифровая трансформация и системы, позволяющие интегрировать информацию из разных источников, становятся ключевыми инструментами для решения этих задач и позволяют перейти от разрозненного анализа отдельных компонентов к комплексному и системному представлению о транспортной инфраструктуре.

В настоящей работе предлагается методика интегрального мониторинга показателей функционирования транспортных систем, которая призвана решить проблему фрагментации данных при принятии стратегических решений.

Современные исследования в области мониторинга транспортной инфраструктуры и интеллектуальных транспортных систем (ИТС) подчеркивают необходимость перехода к интегрированным платформам, объединяющим разнородные данные для решения комплексных задач городской мобильности. Ключевой идеей является создание единой многоуровневой архитектуры, охватывающей физическую инфраструктуру, сенсоры, сети и платформы аналитики [1]. Такой подход позволяет перейти к управлению, основанному на данных (data-driven).

Ряд научных работ фокусируется на технологической стороне проектирования ИТС, предлагая конкретные архитектурные решения и подходы. Так, в [2] представлена архитектура интеллектуальной облачной платформы для диспетчеризации транспорта, основанная на трехуровневой структуре IoT. Описанная система интегрирует данные с GPS/ГЛОНАСС, видеоаналитику и информацию о пассажиропотоках и позволяет осуществлять динамическое управление парком транспорта и визуализацию данных в

режиме реального времени, однако ее фокус ограничен управлением общественным транспортом. В [3] исследовано применение аналитики больших данных в ИТС и предложена обобщенная архитектура, включающая уровни сбора, хранения, аналитики и визуализации данных. Важным результатом этой работы является демонстрация того, как внедрение подобных подходов позволяет переходить к data-driven управлению транспортом: оптимизировать логистические маршруты, прогнозировать дорожные заторы, оценивать влияние аварий на транспортные потоки и обосновывать решения по развитию транспортной инфраструктуры (например, строительство новых линий метро, выделенных полос). При этом, в [4] достигнута точность прогнозирования условий дорожного движения 97,45 %, что подтверждает эффективность интеграции аналитики больших данных и технологий облачных вычислений для оценки эффективности различных транспортных инициатив.

Одной из проблем, решаемых с использованием платформ комплексного транспортного мониторинга, является вопрос мониторинга экологической обстановки транспортной инфраструктуры. Подход, представленный в [5], предоставляет возможность проведения прогнозного моделирования концентраций вредных веществ в отработавших газах вблизи автомагистралей на основе обработки данных о скоростном режиме, составе транспорта и метеорологических условиях, интегрируемых с датчиков учета интенсивности транспортных потоков, и параметрами атмосферного мониторинга.

Примеры успешного внедрения ИТС [6, 7] показывают, что использование интеллектуальных технологий значительно улучшает качество жизни населения за счет повышения безопасности дорожного движения, сокращения времени ожидания и задержек транспорта, снижения расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ. При этом в качестве основных данных выступает информация с сети датчиков и камер видеонаблюдения в реальном времени, которая стекается в единый аналитический центр; используется централизованно-распределенная архитектура, что позволяет обрабатывать с помощью современных технологий большой массив данных.

В [8] представлен анализ международных проектов умных дорог, ключевыми технологическими компонентами которой является связь V2X для обмена данными между транспортными средствами и инфраструктурой, а также распределенная сеть интеллектуальных агентов. Архитектура предложенных решений строится вокруг взаимодействующих между собой компонентов – агентов, которые ответственны за разные функции: мониторинг состояния транспорта, автоматизированное реагирование на инциденты и т. п. Внедрение подобных систем продемонстрировало сокращение аварийности более, чем в два раза, и увеличение пропускной способности дорог. При этом осуществляется оптимизация пассажиропотоков и снижение реагирования экстренных служб до 15 минут.

В [9] продемонстрирован подход представления объединенной информации в цифровом формате путем синтеза пространственных, воздушных, наземных и геофизических исследований для проведения глубокого анализа данных, что способствует получению актуальной информации для мониторинга и оценки состояния транспортных средств.

Однако перечисленные системы представляют собой набор разрозненных компонентов, каждый из которых решает свою специальную задачу. Такой подход приводит к фрагментации данных и не позволяет получить целостную картину происходящего для принятия стратегических решений, что подтверждается в обзорах, посвященных устойчивому развитию умных городов [10], что, в свою очередь, приводит к необходимости внедрения интегрированных платформ, объединяющих разнородные данные для решения комплексных задач.

Таким образом, анализ литературы показывает, что, несмотря на значительные

достижения в разработке отдельных компонентов ИТС, остается нерешенной проблема их комплексной интеграции. Существующие решения часто фокусируются на одной из областей – оптимизации трафика, экологическом мониторинге или управлении общественным транспортом, – не позволяя анализировать их взаимосвязи. В связи с этим, в данной работе предлагается методика интегрального мониторинга транспорта, ключевым преимуществом которой является агрегация и совместный анализ разнородных данных для системного управления транспортной системой города. Методика реализуется на основе цифровой платформы интегрального мониторинга (ЦПИМ) [11].

Материалы и методы

Методика интегрального мониторинга формирует среду, в которой происходит объединение различных потоков данных, представленных в разных форматах в различных системах, собираемых из множества источников:

- данные о дорожном движении: интенсивность транспортных потоков, средняя скорость движения, показания дорожных датчиков и радаров, а также информация о ДТП;
- данные общественного транспорта: местоположение транспортных средств в реальном времени, пассажиропоток, расписание и данные о пересадках;
- экологические данные: показания стационарных и мобильных датчиков качества воздуха, а также метеорологические данные;
- ситуационные данные: информация о погодных условиях, дорожных работах и городских мероприятиях, влияющих на транспортную ситуацию.

При этом необходимо осуществлять дополнение формально заданных моделей процессов моделями данных (Рисунок 1).

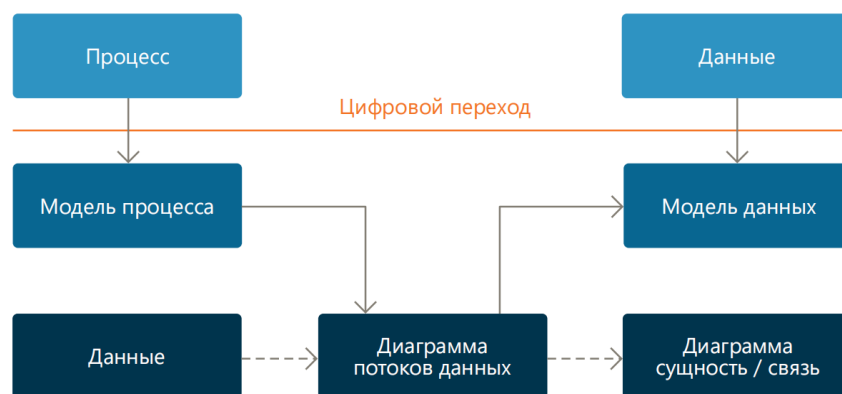


Рисунок 1 – Схема цифрового перехода при обработке данных транспортных систем
Figure 1 – Digital transition scheme for data processing of transport systems

Такой подход обеспечит единообразие терминологии, стандартизацию типов и форматов данных, а также позволит регламентировать правила обработки, хранения и передачи данных в транспортных системах. Методика обеспечивает последовательный переход от структурированного описания процедуры обработки данных к соответствующей ей информационной модели данных. Реализация этапов методики включает проверку полноты перечня используемых и генерируемых данных на каждом этапе процесса, формирование информационной модели и ее последующую автоматизированную верификацию на предмет целостности, согласованности и отсутствия противоречий.

Дополнительно методика способствует установлению соответствия наименований и типов данных, взаимодействующих с внешними системами, что облегчает интеграционные процессы без масштабного изменения архитектуры информационного пространства.

Диаграмма потоков данных служит инструментом визуализации входных и выходных данных каждого этапа процесса, а также предназначена для анализа и проверки правильности маршрутов движения данных, отражающих информационное взаимодействие с внешними системами, источниками и потребителями данных. На основе представленной диаграммы потоков данных осуществляется генерация информационной модели (схемы данных) сущность/связь. Для целей предлагаемого подхода применяется упрощенная версия указанной нотации, обеспечивающая разделение ключевых элементов данных на сущностные объекты, характеризующиеся набором атрибутов, и объединяемые отношениями. Модель данных представляется в виде диаграммы, содержащей атрибуты, сущности и связи, которые описывают элементы данных, получаемые на основе списка входных/выходных данных транспортной системы (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Представление данных транспортных систем в модели процесса
Figure 2 – Representation of transport system data in a process model

Введем формальное математическое описание предложенной методики. Множество источников данных S представляется как

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_N\}, i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где s_i – источник данных с номером i , N – общее количество источников данных.

Множество процессов обработки данных P , которые могут быть применены к данным (например, фильтрация, агрегация, анализ, трансформация), определяется как

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_M\}, j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

где p_j – процесс обработки данных с номером j , M – общее количество процессов обработки данных.

Представим процесс p_j в виде упорядоченной совокупности функций (шагов), выполняемых во времени:

$$p_j = f(S_i, t_k) = \langle f_1(s_i, t_k), f_2(s_i, t_{k+1}), \dots, f_l(s_i, t_{k+l}) \dots, f_L(s_i, t_{k+L}) \rangle \rightarrow c_j, \quad (3)$$

где f_l – функция обработки данных на шаге l , l – общее количество шагов в процессе, $l = \overline{1, L}$, t_k – метка времени (дискретного) получения данных и выполнения шага, c_j – набор данных (контент) источника j , над которым выполняется операция.

С точки зрения хранения и обработки набор данных c_j описывается как множество из B кортежей из трех элементов каждый:

$$c_j = \{\langle d, o, v \rangle_1, \langle d, o, v \rangle_2, \dots, \langle d, o, v \rangle_j, \dots, \langle d, o, v \rangle_B\}, \quad (4)$$

где d – домен (тип) данных, определяющий формат данных, o – структура (организация) данных, v – значение.

Методика интегрального мониторинга предназначена для анализа действующих процессов обработки данных, их оптимизации, а также разработки и внедрения новых процессов в рамках цифровой трансформации на транспорте. Таким образом, модифицированный процесс обработки данных представляется как

$$\widehat{p}_j = \widehat{f}(S_i, t_k, \langle E_j, R_j \rangle), \quad (5)$$

где E_j – множество сущностей модели данных, R_j – множество связей модели данных.

Множество сущностей модели данных представим как

$$E_j = \{e_1, e_2, \dots, e_z, \dots, e_Z\}, z = \overline{1, Z}. \quad (6)$$

Каждая сущность представляет собой кортеж

$$e_z = \langle name, a_1, a_2, \dots, a_u, \dots, a_U \rangle, \quad (7)$$

где $name$ – имя сущности, a_u – атрибуты сущности, $u = \overline{1, U}$.

Множество связей в модели данных представим как

$$R_j = \langle r_1, r_2, \dots, r_h, \dots, r_H \rangle, h = \overline{1, H}, \quad (8)$$

где $r = \langle e_i, e_j, x \rangle$ – связь между сущностями с номерами i и j с типом связи x .

Функция формирования модели задается как

$$g(p_j) \rightarrow \langle E_j, R_j \rangle \quad (9)$$

при следующих ограничениях: обеспечения целостности данных $integrity(c_j) \in \{0,1\}$; обеспечения согласованности данных $consistency(c_j) \in \{0,1\}$; непротиворечивости данных $coherence(c_j) \in \{0,1\}$.

Тогда множество источников и модификаций и процессов определит интегральный подход к мониторингу $\langle S, \widehat{P} \rangle$, позволяя получить набор данных

$$C(S, \widehat{P}) = \{c_j\}, \quad (10)$$

для которых выполняются ограничения: $integrity(C_j)_{c_j \in C} = 1$, $consistency(C_j)_{c_j \in C} = 1$, $coherence(C_j)_{c_j \in C} = 1$.

На Рисунке 3 представлена диаграмма последовательности, описывающая процесс обработки данных при интегральном мониторинге транспорта. Физические устройства (камеры, датчики, GPS/ГЛОНАСС) отправляют информацию в режиме реального времени в модуль приема данных, который также активно запрашивает информацию из новостных источников, связанных с транспортной сферой. После получения данные тегируются, объединяются (с учетом поступления из разных источников) и проходят этап классификации. В случае, если обнаруживаются аномалии, то сведения о них подлежат инцидент-анализу. Весь массив обработанных данных сохраняется для последующего использования и мониторинга.

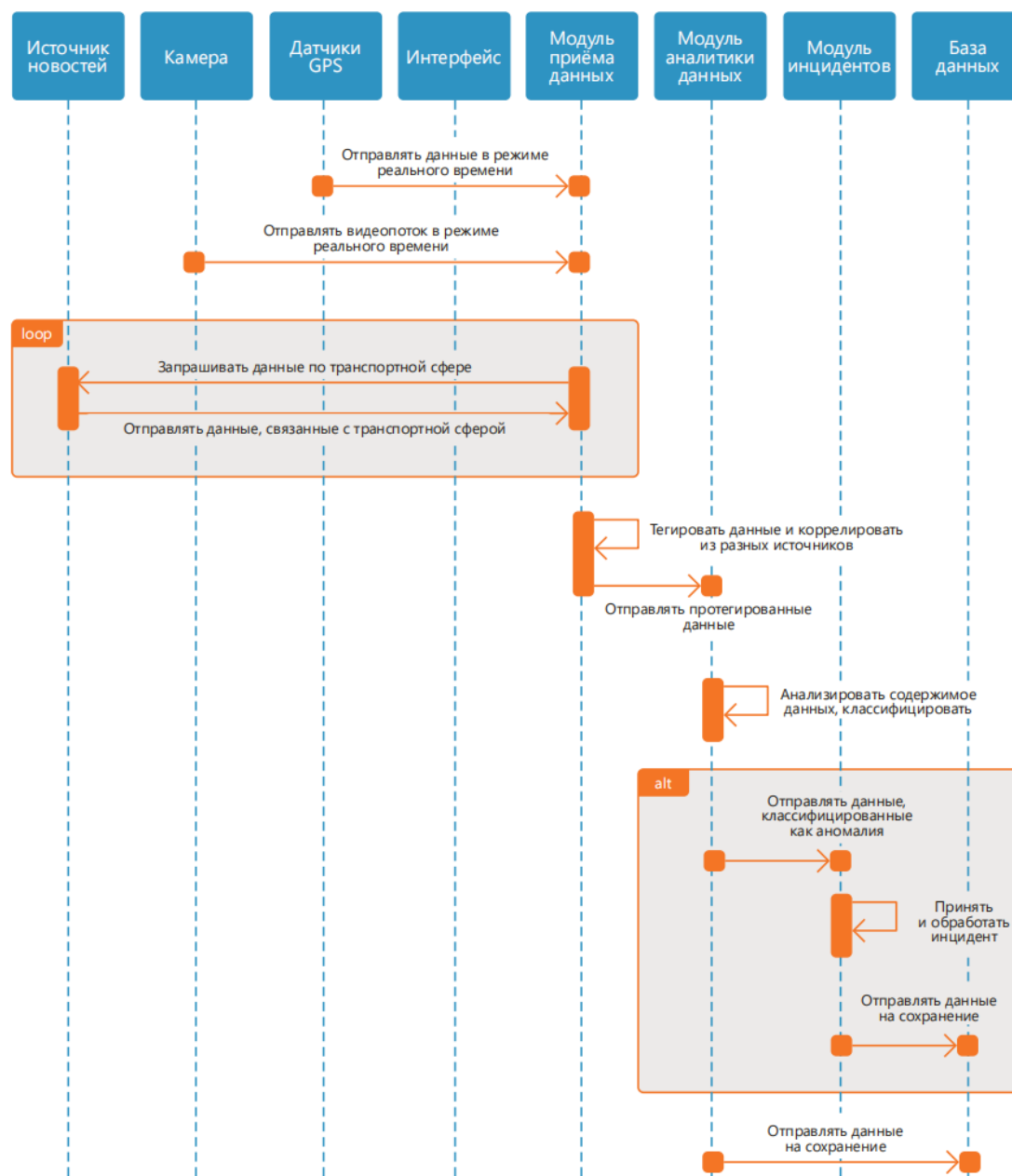


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности для процесса обработки данных в ходе интегрального мониторинга

Figure 3 – Sequence diagram for the data processing process during integrated monitoring

Результаты

Выполнена программная реализация методологии интегрального мониторинга показателей функционирования транспортных систем на основе ЦПИМ [11]. В ЦПИМ на основе данных осуществляется построение ретроспективных дашбордов и рассчитывается предиктивная аналитика, а при накоплении достаточного объема данных выполняется прогноз по поведению и поиск инцидентов. На интерактивной карте отображается загруженность дорог, показатели транспортных потоков, отдельные события, например, ДТП. После запуска ЦПИМ активируется периодический запрос к базе данных для обновления информации на пользовательских дашбордах. Интерфейс динамически обновляет визуализацию на основе полученных данных. При выявлении аномалий, ЦПИМ автоматически инициирует глубокий анализ в модуле инцидентов.

После этого полученная информация сохраняется в базе данных и отображается в виде Push-уведомления пользователю. Аprobация выполнена на основе доступных в сети Интернет открытых исходных данных для Санкт-Петербурга.

На Рисунке 4 представлен экран ЦПИМ с дашбордами, на которых зафиксирована аналитика изменения основных показателей транспортной системы и их мониторинг в режиме реального времени. Такой дашборд позволяет оперативно выявлять аномалии, оценивать эффективность транспортных инициатив и диагностировать состояние транспортной системы, а также принимать обоснованные управленческие решения.

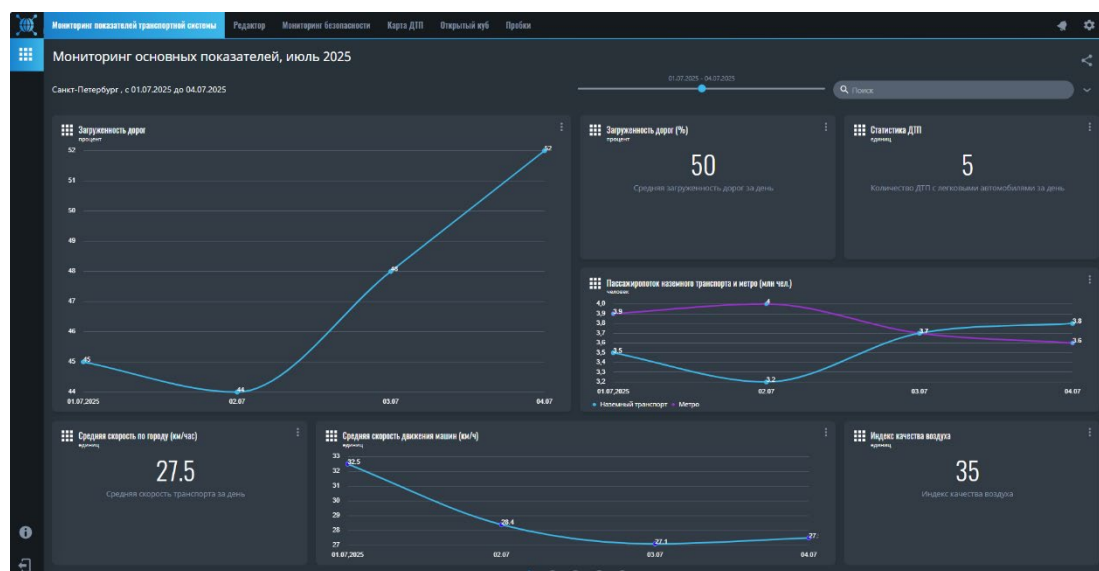


Рисунок 4 – Интегральный мониторинг основных показателей в сфере транспорта
Figure 4 – Integrated monitoring of key transport indicators

На Рисунке 5 представлены виджеты ЦПИМ, предназначенные для поддержки принятия стратегических решений на основе интегрального мониторинга показателей функционирования транспортной системы.

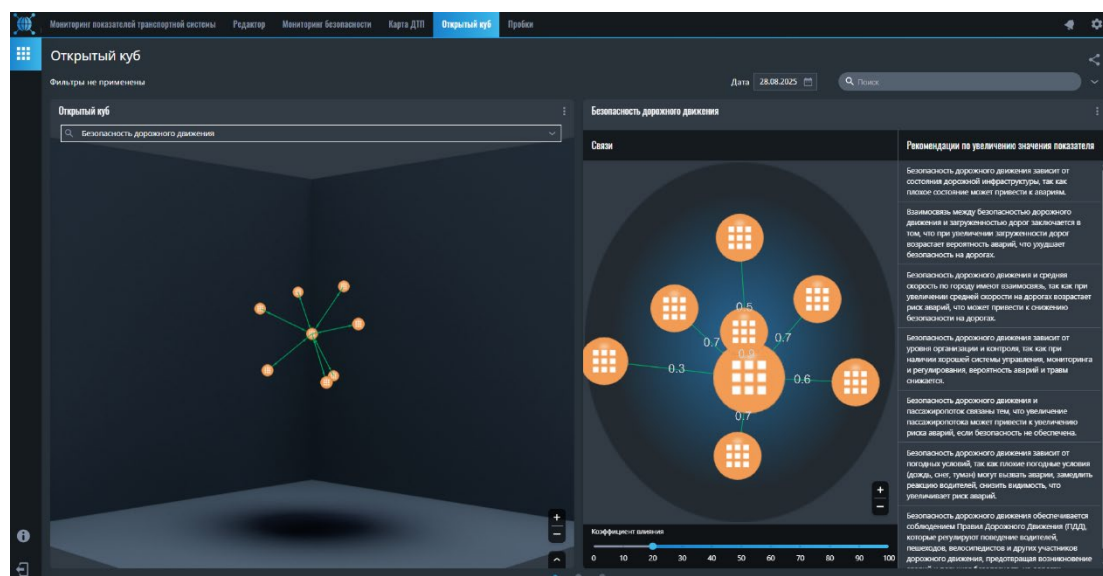


Рисунок 5 – Поддержка принятия стратегических решений на основе данных интегрального мониторинга
Figure 5 – Support for strategic decision-making based on integrated monitoring data

На основе полученной информации, всесторонне описывающей транспортную систему, выявляются причинно-следственные связи и рассчитывается взаимное влияние различных показателей друг на друга, и, в свою очередь, на основе этих данных формируются рекомендации по увеличению или уменьшению значения показателя функционирования транспортной системы.

Обсуждение

Таким образом, интегральный мониторинг показателей функционирования транспортных систем обеспечивает непрерывный доступ к актуальным данным из различных источников, что значительно улучшает процесс принятия управленческих решений. Методика позволяет более эффективно анализировать транспортные потоки, экологическую ситуацию и другие ключевые параметры, создавая единую картину для планирования и оптимизации городской мобильности. Несмотря на это, есть и определенные проблемы, например, сложность внедрения такой системы может быть значительной, особенно в существующих инфраструктурах, где данные представлены в разных форматах и стандартах. Также организация процесса верификации и обработки больших объемов информации требует значительных ресурсов.

Однако разработка единой платформы и стандартизация данных помогут преодолеть эти барьеры. Архитектурные решения, предусмотренные в методике, позволяют упростить интеграцию разнородных данных и создать условия для их согласованного анализа. Результаты апробации на открытых данных о состоянии транспортной системы Санкт-Петербурга свидетельствуют о значительных возможностях целевого решения. В частности, использование дашбордов и предиктивной аналитики позволяет не только осуществлять мониторинг текущего состояния транспортных потоков, но и прогнозировать их поведение. Такой анализ открывает новые возможности для практического применения, позволяя изучать взаимосвязи между различными показателями.

В сравнении с аналогами [3] и [5], предложенная методика демонстрирует явные преимущества в области объединения различных потоков данных в едином информационном пространстве. Однако по ряду направлений необходимо улучшить функциональные возможности платформы, среди них: осуществление диспетчеризации транспорта, повышение точности прогнозирования условий дорожного движения, что упоминалось в работах [2] и [4], остается актуальной задачей для дальнейшего развития. Реализованная методика интегрального мониторинга может лечь в основу будущей работы по улучшению и расширению функциональности имеющихся сложных транспортных систем. Учитывая существующие недостатки и возможности для доработки, продолжающаяся интеграция технологий и методов анализа данных будет способствовать созданию более эффективной системы управления транспортом, что особенно важно в контексте роста сложности транспортных сетей.

Заключение

Таким образом, в статье предложена методика интегрального мониторинга показателей функционирования транспорта. Методика реализована на основе отечественной платформы ЦПИМ и апробирована на доступных открытых данных по транспортной системе Санкт-Петербурга. Ключевым преимуществом предложенных решений является способность агрегировать, анализировать и визуализировать данные из множества источников в едином цифровом пространстве, что позволяет перейти от изолированного рассмотрения отдельных аспектов функционирования транспорта к системному анализу всей транспортной системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Oladimeji D., Gupta Kh., Kose N.A., Gundogan K., Ge L., Liang F. Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. *Sensors*. 2023;23(8). <https://doi.org/10.3390/s23083880>
2. Gao J., Hong X., Liu G., Wang L. Intelligent Public Transport Cloud Platform Dispatching Operation Management System Development. In: *Journal of Physics: Conference Series: Volume 1982: 2021 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems (ICAIIIS 2021), 28–30 May 2021, Chongqing, China*. IOP Publishing; 2021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1982/1/012063>
3. Montoya-Torres J.R., Moreno S., Guerrero W.J., Mejía G. Big Data Analytics and Intelligent Transportation Systems. *IFAC-PapersOnLine*. 2021;54(2):216–220. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.039>
4. Ali M.H., Jaber M.M., Abd S.Kh., Alkhayyat A., Albaghdadi M.F. Big Data Analysis and Cloud Computing for Smart Transportation System Integration. *Multimedia Tools and Applications*. 2025;84:35073–35090. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13700-7>
5. Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. О внедрении интеллектуально-цифровой системы контроля выброса вредных веществ от автотранспорта в Санкт-Петербурге. В сборнике: *Транспорт России: проблемы и перспективы-2023: Материалы Международной научно-практической конференции: Том 1, 14–15 ноября 2023 года, Санкт-Петербург, Россия*. Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук; 2023. С. 12–17.
Gavkalyuk B.V., Lozhkin V.N. Results of Implementation of an Intelligent Digital System for Control of Harmful Emissions from Vehicles in St. Petersburg. In: *Transport Rossii: problemy i perspektivy-2023: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Volume 1, 14–15 November 2023, Saint Petersburg, Russia*. Saint Petersburg: Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences; 2023. P. 12–17. (In Russ.).
6. Силенко А.Н., Мажуга Н.С. Цифровизация транспорта города Москвы. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024;(4-3):45–51. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-3-45-51>
Silenko A.N., Mazhuga N.S. Digitalization of Transport in Moscow. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2024;(4-3):45–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-3-45-51>
7. Сырцова Е.А. Эффекты внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах России. *Государственное управление. Электронный вестник*. 2023;(101):159–169. <https://doi.org/10.24412/2070-1381-2023-101-159-169>
Syrtsova E.A. Effects of Intelligent Transport Systems Deployment in Russian Regions. *E-Journal Public Administration*. 2023;(101):159–169. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2070-1381-2023-101-159-169>
8. Андриенко В.А., Кияев В.И., Котова С.А. Умные дороги: использование интеллектуальных систем и мультиагентных технологий. *Интеллектуальные технологии на транспорте*. 2025;(2):5–19. <https://doi.org/10.20295/2413-2527-2025-242-5-19>
Andrienko V., Kiyaev V., Kotova S. Smart Roads: The Use of Intelligent Systems and Multi-Agent Technologies. *Intellectual Technologies on Transport*. 2025;(2):5–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.20295/2413-2527-2025-242-5-19>
9. Gagliardi V., Napolitano A., D'Amico F., Calvi A., Benedetto A. Digital Twin Implementation by Multisensors Data for Smart Evaluation of Transport Infrastructure. In: *Multimodal Sensing and Artificial Intelligence: Technologies and Applications III*:

- Proceedings: Volume 12621, 26–30 June 2023, Munich, Germany.* SPIE; 2023.
<https://doi.org/10.1117/12.2677307>
10. Ribeiro P., Dias G., Pereira P. Transport Systems and Mobility for Smart Cities. *Applied System Innovation*. 2021;4(3). <https://doi.org/10.3390/asi4030061>
 11. Ситников П.В., Тучкова Е.М., Дубинина И.Н., Додонова Е.А., Головнин О.К., Иващенко А.В. Цифровая платформа интегрального мониторинга региона. *Научно-технический вестник Поволжья*. 2023;(5):158–160.
Sitnikov P.V., Tuchkova E.M., Dubinina I.N., Dodonova E.A., Golovnin O.K., Ivaschenko A.V. Digital Platform for Integrated Monitoring of the Region. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*. 2023;(5):158–160. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Олег Константинович Головнин, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской физики, математики и информатики, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация.

e-mail: golovnin@bk.ru

ORCID: [0000-0002-1418-2226](https://orcid.org/0000-0002-1418-2226)

Oleg K. Golovnin, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Department of Medical Physics, Mathematics and Computer Science, Samara State Medical University, Samara, the Russian Federation.

Елена Владимировна Чекина, ассистент кафедры медицинской физики, математики и информатики, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация.

e-mail: ev-chekina@yandex.ru

ORCID: [0000-0002-1345-2562](https://orcid.org/0000-0002-1345-2562)

Elena V. Chekina, Assistant at the Department of Medical Physics, Mathematics and Computer Science, Samara State Medical University, Samara, the Russian Federation.

Дарья Михайловна Иванова, аналитик управления проектно-аналитической и инновационной деятельности, ООО «Открытый код», Самара, Российская Федерация.

e-mail: ivanova@o-code.ru

ORCID: [0009-0008-8658-0822](https://orcid.org/0009-0008-8658-0822)

Daria M. Ivanova, Analyst for the Management of Project-Analytical and Innovation Activities, Open Code LLC, Samara, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 01.11.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 30.12.2025.

The article was submitted 01.11.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 30.12.2025.