

УДК 656.13:346.7:006.013

DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-92-106

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛЯРНОГО МОНИТОРИНГА ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Давыдов Р.Д.^{1,1}, Ахмадов Г.Д.^{1,2}, Жабриков М.В.^{1,3}

¹ Федеральное автономное учреждение «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАН «РОСДОРНИИ»), Москва, Россия.

E-mail: ¹ davydov@rosdornii.ru, ² akhmadov@rosdornii.ru, ³ maxpkey@mail.ru

Аннотация. В статье представлен методический подход к регулярному мониторингу периферийного оборудования и программного обеспечения интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации. Актуальность исследования обусловлена отсутствием единого воспроизводимого механизма сбора и обработки информации об элементах ИТС (периферийном оборудовании и программном обеспечении), что приводит к фрагментарности данных и затрудняет принятие управленческих решений в области развития цифровой дорожной инфраструктуры. Предложен организационно-методический подход к системному мониторингу, охватывающий полный цикл работы с первичной статистической информацией: формирование респондентской базы, разработку стандартизированных опросных форм, организацию методической поддержки участников мониторинга и процедуры обработки первичных данных. Подход ориентирован на распределенный сбор сведений о периферийном оборудовании и программном обеспечении ИТС, эксплуатируемых на трех уровнях дорожной сети (федеральном, региональном, местном) силами порядка 120 организаций-операторов различной ведомственной принадлежности. Особое внимание уделено обеспечению полноты, достоверности и сопоставимости информации от владельцев (операторов) ИТС. В рамках предложенного подхода разработаны процедуры нормализации данных, дедупликации записей и форматно-логического контроля, направленные на минимизацию влияния человеческого фактора и повышение качества аналитических результатов. Предложенный подход обеспечивает воспроизводимость мониторинга и может использоваться как инструмент регулярного наблюдения за состоянием инфраструктуры ИТС, а также как основа для формирования государственного заказа, стратегического планирования и организации статистического наблюдения в сфере ИТС.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, мониторинг ИТС, сбор данных, форматно-логический контроль, статистическое наблюдение.

Для цитирования:

Давыдов Р.Д., Ахмадов Г.Д., Жабриков М.В. Методический подход к организации регулярного мониторинга элементов интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования. *Интеллектуальный транспорт*. 2026. № 2(38). С. 92–106. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-92-106.

Введение

Современный этап развития ИТС в Российской Федерации характеризуется активным внедрением цифровых решений на автомобильных дорогах общего пользования различных уровней управления [1, 2]. В транспортную инфраструктуру интегрируются подсистемы мониторинга транспортных потоков, видеонаблюдения, метеомониторинга, диспетчеризации служб содержания дорог, а также программные платформы управления дорожным движением и информационного взаимодействия [3]. Расширение применения таких технологий формирует значительный массив данных о технических и программных элементах ИТС, распределенных по территории страны [4].

Одновременно с ростом масштабов внедрения ИТС возрастает потребность в системном учете и анализе информации о составе и состоянии данной инфраструктуры. Однако на практике сведения о периферийном оборудовании и программном обеспечении ИТС формируются фрагментарно, в рамках отдельных региональных инициатив или ведомственных проектов. Отсутствие унифицированных подходов к сбору и обработке информации приводит к низкой сопоставимости данных, затрудняет формирование объективной картины развития ИТС и ограничивает возможности стратегического планирования в сфере цифровой дорожной инфраструктуры [5, 6].

Дополнительную сложность представляет распределенный характер управления дорожной сетью. Владельцами и операторами элементов ИТС выступают различные организации, включая органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, федеральные казенные учреждения и государственные компании. Информация о составе инфраструктуры ИТС находится у различных участников, что вызывает необходимость формирования единого механизма регулярного мониторинга и стандартизации процедур сбора данных [7, 8].

При этом использование исключительно автоматизированных способов сбора информации в настоящее время затруднено вследствие неоднородности используемых технических решений, отсутствия унифицированных интерфейсов информационного взаимодействия и различий в форматах хранения данных у различных владельцев и операторов инфраструктуры ИТС. В этих условиях возникает необходимость в воспроизводимом организационно-методическом подходе к мониторингу элементов ИТС, обеспечивающем централизованный сбор и сопоставимость первичных сведений об их составе и состоянии.

Целью настоящего исследования является разработка и методическое обоснование воспроизводимого подхода к организации регулярного мониторинга элементов ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации, обеспечивающего полноту охвата владельцев и операторов инфраструктуры ИТС, сопоставимость собираемых данных и возможность централизованного формирования структурированной информационной базы элементов ИТС.

Исследование исходит из предположения, что применение унифицированных опросных форм и регламентированных процедур обработки данных позволяет повысить сопоставимость сведений об элементах ИТС, поступающих от различных владельцев и операторов инфраструктуры.

Научная новизна исследования заключается в разработке и формализации организационно-методического подхода к регулярному мониторингу элементов ИТС в условиях распределенного управления дорожной инфраструктурой, включая унифицированные процедуры сбора, нормализации, дедупликации и форматно-логического контроля данных. В отличие от подходов, ориентированных на автоматизированный обмен данными в рамках единой телеметрической инфраструктуры или унифицированных интерфейсов типа DATEX II [9] и референтных архитектур ISO 14813-1 [10], предложенный подход ориентирован на распределенный сбор первичных эксплуатационных сведений о составе и состоянии оборудования ИТС на трех уровнях дорожной сети в условиях отсутствия единых ведомственных и межведомственных автоматизированных источников данных [11, 12].

1. Методы и подходы

Распределенный характер управления дорожной сетью выражается в наличии трех уровней дорожной сети – федерального, регионального и местного, на которых эксплуатацию элементов ИТС обеспечивают порядка 120 организаций различной ведомственной принадлежности. Именно эта структура определяет масштаб задачи периферийного мониторинга и требует унифицированных процедур сбора первичных сведений.

Аналогичные задачи обеспечения сопоставимости данных в международной практике решаются на основе стандартизированных спецификаций обмена данными в сфере транспорта, включая семейство CEN/TS 16157 (DATEX II) [9], регламентирующее структуру и форматы данных для информационного взаимодействия между участниками транспортной инфраструктуры. В европейской системе стандартизации ИТС в рамках деятельности технического комитета CEN/TC 278 [13] особое внимание уделяется унификации процедур информационного взаимодействия, обеспечению совместимости данных и стандартизации обмена сведениями между различными участниками транспортной инфраструктуры. Базовая референтная архитектура построения ИТС на международном уровне закреплена в стандарте ISO 14813-1 [10], определяющем перечень сервисных областей, групп и сервисов ИТС и формирующем общий каркас для построения национальных и отраслевых архитектур. В исследованиях, посвященных интеграции и обработке данных в ИТС [11, 12], отмечается, что эффективность интеллектуальных транспортных систем в условиях распределенных источников сведений в значительной степени определяется применяемыми подходами к согласованию и объединению информации, а также качеством, структурированностью и практической применимостью собираемых данных. Применение подобных спецификаций требует предварительной унификации моделей данных и интерфейсов; в существующих российских ведомственных и региональных информационных системах сведения об элементах ИТС, как правило, представлены в несопоставимом виде либо охватывают только отдельные сегменты инфраструктуры.

С учетом указанных особенностей разработан организационно-методический подход к системному мониторингу элементов ИТС, основанный на последовательной реализации процедур сбора, структурирования и обработки первичной информации, поступающей от владельцев и операторов инфраструктуры [13, 14]. Подход предусматривает формирование респондентской базы, разработку унифицированных инструментов сбора информации, организацию методической поддержки участников мониторинга и применение процедур обработки и верификации полученных данных [14, 15].

Эффективность организации мониторинга определяется возможностью обеспечения:

- полного охвата владельцев и операторов элементов ИТС
- единообразия представления информации
- минимизации логических и форматных ошибок в исходных данных
- формирования сопоставимого массива сведений, пригодного для последующего аналитического и статистического анализа

Для последующего анализа сформированной информационной базы необходима количественная оценка качества и репрезентативности данных мониторинга ИТС. Данная задача требует отдельного методического рассмотрения и является предметом последующего исследования авторов.

Входными данными мониторинга являются заполненные респондентами опросные формы, выходными данными – структурированный массив сведений об элементах ИТС, прошедший процедуры нормализации, дедупликации и форматно-логического контроля.

2. Формирование респондентской базы

Формирование респондентской базы мониторинга осуществлялось на основе принципа полноты охвата всех уровней управления дорожной инфраструктурой Российской Федерации. В состав респондентов были включены органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, федеральные казенные учреждения, находящиеся в ведении Федерального дорожного агентства, а также государственная компания «Российские автомобильные дороги» (ГК «Автодор»).

В рамках мониторинга были привлечены представители 89 субъектов Российской Федерации, ответственные за функционирование улично-дорожной сети и внедрение элементов ИТС, а также 30 федеральных казенных учреждений, осуществляющих управление автомобильными дорогами общего пользования федерального значения. Дополнительно в состав респондентской базы включена ГК «Автодор», эксплуатирующая участки федеральных автомобильных дорог на условиях долгосрочного доверительного управления. Таким образом, в состав базы мониторинга вошло 120 респондентов.

Такой состав респондентской базы обеспечивает охват федерального, регионального и муниципального уровней дорожной сети, включая объекты, находящиеся в эксплуатации государственных компаний и частных операторов в рамках государственно-частного партнерства. Отбор участников мониторинга осуществлялся исходя из их административной подведомственности и юридической ответственности за эксплуатацию элементов ИТС на соответствующих участках дорожной инфраструктуры.

Таким образом, практическая реализация подхода обеспечила формирование респондентской базы из 120 участников мониторинга, представляющих федеральный, региональный и муниципальный уровни управления дорожной инфраструктурой. Сформированная респондентская база позволила обеспечить репрезентативность собираемых данных и охват различных типов дорожной инфраструктуры, включая федеральные, региональные и местные автомобильные дороги, что является необходимым условием формирования целостной информационной базы мониторинга элементов ИТС.

3. Разработка опросных форм

Сбор информации о составе и состоянии элементов ИТС осуществлялся с использованием стандартизированной опросной формы, разработанной в рамках выполнения научно-исследовательской работы. Опросная форма предназначена для системного учета периферийных технических средств и программного обеспечения, применяемых при организации безопасного движения транспорта и пешеходов на автомобильных дорогах общего пользования.

Структура опросной формы сформирована с учетом необходимости обеспечения сопоставимости данных, поступающих от различных владельцев и операторов ИТС, а также возможности их последующей автоматизированной обработки. В этой связи она была разделена на несколько функциональных частей, включающих информацию о респонденте, сведения о периферийном оборудовании и сведения о программном обеспечении.

Адресная часть формы предназначена для идентификации организации-респондента и содержит сведения о наименовании организации, ее почтовом адресе, а также контактные данные ответственных лиц, осуществляющих заполнение формы. Указанные сведения позволяют обеспечить корректную идентификацию источника данных и возможность уточнения представленной информации при проведении последующей проверки и обработки данных.

Основные сведения о составе инфраструктуры ИТС фиксируются в табличных разделах формы. Указанные разделы предназначены для учета периферийного оборудования и программного обеспечения. В таблице учета оборудования отражаются такие характеристики, как тип оборудования, его полное наименование, производитель, год производства, год внедрения, а также количество установленного оборудования за предыдущий и текущий отчетные периоды. В таблице учета программного обеспечения фиксируются полное наименование программного продукта, его производитель, год внедрения, количество лицензий за предыдущий и текущий отчетные периоды, срок действия лицензий и объекты управления, для которых используется соответствующее программное обеспечение.

Структура разработанной опросной формы представлена на рисунке 1.

Дополнительно при формировании формы был составлен закрытый перечень типов периферийного оборудования ИТС, включающий дорожные контроллеры, детекторы транспорта, метеостанции, видеокамеры, динамические информационные табло, знаки переменной информации, системы фотовидеофиксации нарушений и другие элементы дорожной инфраструктуры. Использование закрытого перечня типов оборудования позволяет обеспечить единообразие классификации инфраструктурных элементов и повысить сопоставимость данных, поступающих от различных респондентов.

СВЕДЕНИЯ О ПЕРИФЕРИЙНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА И ПЕШЕХОДОВ

Дата заполнения: _____

Наименование отчитывающейся организации: _____

Почтовый адрес: _____

Контакты ответственных лиц за заполнение формы (организации, должности, Ф.И.О., рабочая почта и телефон): _____

Элементы обустройства автомобильных дорог (оборудование)

№ строки	Тип оборудования ¹	Полное наименование ²	Производитель ²	Год производства	Год внедрения	Количество за предыдущий отчетный период	Количество за текущий отчетный период
	1	2	3	4	5	6	7

Программное обеспечение элементов обустройства автомобильных дорог

№ строки	Полное наименование ³	Производитель	Год внедрения	Количество лицензий за предыдущий отчетный период	Количество лицензий за текущий отчетный период	Срок действия	Объекты управления ⁴
	1	2	3	4	5	6	7

Рис. 1: Структура опросной формы мониторинга периферийного оборудования и программного обеспечения ИТС

Отдельным требованием к заполнению формы является обеспечение сопоставимости показателей между отчетными периодами. В случае отсутствия изменений сведения за предыдущий отчетный период дублируются в текущем периоде, а при наличии изменений в составе оборудования или программного обеспечения респондент предоставляет актуализированные данные с пояснением причин изменений. Такой подход позволяет отслеживать динамику изменения инфраструктуры ИТС и формировать временные ряды данных мониторинга.

Разработанная опросная форма сопровождается методическими указаниями по ее заполнению, содержащими описание используемых параметров и примеры заполнения отдельных граф. Наличие таких материалов позволяет снизить вероятность ошибок при вводе данных и обеспечить единообразие представления информации, поступающей от различных участников мониторинга.

4. Организация методической поддержки

Эффективность сбора первичной информации во многом зависит от корректности заполнения опросных форм респондентами. В связи с этим в рамках проведения мониторинга была организована система методической поддержки участников, направленная на обеспечение единообразного понимания структуры формы, состава показателей и требований к представлению данных.

На начальном этапе респондентам были направлены официальные письма с опросными формами и методическими указаниями по их заполнению, содержащими описание используемых параметров и примеры заполнения отдельных граф. Дополнительно для представителей организаций, участвующих в мониторинге, проводились обучающие вебинары, на которых демонстрировался порядок заполнения форм и разъяснялись особенности представления сведений о периферийном оборудовании и программном обеспечении ИТС.

В период сбора данных участникам мониторинга предоставлялась консультационная поддержка по телефону и электронной почте, позволяющая оперативно разрешать возникающие вопросы, связанные с интерпретацией отдельных показателей и порядком заполнения опросных форм. В случаях, требующих детального рассмотрения представляемых сведений, проводились индивидуальные консультации с использованием средств видеоконференцсвязи.

Дополнительно в целях повышения полноты и качества представляемых сведений в ходе проведения мониторинга было проведено более 290 телефонных консультаций с представителями респондентов, включая 126 консультаций с федеральными казенными учреждениями, подведомственными Федеральному дорожному агентству, и 165 консультаций с представителями субъектов Российской Федерации. Проведение консультационной поддержки позволило повысить оперативность представления сведений, снизить количество ошибок при заполнении опросных форм и повысить сопоставимость информации, поступающей от различных владельцев и операторов элементов ИТС.

5. Процедуры обработки данных

После получения первичных статистических данных осуществляется последовательная процедура их обработки, направленная на обеспечение корректности, сопоставимости и структурированности первичных данных, поступающих от различных респондентов. Обработка данных включает несколько взаимосвязанных этапов, позволяющих выявить и устранить возможные ошибки заполнения, привести информацию к единому формату и сформировать структурированную базу данных мониторинга элементов ИТС [15, 16].

Общая последовательность обработки данных представлена на рисунке 2.



Рис. 2: Этапы обработки данных мониторинга элементов ИТС

На первом этапе осуществляется сбор первичных данных от участников мониторинга. Сведения о периферийном оборудовании и программном обеспечении ИТС предоставляются респондентами в установленной форме и аккумулируются в единой базе данных. На данном этапе производится регистрация поступивших форм и формирование первичного массива информации для дальнейшей обработки.

Следующим этапом является первичный контроль полученных данных. В рамках данного этапа выполняется проверка наличия обязательных полей, корректности формата заполнения отдельных параметров, а также отсутствия пустых строк в ключевых колонках таблиц. Дополнительно проверяется соответствие отдельных значений установленным форматам записи, например представление года в формате четырехзначного числового значения. Проведение первичного контроля позволяет выявить очевидные ошибки заполнения форм и определить сведения, требующие дополнительного уточнения у респондентов.

Практическая реализация первичного контроля показала необходимость проведения дополнительного цикла уточнения данных. На промежуточном этапе мониторинга ответы были получены от 90 из 120 респондентов. В рамках первичной обработки было обработано более 200 опросных форм, содержащих 33 141 ячейку с информацией. На данном этапе были выявлены 481 незаполненная ячейка, 41 ячейка с логическими противоречиями и аномалиями, а также 2863 ячейки, содержащие ошибки формата представления данных.

После проведения консультаций, уточнения сведений и получения ответов от всех 120 респондентов итоговый массив данных был расширен до 36 131 информационной ячейки. При этом количество незаполненных ячеек было сокращено до 1, а число ячеек с ошибками формата представления данных снижено до 616.

Количественные характеристики проведенного цикла обработки данных свидетельствуют о результативности применяемых организационных процедур. По результатам форматно-логического контроля на доработку респондентам было возвращено около 18,5% полученных опросных форм, содержавших незаполненные поля, логические противоречия или несоответствия установленным форматам представления данных. После завершения уточняющего цикла возврат опросных форм составил 100% от исходной респондентской базы, а общий объем первичной информации возрос с 33 141 до 36 131 информационной ячейки (на 8,99%). Количество незаполненных ячеек сократилось с 481 до 1 (на 99,8%), а количество ячеек с ошибками формата представления данных – с 2 863 до 616 (на 78,5%, или в 4,6 раза). Приведенные показатели характеризуют операционную результативность цикла сбора и обработки информации. Формализованная количественная оценка полноты и достоверности сформированного массива данных через систему интегральных индексов рассматривается в отдельной методической работе авторов.

После завершения первичного контроля осуществляется нормализация данных, направленная на приведение текстовых и категориальных значений к унифицированному виду. В процессе нормализации используются контролируемые справочники производителей оборудования и программного обеспечения, типов оборудования, а также стран происхождения продукции. Применение таких справочников позволяет устранить вариативность написания наименований и обеспечить единообразие представления информации в базе данных.

Далее выполняется процедура дедупликации сведений, направленная на выявление и устранение повторяющихся записей. Повторные записи могут возникать при представлении сведений из различных источников или при наличии дублирующей информации в опросных формах.

Идентификация потенциально дублирующихся записей осуществляется на основе составного ключа, включающего:

- тип оборудования;
- производителя оборудования;
- модель оборудования;
- год производства;
- год ввода в эксплуатацию;
- принадлежность к объекту инфраструктуры.

В случае совпадения указанных параметров записи рассматриваются как потенциальные дубликаты и подлежат дополнительной проверке. При подтверждении дублирования сведения объединяются, а количественные показатели корректируются с учетом исключения повторного учета оборудования.

Использование составного ключа позволяет минимизировать вероятность ложного объединения записей и обеспечить корректность итогового массива данных мониторинга.

Количественная характеристика результатов процедуры дедупликации, включая долю объединенных записей и их влияние на структуру итогового массива данных мониторинга, рассматривается в составе оценки качества сформированной информационной базы в последующей работе авторов.

Заключительным этапом обработки данных является форматно-логический контроль, направленный на выявление технических, логических и структурных несоответствий в представленных данных.

В рамках форматного контроля выполняется:

- проверка заполнения обязательных полей;
- контроль допустимых форматов значений;
- проверка корректности числовых и текстовых параметров;
- контроль использования унифицированных справочников типов оборудования и производителей.

Логический контроль предусматривает проверку взаимосвязанных параметров данных. В частности:

- год ввода оборудования в эксплуатацию не должен быть меньше года производства;
- тип оборудования должен соответствовать заявленным функциональным характеристикам;
- сведения о программном обеспечении должны соответствовать типу объекта управления;
- количественные показатели не должны принимать отрицательные значения, а нулевые значения допускаются только в случаях, предусмотренных логикой заполнения формы.

Записи, содержащие выявленные несоответствия, направляются респондентам на уточнение или корректировку. Таким образом, мониторинг реализуется как циклический процесс сбора, проверки, уточнения и повторной верификации сведений, а не как разовый пассивный сбор отчетности.

Реализация описанных процедур обработки данных позволяет сформировать структурированную и сопоставимую информационную базу мониторинга элементов ИТС, пригодную для последующего анализа развития цифровой дорожной инфраструктуры.

6. Сопоставление с альтернативными методами сбора данных

При формировании подхода к мониторингу элементов ИТС рассматривались альтернативные методы сбора информации о составе и состоянии инфраструктуры, применяемые в российской и международной практике. Каждый из таких методов обладает определенными преимуществами, однако ни один из них в текущих условиях не обеспечивает централизованный сопоставимый сбор сведений об элементах ИТС в масштабах автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации.

Автоматизированная телеметрия с периферийного оборудования и интеграционных платформ ИТС позволяет получать оперативные сведения о техническом состоянии оборудования и параметрах его работы непосредственно из эксплуатируемых систем. Вместе с тем неоднородность применяемых программных платформ, использование различных моделей данных и отсутствие унифицированных интерфейсов информационного взаимодействия между владельцами и операторами инфраструктуры ограничивают возможность сквозного автоматизированного сбора данных о составе элементов ИТС в национальном масштабе.

Использование региональных и ведомственных информационных систем учета транспортной инфраструктуры обеспечивает детализированные сведения в пределах конкретных субъектов Российской Федерации или зон ответственности отдельных организаций. Однако такие системы построены на различных подходах к структурированию информации, не охватывают всех уровней управления дорожной сетью и не предоставляют сопоставимого среза данных по элементам ИТС в целом по стране.

Стандартизированные интерфейсы информационного взаимодействия в ИТС, включая семейство спецификаций обмена данными CEN/TS 16157 (DATEX II) и архитектурную референтную модель ISO 14813-1 [9, 13], рассматриваются в международной практике как целевой механизм организации сопоставимого обмена сведениями между участниками транспортной инфраструктуры. Однако их полноценное применение требует предварительной унификации моделей данных и интерфейсов на уровне эксплуатируемых программных платформ, что в условиях Российской Федерации находится на этапе формирования.

Использование систем технического обслуживания и Service Desk владельцев и операторов инфраструктуры позволяет получать сведения о состоянии оборудования и инцидентах его эксплуатации, однако такие системы ориентированы на задачи поддержки эксплуатации, а не на учет состава инфраструктуры, и их данные требуют значительной дополнительной обработки для целей мониторинга.

С учетом изложенного применение стандартизированных опросных форм и регламентированных процедур взаимодействия с владельцами и операторами инфраструктуры рассматривается как переходный организационно-методический этап централизованного сбора сведений об элементах ИТС, обеспечивающий сопоставимость данных в условиях текущей неоднородности информационных систем и создающий основу для последующего внедрения автоматизированных и стандартизированных механизмов обмена данными.

7. Ограничения подхода и направления дальнейшего развития

Предложенный подход к организации мониторинга элементов ИТС ориентирован на формирование централизованной и сопоставимой информационной базы в условиях распределенного характера управления дорожной инфраструктурой. Вместе с тем использование опросных форм и взаимодействие с респондентами предполагают наличие ряда ограничений, связанных с возможностью возникновения субъективных ошибок при заполнении форм, различиями в уровне детализации представляемых сведений и необходимостью дополнительной верификации информации.

Отдельным ограничением является зависимость мониторинга от актуальности сведений, предоставляемых владельцами и операторами инфраструктуры, включая данные о фактическом эксплуатационном состоянии оборудования.

Использование полностью автоматизированного сбора данных на текущем этапе развития ИТС затруднено вследствие неоднородности применяемых программных платформ, различий в форматах хранения данных и отсутствия унифицированных интерфейсов информационного взаимодействия между владельцами и операторами инфраструктуры. В связи с этим применение стандартизированных опросных форм рассматривается как промежуточный организационно-методический этап формирования единой системы мониторинга элементов ИТС.

Заключение

В статье разработан организационно-методический подход к регулярному мониторингу элементов ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации. Предложенный подход включает:

- формирование респондентской базы владельцев и операторов инфраструктуры ИТС;
- применение стандартизированных опросных форм;
- организацию методической поддержки участников мониторинга;
- процедуры нормализации, дедупликации и форматно-логического контроля данных.

Практическая реализация предложенного подхода выполнена в рамках формирования сводного перечня периферийного оборудования ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации с участием 89 субъектов Российской Федерации, 30 федеральных казенных учреждений и ГК «Автодор». Проведенные процедуры форматно-логического контроля и взаимодействия с респондентами обеспечили уточнение представленных сведений и сокращение количества незаполненных ячеек и ошибок формата представления данных.

Результаты исследования подтверждают возможность формирования централизованной и сопоставимой информационной базы элементов ИТС в условиях распределенного управления дорожной инфраструктурой.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методики количественной оценки полноты, достоверности и качества данных мониторинга ИТС на основе системы интегральных показателей, а также с проведением апробации указанной методики на сформированном массиве данных мониторинга элементов ИТС и статистической оценкой ключевых параметров инфраструктуры ИТС, включая оценку репрезентативности полученной выборки.

Список литературы

- [1] Егоров С.В., Шационок П.В., Ерпылева А.И., Жарков Д.И. Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 130-136. – DOI: 10.52375/20728689_2022_2_130.
- [2] Солодкий А.И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 6. – С. 10-19. – DOI: 10.25198/2077-7175-2020-6-10.
- [3] Кривошеин Д.И., Попов А.А. Умные дороги и интеллектуальная транспортная система // Достижения науки и технологий – ДНИТ-2021: сб. науч. статей по материалам Всерос. науч. конф. – Красноярск, 2021. – С. 249-258.
- [4] Гребенкина С.А., Гребенкина И.А. Интеллектуальные транспортные системы в разрезе национальных интересов Российской Федерации: новые вызовы и угрозы // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2022. – Т. 7. – № 4. – С. 444-450. – DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-444-450.
- [5] Федюкин Ю.В. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в России // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2022. – С. 138-145. – DOI: 10.47581/2022/AX-04/Fedukin.01.
- [6] Минниханов Р.Н., Дагаева М.В., Махмутова А.З. Развитие интеллектуальных транспортных систем: единые цифровые платформы для безопасного управления транспортной системой // Безопасность дорожного движения. – 2022. – № 3. – С. 19-22.
- [7] Габдурахманов Л.Р., Минниханов Р.Н., Тинчурин Р.Ф. Интеллектуальные транспортные системы – современная концепция обеспечения безопасности дорожного движения // Научный портал МВД России. – 2022. – № 1 (57). – С. 41-50.
- [8] Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Гаврилюк М.В. Принципы формирования государственной системы сертификации элементов интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 1-2 (92-93). – С. 3-6.
- [9] CEN/TS 16157. Intelligent transport systems – DATEX II data exchange specifications for traffic management and information. – Brussels: European Committee for Standardization. – 2022.
- [10] ISO 14813-1:2015. Intelligent transport systems – Reference model architecture(s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services. – Geneva: International Organization for Standardization. – 2015.
- [11] Торопов Н.Ю., Анохов И.В. Цифровизация автомобильных дорог: учиться на уроках прошлого // Автомобильные дороги. – 2025. – № 9 (1126). – С. 104-109.
- [12] CEN/TC 278 Intelligent Transport Systems [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.itsstandards.eu/> (дата обращения: 30.04.2026).
- [13] El Faouzi N.-E., Leung H., Kurian A. Data fusion in intelligent transportation systems: Progress and challenges – A survey // Information Fusion. – 2011. – Vol. 12. – No. 1. – P. 4-10. – DOI: 10.1016/j.inffus.2010.06.001.
- [14] Lana I., Sanchez-Medina J., Vlahogianni E. From Data to Actions in Intelligent Transportation Systems: A Prescription of Functional Requirements for Model Actionability // IEEE Access. – 2020. – DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2969144.

- [15] Андреев Е.О., Жанказиев С.В., Зырянов В.В., Павлов А.С. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18. – № 1. – С. 38-43. – DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43.
- [16] Давыдов Р.Д., Ахмадов Г.Д., Белов М.Ю., Панкратов А.И. Методология анализа технических и программных элементов как основы эффективного управления национальной сетью интеллектуальных транспортных систем // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 4 (83). – С. 67-78.

METHODOLOGICAL APPROACH TO ORGANIZING REGULAR MONITORING OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS ELEMENTS ON PUBLIC ROADS

Davydov R. D.^{1,1}, Akhmadov G. D.^{1,2}, Zhabrikov M. V.^{1,3}

¹ Federal Autonomous Institution «Russian Road Research Institute» (FAI «ROSDORNII»), Moscow, Russia.

E-mail: ¹ davydov@rosdornii.ru, ² akhmadov@rosdornii.ru, ³ maxpkey@mail.ru

Abstract. The article presents a methodological approach to regular monitoring of peripheral equipment and software of intelligent transport systems (hereinafter referred to as ITS) deployed on public roads in the Russian Federation. The relevance of the study is driven by the absence of a unified and reproducible mechanism for collecting and processing information on ITS elements (peripheral equipment and software), which results in fragmented datasets and complicates managerial decision making related to the development of digital road infrastructure. An organizational and methodological approach to systematic monitoring is proposed, covering the full cycle of primary statistical data management: formation of a respondent base, development of standardized survey forms, organization of methodological support for monitoring participants, and procedures for processing primary data. Particular attention is paid to ensuring the completeness, reliability, and comparability of information provided by ITS owners and operators. Within the proposed approach, procedures for data normalization, record deduplication, and format and logical validation are developed to minimize the influence of the human factor and improve the quality of analytical results. The proposed approach ensures the reproducibility of monitoring processes and can be used as a tool for regular observation of ITS infrastructure, as well as a basis for public procurement planning, strategic planning, and the establishment of statistical observation in the field of ITS.

Keywords: *intelligent transport systems, ITS monitoring, data collection, format logical validation, statistical observation.*

References

- [1] Egorov S.V., Shatsionok P.V., Erpyleva A.I., Zharkov D.I. Mirovoy i rossiyskiy opyt primeneniya intellektualnykh transportnykh sistem (World and Russian experience in the application of intelligent transport systems). *Transportnoye delo Rossii* (Transport Business of Russia), 2022, no. 2, pp. 130-136. DOI: 10.52375/20728689_2022_2_130. (in Russian)
- [2] Solodkiy A.I. Razvitiye intellektualnykh transportnykh sistem v Rossii: problemy i puti ikh resheniya. Novyy etap (Development of intelligent transport systems in Russia: problems and solutions. A new stage). *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* (Intellect. Innovations. Investments), 2020, no. 6, pp. 10-19. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-6-10. (in Russian)
- [3] Krivoshein D.I., Popov A.A. Umnyye dorogi i intellektualnaya transportnaya sistema (Smart roads and intelligent transport system). *Dostizheniya nauki i tekhnologii – DNIT-2021: sb. nauch. statey po materialam Vseros. nauch. konf. (Achievements of Science and Technology – DNIT-2021: collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian Scientific Conference)*, Krasnoyarsk, 2021, pp. 249–258. (in Russian)

For citation:

Davydov R. D., Akhmadov G. D., Zhabrikov M. V. Methodological approach to organizing regular monitoring of intelligent transport systems elements on public roads. *Intelligent transport*, 2026, no. 2(38), pp. 92–106. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-92-106. (in Russian)

- [4] Grebenkina S.A., Grebenkina I.A. Intellekturnyye transportnyye sistemy v razreze natsionalnykh interesov Rossiyskoy Federatsii: novyye vyzovy i ugrozy (Intelligent transport systems in the context of the national interests of the Russian Federation: new challenges and threats). *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskiye, sotsiologicheskiye i ekonomicheskiye nauki* (Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences), 2022, vol. 7, no. 4, pp. 444–450. DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-444-450. (in Russian)
- [5] Fedyukin Yu.V. Vnedreniye intellektualnykh transportnykh sistem v Rossii (Implementation of intelligent transport systems in Russia). *Avtomobili, transportnyye sistemy i protsessy: nastoyashcheye, proshloye i budushcheye: sb. st. IV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Automobiles, Transport Systems and Processes: Present, Past and Future: collection of articles of the IV International Scientific and Technical Conference)*, Kursk, 2022, pp. 138–145. DOI: 10.47581/2022/AX-04/Fedukin.01. (in Russian)
- [6] Minnihanov R.N., Dagaeva M.V., Makhmutova A.Z. Razvitiye intellektualnykh transportnykh sistem: yedinye tsifrovyye platformy dlya bezopasnogo upravleniya transportnoy sistemoy (Development of intelligent transport systems: unified digital platforms for safe management of the transport system). *Bezopasnost dorozhnogo dvizheniya (Road Safety)*, 2022, no. 3, pp. 19–22. (in Russian)
- [7] Gabdurakhmanov L.R., Minnihanov R.N., Tinchurin R.F. Intellekturnyye transportnyye sistemy – sovremennaya kontseptsiya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (Intelligent transport systems – a modern concept for ensuring road safety). *Nauchnyy portal MVD Rossii (Scientific Portal of the Ministry of Internal Affairs of Russia)*, 2022, no. 1 (57), pp. 41–50. (in Russian)
- [8] Zhankaziev S.V., Vorobiev A.I., Gavriluk M.V. Printsipy formirovaniya gosudarstvennoy sistemy sertifikatsii elementov intellektualnykh transportnykh sistem v Rossiyskoy Federatsii (Principles of forming a state certification system for intelligent transport system elements in the Russian Federation). *Transport Rossiyskoy Federatsii (Transport of the Russian Federation)*, 2021, no. 1-2 (92-93), pp. 3–6. (in Russian)
- [9] CEN/TS 16157. Intelligent transport systems — DATEX II data exchange specifications for traffic management and information. Brussels, European Committee for Standardization, 2022.
- [10] ISO 14813-1:2015. Intelligent transport systems — Reference model architecture(s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services. Geneva, International Organization for Standardization, 2015.
- [11] Toropov N.Yu., Anokhov I.V. Tsifrovizatsiya avtomobilnykh dorog: uchitsya na urokakh proshlogo (Digitalization of roads: learning from the lessons of the past). *Avtomobilnyye dorogi (Automobile Roads)*, 2025, no. 9 (1126), pp. 104–109. (in Russian)
- [12] CEN/TC 278 Intelligent Transport Systems. URL: <https://www.itsstandards.eu/> (accessed 30.04.2026).
- [13] El Faouzi N.-E., Leung H., Kurian A. Data fusion in intelligent transportation systems: Progress and challenges – A survey. *Information Fusion*, 2011, vol. 12, no. 1, pp. 4–10. DOI: 10.1016/j.inffus.2010.06.001.
- [14] Lana I., Sanchez-Medina J., Vlahogianni E. From Data to Actions in Intelligent Transportation Systems: A Prescription of Functional Requirements for Model Actionability. *IEEE Access*, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2969144.
- [15] Andreev E.O., Zhankaziev S.V., Zyryanov V.V., Pavlov A.S. Razvitiye arkhitektury intellektualnykh transportnykh sistem (Development of the architecture of intelligent transport systems). *T-Comm: Telekommunikatsii i transport (T-Comm: Telecommunications and Transport)*, 2024, vol. 18, no. 1, pp. 38–43. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43. (in Russian)
- [16] Davydov R.D., Akhmadov G.D., Belov M.Yu., Pankratov A.I. Metodologiya analiza tekhnicheskikh i programnykh elementov kak osnovy effektivnogo upravleniya natsionalnoy setyu intellektualnykh transportnykh sistem (Methodology for the analysis of technical and software elements as a basis for effective management of the national intelligent transport system network). *Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI) (Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI))*, 2025, no. 4 (83), pp. 67–78. (in Russian)