

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЛНОТЫ, ДОСТОВЕРНОСТИ И КАЧЕСТВА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ИНФРАСТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Давыдов Р.Д.^{1, а}, Ахмадов Г.Д.^{1, b}, Жабриков М.В.^{1, c}

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

E-mail: ^a davydov@rosdornii.ru, ^b akhmadov@rosdornii.ru, ^c maxpkey@mail.ru

Аннотация. В статье представлена методика количественной оценки полноты, достоверности и качества первичных данных, собираемых в рамках мониторинга инфраструктуры интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации. Актуальность исследования обусловлена необходимостью формализованного контроля качества исходной информации, используемой для формирования сводных перечней оборудования ИТС и последующего анализа состояния цифровой дорожной инфраструктуры. Предложенная методика является инструментом проверки достоверности и полноты первичных данных, на основе которых такой анализ выполняется. Научная новизна работы заключается в разработке системы взаимосвязанных критериев и интегральных индексов, предназначенных для количественной оценки полноты и достоверности данных мониторинга ИТС, а также формирования сводного индекса качества информации. Методика включает расчет частных критериев качества данных, формирование интегрального индекса полноты данных, интегрального индекса достоверности данных и интегрального индекса качества информации. Предложенный подход обеспечивает воспроизводимость расчетов, сопоставимость результатов мониторинга и возможность последующей автоматизации процедур оценки качества данных мониторинга ИТС.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, качество данных, полнота данных, достоверность данных, мониторинг ИТС.

Введение

Развитие ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации сопровождается активным внедрением цифровых технологий мониторинга и управления дорожным движением [1]. В транспортную инфраструктуру интегрируются различные технические и программные решения, включая системы видеонаблюдения, детекторы транспортных потоков, метеорологические станции, динамические информационные табло и программные комплексы управления дорожным движением [2]. Расширение применения таких технологий приводит к формированию значительных массивов данных о состоянии и составе инфраструктуры ИТС [3, 4].

Для цитирования:

Давыдов Р.Д., Ахмадов Г.Д., Жабриков М.В. Методика оценки полноты, достоверности и качества данных мониторинга инфраструктуры интеллектуальных транспортных систем. *Интеллектуальный транспорт*. 2026. № 3(39). С. 85–99. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-339-85-99.

В предыдущих исследованиях авторами были предложены методические подходы к организации регулярного мониторинга элементов ИТС, включающие формирование респондентской базы, разработку стандартизированных опросных форм и применение процедур обработки первичных данных [5,6].

В рамках мониторинга формируется структурированный массив данных, включающий сведения о типах и количестве установленного периферийного оборудования ИТС (детекторы транспорта, метеостанции, табло, камеры видеонаблюдения и др.), их технических характеристиках, датах ввода в эксплуатацию, принадлежности к категориям дорог, а также о владельцах и операторах инфраструктуры. Сбор данных осуществляется с использованием стандартизированных опросных форм, заполняемых респондентами – владельцами и операторами элементов ИТС на федеральных, региональных и местных автомобильных дорогах. Состав и структура опросных форм подробно описаны в [5,6].

Вместе с тем получение информации от большого числа респондентов неизбежно сопровождается риском возникновения неполноты данных, различий в уровне детализации представляемых сведений и возможных логических несоответствий. Даже после проведения процедур первичной обработки и форматно-логического контроля сохраняется необходимость оценки качества сформированного массива данных, поскольку достоверность аналитических выводов напрямую зависит от надежности исходной информации [7].

В этой связи важно разграничить две задачи: анализ состояния инфраструктуры ИТС (оценка количества и состава оборудования) и оценку качества первичных данных, на основе которых этот анализ проводится. Настоящее исследование посвящено второй задаче – разработке формализованного инструментария для проверки полноты и достоверности информации, поступающей от респондентов, до ее использования в аналитических целях. Такой подход позволяет выявлять проблемные области сбора данных и повышать надёжность итоговых выводов о состоянии инфраструктуры ИТС.

В научной и прикладной практике оценка качества данных рассматривается как важный элемент информационного обеспечения систем управления. Международные стандарты управления данными, включая комплекс стандартов ISO 8000¹, подчеркивают необходимость применения формализованных процедур оценки полноты, достоверности и согласованности информации. Международные исследования в области развития и стандартизации ИТС также указывают на необходимость формирования унифицированных подходов к управлению транспортными данными и обеспечению их сопоставимости на различных уровнях транспортной инфраструктуры [8]. Однако применительно к задачам мониторинга инфраструктуры ИТС такие методические подходы разработаны недостаточно.

В связи с этим возникает необходимость разработки воспроизводимого методического инструментария, позволяющего количественно оценивать полноту, достоверность и качество данных мониторинга ИТС. Использование системы интегральных индексов позволяет обеспечить сопоставимость результатов оценки, повысить прозрачность интерпретации данных и создать основу для автоматизации процедур контроля качества информационных массивов [9].

¹В частности, ISO 8000-1:2022. Data quality – Part 1: Overview. Geneva: International Organization for Standardization, 2022

Целью настоящего исследования является разработка методики количественной оценки полноты, достоверности и качества данных мониторинга ИТС на основе системы взаимосвязанных интегральных индексов.

1. Состав данных мониторинга ИТС

Исходный массив данных мониторинга элементов ИТС формируется на основе ответов респондентов на стандартизированные опросные формы. В состав данных входят следующие категории информации:

- идентификационные сведения об объекте (регион, наименование владельца/оператора);
- перечень установленных технических средств ИТС с указанием типа, модели, количества;
- временные параметры (год производства, год ввода в эксплуатацию);
- сведения о программном обеспечении (аналогично периферийному оборудованию).

Все параметры имеют формализованную структуру и допустимые форматы значений, что обеспечивает возможность автоматизированной обработки и последующей оценки качества данных.

2. Принципы построения системы оценки качества данных ИТС

Формирование методики оценки качества данных мониторинга ИТС основывается на совокупности методологических принципов, обеспечивающих объективность, сопоставимость и воспроизводимость результатов оценки. С учетом распределенного характера сбора информации и участия большого числа респондентов система оценки качества данных должна учитывать как полноту поступающей информации, так и степень ее достоверности².

Первым принципом является принцип объективности оценки. Оценка качества данных должна осуществляться на основе формализованных количественных критериев, позволяющих минимизировать влияние субъективных экспертных оценок. Использование математически определенных критериев обеспечивает единый подход к оценке данных, поступающих от различных участников мониторинга.

Вторым принципом является принцип воспроизводимости результатов оценки. Методика должна обеспечивать возможность повторного расчета критериев качества данных при использовании одинакового набора исходных данных. Это позволяет обеспечить прозрачность аналитических процедур и сопоставимость результатов мониторинга в различные периоды наблюдения.

Третьим принципом является принцип иерархичности системы критериев. Оценка качества данных осуществляется на нескольких уровнях, включая оценку отдельных критериев, формирование интегральных индексов полноты и достоверности, а также расчет сводного индекса качества информации. Такой подход позволяет учитывать различные аспекты качества

²Методические рекомендации по оценке достоверности, полноты и точности данных, используемых при расчёте показателей результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности: протокол заседания проектного комитета от 9 ноября 2017 г. № 73(13)

данных и формировать обобщенную количественную оценку их надежности.

Четвертым принципом является принцип сопоставимости данных мониторинга. Система критериев должна обеспечивать возможность сравнения результатов оценки качества данных между различными субъектами Российской Федерации, категориями автомобильных дорог и временными периодами мониторинга. Это позволяет выявлять проблемные области сбора информации и повышать эффективность управления процессом мониторинга.

Пятым принципом является принцип возможности автоматизации процедур оценки. Используемые критерии и алгоритмы расчета должны быть сформированы таким образом, чтобы их применение могло быть реализовано в автоматизированных информационных системах обработки данных. Это обеспечивает повышение оперативности анализа информации и снижение трудоемкости процедур контроля качества данных.

С учетом указанных принципов в рамках настоящего исследования предложена система интегральных индексов, позволяющая количественно оценивать различные аспекты качества данных мониторинга ИТС. В структуре методики выделяются критерии полноты данных и критерии достоверности информации, на основе которых формируется интегральный индекс качества информации. Общая структура предложенной системы оценки качества данных мониторинга ИТС наглядно представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структура системы оценки качества данных мониторинга ИТС (составлен авторами)

Предлагаемая система оценки качества данных мониторинга ИТС имеет иерархическую структуру. На первом уровне рассчитываются частные критерии полноты и достоверности данных. На втором уровне на основе агрегирования частных критериев формируются интегральный индекс полноты данных и интегральный индекс достоверности данных. На третьем уровне указанные индексы объединяются в интегральный индекс качества информации, обеспечивающий получение сводной количественной оценки надежности данных мониторинга ИТС.

Для обоснования выбора критериев и демонстрации преимущественности разработанной методики с существующими подходами в таблице 1 приведено сопоставление используемых критериев с международными стандартами и

отраслевыми практиками.

Сопоставление выполнено авторами на основе анализа исходных источников в виде обобщенных характеристик.

Таблица 1. Сопоставление критериев качества данных с международными стандартами и отраслевыми практиками

Измерение качества данных	ISO/IEC 25012:2008 / ISO/IEC 25024:2015	FHWA (Traffic Data Quality Measurement, 2004)	Предложенный критерий
Полнота (Completeness)	Характеристика модели качества данных; для измерения установлены количественные меры	Степень, в которой данные не являются пропущенными и обладают достаточной широтой и глубиной для поставленной задачи	П1 (охват респондентов), П2 (охват категорий дорог), П3 (заполненность форм)
Достоверность (Assurasy)	Характеристика модели качества данных; измеряется через соответствие данных эталону	Степень, в которой данные являются безошибочными, удовлетворяют проверкам внутренней согласованности и не имеют дубликатов в пределах одной базы данных	Д1 (происхождение данных), Д2 (внутренняя непротиворечивость)
Согласованность (Consistency)	Характеристика модели качества данных; определяется как «отсутствие противоречий между данными»	Степень, в которой данные представлены в одном и том же формате	Д2 (внутренняя непротиворечивость), Д4 (согласованность с историческими данными)
Форматное соответствие (Format/Validity)	В рамках требований и оценки качества систем учитывается через соответствие структуре данных	Определяется как степень, в которой данные соответствуют установленному формату	Д3 (форматное соответствие)
Своевременность (Timeliness)	Характеристика модели качества данных; определяется как «степень, в которой данные являются достаточно актуальными для поставленной задачи»	Отражает промежуток времени между наступлением события и вводом информации в соответствующую базу данных	Д4 (согласованность с историческими данными)

Практическое применение предложенной методики предполагает последовательный переход от оценки отдельных характеристик данных к формированию сводной количественной оценки качества информации. На основе исходного массива данных мониторинга первоначально рассчитываются частные критерии полноты и достоверности данных, после чего выполняется формирование соответствующих интегральных индексов. На завершающем этапе интегральные индексы объединяются в сводный индекс качества информации, используемый для оценки надежности сформированной информационной базы мониторинга ИТС, выявления проблемных областей сбора

данных и повышения сопоставимости результатов мониторинга.

Порядок применения методики включает следующие этапы:

- 1) формирование исходного массива данных мониторинга ИТС;
- 2) расчет частных критериев полноты данных;
- 3) расчет частных критериев достоверности данных;
- 4) расчет интегрального индекса полноты данных;
- 5) расчет интегрального индекса достоверности данных;
- 6) расчет интегрального индекса качества информации;
- 7) интерпретация полученного значения по установленной шкале качества данных.

Подход к агрегированию критериев основан на методологии композиционных индексов [9], однако состав критериев и структура интегральных индексов адаптированы применительно к задачам мониторинга элементов ИТС³.

Таким образом, ссылка на методологию композиционных индексов используется как теоретическая основа агрегирования критериев, тогда как состав критериев и структура индексов полноты, достоверности и качества данных предложены применительно к задачам мониторинга ИТС.

3. Оценка полноты данных мониторинга ИТС

Полнота данных является одним из ключевых критериев качества информации, формируемой в рамках мониторинга ИТС. Недостаточная полнота данных может приводить к искажению аналитических результатов и снижению достоверности выводов о состоянии и развитии инфраструктуры ИТС⁴.

В рамках настоящего исследования полнота данных рассматривается как совокупная характеристика, отражающая степень охвата респондентов мониторинга, представление информации по различным категориям автомобильных дорог, а также степень заполненности опросных форм. Для количественной оценки полноты данных предложена система из трех критериев.

Первый критерий полноты (П1) характеризует долю респондентов, представивших информацию в рамках мониторинга. Данный критерий отражает уровень участия владельцев и операторов элементов ИТС в процессе сбора данных и рассчитывается как отношение числа респондентов, предоставивших ответы, к общему числу респондентов, включенных в мониторинг.

Второй критерий полноты (П2) отражает охват категорий автомобильных дорог, по которым представлена информация. В рамках мониторинга учитываются данные по автомобильным дорогам федерального, регионального и местного значения. Критерий определяется как доля категорий дорог, по которым представлены сведения об элементах ИТС.

Третий критерий полноты (П3) характеризует степень заполненности опросных форм и отражает долю заполненных информационных полей в

³UNECE. Generic Statistical Business Process Model (GSBPM). URL: <https://unece.org/statistics/gsbpm-v5.2> (дата обращения: 01.03.2026).

⁴ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019. Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Общие статистические термины и термины, используемые в теории вероятностей. М.: Стандартинформ, 2019

представленных респондентами формах мониторинга. Данный критерий позволяет учитывать уровень детализации представляемой информации и выявлять случаи частичного заполнения форм.

Для формирования обобщенной количественной оценки полноты данных используется интегральный индекс полноты данных (ИИП), рассчитываемый как взвешенная сумма указанных критериев:

$$\text{ИИП} = \alpha \cdot \text{П1} + \beta \cdot \text{П2} + \gamma \cdot \text{П3}, \quad (1)$$

где α , β , γ – весовые коэффициенты критериев полноты данных.

Выбор весовых коэффициентов обусловлен различной значимостью критериев при формировании полноты данных мониторинга. Наибольшее значение имеет уровень участия респондентов, поскольку отсутствие информации от владельца или оператора инфраструктуры делает невозможным учет соответствующих элементов ИТС в формируемой базе данных мониторинга.

Критерий охвата категорий автомобильных дорог отражает степень представления данных по различным уровням дорожной сети. Наличие информации по федеральным, региональным и местным автомобильным дорогам позволяет обеспечить территориальную и функциональную полноту анализа инфраструктуры ИТС.

Критерий заполненности опросных форм характеризует степень детализации представляемой информации. Несмотря на важность данного критерия, его влияние на общую полноту данных является менее значительным по сравнению с участием респондентов и охватом категорий дорог, поскольку даже частично заполненные формы могут содержать сведения, пригодные для анализа.

С учетом указанной логики распределения значимости критериев в рамках методики в соответствии с существующими практиками и экспертной оценкой используются следующие значения весовых коэффициентов:

- $\alpha = 0,5$ – вес критерия участия респондентов;
- $\beta = 0,3$ – вес критерия охвата категорий автомобильных дорог;
- $\gamma = 0,2$ – вес критерия заполненности опросных форм.

Распределение весовых коэффициентов отражает сравнительную значимость критериев при обеспечении полноты данных мониторинга ИТС.

Использование интегрального индекса полноты позволяет получить единую количественную оценку степени полноты данных мониторинга ИТС и выявлять случаи недостаточного информационного охвата, требующие дополнительной проверки или уточнения представленных сведений.

4. Оценка достоверности данных мониторинга ИТС

Помимо полноты информации важной характеристикой качества данных мониторинга является их достоверность. Достоверность данных отражает степень соответствия представленных сведений фактическому состоянию элементов ИТС и корректность их представления в информационной базе мониторинга.

В условиях распределенного сбора информации, при котором данные предоставляются большим количеством респондентов, существует риск

возникновения логических несоответствий, ошибок ввода, а также различий в интерпретации отдельных параметров. В связи с этим возникает необходимость использования формализованных критериев, позволяющих количественно оценивать достоверность представляемых данных.

В рамках настоящего исследования для оценки достоверности данных мониторинга предложена система из четырех критериев.

Первый критерий (Д1) характеризует происхождение данных и отражает долю информации, полученной непосредственно от владельцев или операторов инфраструктуры ИТС. Данные, поступающие от первоисточников, обладают более высокой степенью надежности по сравнению со сведениями, полученными из вторичных источников или агрегированных отчетов.

Второй критерий (Д2) отражает внутреннюю непротиворечивость представленных данных. В рамках данного критерия проводится проверка логических взаимосвязей между параметрами, содержащимися в опросных формах. Например, год ввода оборудования в эксплуатацию не может быть меньше года его производства, а тип оборудования должен соответствовать заявленным функциональным характеристикам.

Третий критерий (Д3) характеризует форматное соответствие данных установленным требованиям. Данный критерий отражает степень соответствия представленных сведений структуре опросных форм, типам полей и допустимым форматам значений.

Четвертый критерий (Д4) отражает согласованность данных с результатами предыдущих этапов мониторинга. В рамках данного критерия проводится сопоставление текущих данных с ранее полученными с целью выявления аномальных или необоснованных изменений.

Для формирования обобщенной оценки достоверности данных используется интегральный индекс достоверности данных (ИИД), рассчитываемый как взвешенная сумма указанных критериев:

$$\text{ИИД} = \delta \cdot \text{Д1} + \varepsilon \cdot \text{Д2} + \zeta \cdot \text{Д3} + \eta \cdot \text{Д4}, \quad (2)$$

где $\delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ – весовые коэффициенты критериев достоверности данных.

Выбор весовых коэффициентов обусловлен различной значимостью критериев при оценке достоверности информации. Наибольшее значение имеет происхождение данных, поскольку сведения, поступающие непосредственно от владельцев и операторов инфраструктуры ИТС, обладают наибольшей степенью надежности.

Критерий внутренней непротиворечивости отражает логическую согласованность представленных данных и позволяет выявлять ошибки, возникающие при заполнении опросных форм. Форматное соответствие характеризует техническую корректность представления информации в установленной структуре данных. Критерий согласованности с историческими данными играет вспомогательную роль и используется для выявления аномальных изменений данных.

С учетом указанной иерархии значимости критериев в рамках методики в соответствии с существующими практиками и экспертной оценкой используются следующие значения весовых коэффициентов:

- $\delta = 0,4$ – вес критерия происхождения данных;
- $\varepsilon = 0,3$ – вес критерия внутренней непротиворечивости;

- $\zeta = 0,2$ – вес критерия форматного соответствия;
- $\eta = 0,1$ – вес критерия согласованности с историческими данными.

Распределение весовых коэффициентов отражает приоритетность происхождения данных и их логической непротиворечивости при оценке достоверности сведений мониторинга ИТС.

Использование интегрального индекса достоверности позволяет количественно оценивать степень надежности данных мониторинга ИТС и выявлять случаи, требующие дополнительной проверки или уточнения представленных сведений.

5. Интегральный индекс качества информации мониторинга ИТС

Для получения обобщенной количественной оценки качества данных мониторинга ИТС используется интегральный индекс качества информации. Данный индекс формируется на основе объединения индексов полноты и достоверности данных, отражающих различные аспекты качества формируемой информационной базы мониторинга.

Индекс полноты данных характеризует степень охвата респондентов, категорий автомобильных дорог и уровень заполненности опросных форм. Индекс достоверности данных отражает надежность представленной информации, включая происхождение данных, их внутреннюю непротиворечивость, форматное соответствие и согласованность с ранее полученными результатами мониторинга.

Для интегральной оценки качества информации используется интегральный индекс качества информации (ИИК), рассчитываемый как взвешенная сумма индекса полноты данных и индекса достоверности данных:

$$\text{ИИК} = \omega \cdot \text{ИИП} + \varphi \cdot \text{ИИД}, \quad (3)$$

где ИИП – интегральный индекс полноты данных; ИИД – интегральный индекс достоверности данных; ω , φ – весовые коэффициенты, отражающие значимость соответствующих компонентов оценки качества данных.

Таким образом, ИИК представляет собой сводный количественный индекс, интегрирующий характеристики полноты и достоверности данных мониторинга ИТС.

В рамках предложенной методики индексы полноты и достоверности рассматриваются как равнозначные компоненты качества данных мониторинга. Полнота информации определяет степень информационного охвата наблюдаемой системы, в то время как достоверность характеризует надежность и корректность представленных сведений. С учетом этого в расчетах используются равные значения весовых коэффициентов:

- $\omega = 0,5$ – вес индекса полноты данных;
- $\varphi = 0,5$ – вес индекса достоверности данных.

Для интерпретации полученных значений интегрального индекса качества информации используется следующая шкала оценки в соответствии с международными практиками применения композиционных индексов [9]:

- 0,90–1,00 – высокая степень качества данных;
- 0,75–0,89 – хорошее качество данных;
- 0,60–0,74 – удовлетворительное качество данных;
- менее 0,60 – неудовлетворительное качество данных.

Использование интегрального индекса качества информации позволяет формировать обобщенную количественную оценку надежности данных мониторинга ИТС и применять единый критерий при анализе результатов мониторинга. Полученные значения индекса могут использоваться для ранжирования источников информации, выявления проблемных областей сбора данных и повышения эффективности процедур контроля качества информационной базы мониторинга.

Предложенный индекс качества информации может применяться как при федеральном мониторинге инфраструктуры ИТС, так и при оценке качества данных отдельных региональных или ведомственных информационных систем.

6. Области определения и способ формирования критериев

Все частные критерии полноты (П1–П3) и достоверности (Д1–Д4), а также интегральные индексы (ИИП, ИИД, ИИК) являются нормированными величинами, принимающими значения в интервале $[0, 1]$. Значение 0 соответствует полному отсутствию учитываемого признака (например, ни один респондент не предоставил данные), значение 1 – максимально возможному уровню (например, все респонденты предоставили полностью заполненные формы).

Расчет частных критериев осуществляется на основе первичных данных, полученных из опросных форм мониторинга. Каждый критерий представляет собой отношение фактически зафиксированного значения к максимально возможному (эталонному) значению, определенному в соответствии со структурой мониторинга. Например, критерий П1 рассчитывается как отношение числа ответивших респондентов к общему числу респондентов, включенных в мониторинг. Аналогичным образом формируются остальные критерии.

Интегральные индексы ИИП, ИИД и ИИК являются взвешенными суммами соответствующих нормированных критериев и также находятся в интервале $[0, 1]$. Это обеспечивает единую шкалу интерпретации и сопоставимость результатов оценки качества данных на всех уровнях мониторинга.

7. Репрезентативность данных мониторинга ИТС

Помимо полноты и достоверности информации важной характеристикой качества данных мониторинга является репрезентативность выборки. Репрезентативность отражает степень соответствия полученной выборки данных структуре исследуемой совокупности объектов мониторинга и обеспечивает корректность последующих аналитических выводов.

В рамках мониторинга ИТС репрезентативность данных определяется уровнем охвата различных элементов дорожной инфраструктуры, территориальным распределением респондентов и представленностью различных типов оборудования и программного обеспечения ИТС. Недостаточная репре-

зентативность выборки может приводить к искажению результатов анализа и формированию некорректных выводов о состоянии инфраструктуры ИТС на уровне всей дорожной сети.

Оценка репрезентативности данных мониторинга осуществляется на основе анализа трех основных аспектов: географического охвата наблюдения, уровневой структуры дорожной сети и типового состава элементов ИТС. В соответствии с подходами, изложенными в [10], оценка репрезентативности при неполном охвате респондентов требует учета структуры совокупности и применения методов взвешивания для коррекции смещений выборки.

Географический аспект предполагает участие респондентов из различных субъектов Российской Федерации и позволяет учитывать территориальные особенности внедрения ИТС. Уровневый аспект связан с представлением данных по автомобильным дорогам различных категорий, включая федеральные, региональные и местные дороги. Типовой аспект отражает представленность различных типов периферийного оборудования и видов программного обеспечения, используемых в составе ИТС.

Совокупность указанных характеристик позволяет оценивать степень соответствия сформированной информационной базы мониторинга структуре исследуемой системы. При этом критерии полноты и достоверности данных выступают необходимым условием обеспечения репрезентативности выборки, поскольку неполные или недостоверные данные не могут рассматриваться как репрезентативные.

Разработанная система критериев качества данных мониторинга ИТС формирует методическую основу для последующей количественной оценки репрезентативности выборки. В рамках настоящего исследования репрезентативность рассматривается как условие, накладываемое на значения интегральных индексов полноты и достоверности. Выборка данных мониторинга считается репрезентативной, если одновременно выполняются условия по достижению пороговых значений как по полноте, так и по достоверности данных.

При выполнении условий интегральный индекс качества информации ИИК может быть использован как сводный критерий для ранжирования источников данных и сравнения результатов мониторинга по различным регионам. В случае невыполнения хотя бы одного из условий выборка признается недостаточно репрезентативной, что требует дополнительного сбора данных или корректировки респондентской базы.

Таким образом, связь ИИК с репрезентативностью носит пороговый характер: высокие значения ИИП и ИИД являются необходимым (но не достаточным) условием репрезентативности, поскольку также требуется учет территориального, уровневого и типового распределения объектов мониторинга. Последующий анализ этих аспектов предлагается проводить на основе процедур стратифицированного анализа, описание которых выходит за рамки настоящей работы и будет представлено в дальнейших исследованиях.

8. Обсуждение

Предложенная методика основана на методологии композиционных индексов, что обеспечивает воспроизводимость расчетов и прозрачность агрегирования критериев. По сравнению с существующими подходами к оценке качества данных (ISO 8000, методические рекомендации Росавтодора) разработанная система критериев адаптирована к специфике мониторинга ИТС и учитывает распределенный характер сбора информации от множества респондентов.

В качестве ограничений настоящего исследования следует отметить, что весовые коэффициенты критериев определены на основе экспертных оценок и существующих практик, однако их уточнение возможно по мере накопления эмпирических данных. Кроме того, предложенная формализация репрезентативности носит пороговый характер и требует дополнительной разработки процедур стратифицированного анализа. Указанные ограничения не снижают практической ценности методики, а формируют направления для дальнейших исследований.

Таким образом, работа представляет собой базовую методическую основу, которая может быть дополнена и уточнена при апробации на реальных массивах данных мониторинга ИТС.

Заключение

В результате проведенного исследования разработана методика количественной оценки качества данных мониторинга ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации. Предложенный подход основан на использовании системы интегральных индексов, позволяющих комплексно оценивать полноту, достоверность и общее качество информации.

В рамках методики сформирована система из трех частных критериев оценки полноты данных (доля ответивших респондентов, охват категорий автомобильных дорог и степень заполненности опросных форм) и четырех частных критериев оценки достоверности (происхождение данных, внутренняя непротиворечивость, форматное соответствие, согласованность с историческими данными). На их основе предложены интегральный индекс полноты данных (ИИП), интегральный индекс достоверности данных (ИИД) и интегральный индекс качества информации (ИИК).

Разработанная методика является логическим продолжением методических подходов к организации мониторинга элементов ИТС, представленных в предыдущих исследованиях авторов [5,6], и может применяться для оценки качества сформированной информационной базы мониторинга.

Практическая реализация предложенной методики выполнена в рамках научно-исследовательской работы по формированию системы мониторинга элементов ИТС и созданию сводного перечня периферийного оборудования ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации.

Направления дальнейших исследований:

- апробация предложенной методики на реальном массиве данных мониторинга;
- расчет интегральных индексов полноты, достоверности и качества

информации;

- уточнение весовых коэффициентов на основе эмпирических данных;
- разработка процедур стратифицированного анализа для углубленной оценки репрезентативности.

Список литературы

- [1] Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем / С. В. Егоров, П. В. Шационок, А. И. Ерпылева, Д. И. Жарков // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 130–136. – DOI 10.52375/20728689_2022_2_130. – EDN QHNBQNH.
- [2] Солодкий, А. И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап / А. И. Солодкий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 6. – С. 10–19. – DOI 10.25198/2077-7175-2020-6-10. – EDN PDUSFR.
- [3] Жанказиев, С. В. Принципы формирования государственной системы сертификации элементов интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, М. В. Гаврилюк // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 1–2(92–93). – С. 3–6. – EDN TMFCOL.
- [4] Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем / Е. О. Андреев, С. В. Жанказиев, В. В. Зырянов, А. С. Павлов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 38–43. – DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43. – EDN HNTJMK.
- [5] Методология анализа технических и программных элементов как основы эффективного управления национальной сетью интеллектуальных транспортных систем / Р. Д. Давыдов, Г. Д. Ахмадов, М. Ю. Белов, А. И. Панкратов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 4(83). – С. 67–78. – EDN ZDIIZC.
- [6] Давыдов, Р. Д. Методический подход к организации регулярного мониторинга элементов интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования / Р. Д. Давыдов, Г. Д. Ахмадов, М. В. Жабриков // Интеллектуальный транспорт. – 2026. – Т. 10, № 2(38). – С. 92–106. – DOI 10.24412/3033-6007-2026-238-92-106. – EDN VOMRIM.
- [7] From Data to Actions in Intelligent Transportation Systems: A Prescription of Functional Requirements for Model Actionability / I. Laña, J. J. Sanchez-Medina, E. I. Vlahogianni, J. Del Ser // Sensors. – 2021. – Vol. 21, no. 4. – Art. 1121. – DOI 10.3390/s21041121.
- [8] Duan, R. A comparative study on ITS (intelligent transport system) standardization policies in the U.S. and Europe / R. Duan // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, no. 11. – Art. e21310. – DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e21310.
- [9] On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness / S. Greco, A. Ishizaka, M. Tasiou, G. Torrisi // Social Indicators Research. – 2019. – Vol. 141. – P. 61–94. – DOI 10.1007/s11205-017-1832-9.
- [10] Särndal, C.-E. Estimation in Surveys with Nonresponse / C.-E. Särndal, S. Lundström. – Chichester : John Wiley & Sons, 2005. – 212 p.

METHODOLOGY FOR ASSESSING COMPLETENESS, RELIABILITY AND QUALITY OF MONITORING DATA FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS INFRASTRUCTURE

Davydov R. D.^{1, a}, Akhmadov G. D.^{1, b}, Zhabrikov M. V.^{1, c}

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

E-mail: ^a davydov@rosdornii.ru, ^b akhmadov@rosdornii.ru, ^c maxpkey@mail.ru

Abstract. The article presents a methodology for quantitative assessment of the completeness, reliability and quality of primary data collected within the framework of monitoring the infrastructure of intelligent transportation systems on public roads of the Russian Federation. The relevance of the study is determined by the need for formalized quality control of source information used for the formation of consolidated ITS equipment inventories and subsequent analysis of the state of digital road infrastructure. The proposed methodology is a tool for verifying the reliability and completeness of primary data, on the basis of which such an analysis is performed. The scientific novelty of the study lies in the development of a system of interconnected criteria and integral indices intended for quantitative assessment of the completeness and reliability of ITS monitoring data, as well as for the formation of a consolidated information quality index. The methodology includes the calculation of partial data quality criteria, the formation of an integral index of data completeness, an integral index of data reliability and an integral information quality index. The proposed approach ensures reproducibility of calculations, comparability of monitoring results and the possibility of subsequent automation of ITS data quality assessment procedures.

Keywords: *intelligent transportation systems, data quality, data completeness, data reliability, ITS monitoring.*

References

- [1] Egorov, S. V., Shatsionok, P. V., Erpyleva, A. I., & Zharkov, D. I. (2022). World and Russian experience in the application of intelligent transport systems. *Transportnoye Delo Rossii*, (2), 130–136. https://doi.org/10.52375/20728689_2022_2_130 (in Russian)
- [2] Solodkiy, A. I. (2020). Development of intelligent transport systems in Russia: Problems and solutions. A new stage. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*, (6), 10–19. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2020-6-10> (in Russian)
- [3] Zhankaziyevev, S. V., Vorobyev, A. I., & Gavriluk, M. V. (2021). Principles of forming a state certification system for elements of intelligent transport systems in the Russian Federation. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, (1–2(92–93)), 3–6. (in Russian)

For citation:

Davydov R. D., Akhmadov G. D., Zhabrikov M. V. Methodology for Assessing Completeness, Reliability and Quality of Monitoring Data for Intelligent Transportation Systems Infrastructure. *Intelligent transport*, 2026, no. 3(39), pp. 85–99. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-339-85-99. (in Russian)

- [4] Andreyev, E. O., Zhankaziyev, S. V., Zyryanov, V. V., & Pavlov, A. S. (2024). Development of the architecture of intelligent transport systems. *T-Comm: Telekommunikatsii i Transport*, 18(1), 38–43. <https://doi.org/10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43> (in Russian)
- [5] Davydov, R. D., Akhmadov, G. D., Belov, M. Yu., & Pankratov, A. I. (2025). Methodology for analyzing technical and software elements as a basis for effective management of the national network of intelligent transport systems. *Vestnik Moskovskogo Avtomobilno-Dorozhnogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta (MADI)*, (4(83)), 67–78. (in Russian)
- [6] Davydov, R. D., Akhmadov, G. D., & Zhabrikov, M. V. (2026). Methodological approach to organizing regular monitoring of intelligent transport system elements on public roads. *Intelligent Transport*, 10(2(38)), 92–106. <https://doi.org/10.24412/3033-6007-2026-238-92-106> (in Russian)
- [7] Laña, I., Sanchez-Medina, J. J., Vlahogianni, E. I., & Del Ser, J. (2021). From data to actions in intelligent transportation systems: A prescription of functional requirements for model actionability. *Sensors*, 21(4), Article 1121. <https://doi.org/10.3390/s21041121>
- [8] Duan, R. (2023). A comparative study on ITS (intelligent transport system) standardization policies in the U.S. and Europe. *Heliyon*, 9(11), Article e21310. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21310>
- [9] Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., & Torrisi, G. (2019). On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, 141, 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- [10] Särndal, C.-E., & Lundström, S. (2005). *Estimation in surveys with nonresponse*. John Wiley & Sons.