ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

CC BY

УДК 656.13

Временной индекс эвакуации в индикаторах эффективности интеллектуальной транспортной системы

А.А. Феофилова, Лижу Ху
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация
Представлена иерархическая модель, интегрирующая стратегические приоритеты, цели, категории, задачи и индикаторы результативности интеллектуальной транспортной системы (ИТС). В предложенной структуре верхний уровень формируют факторы транспортного планирования, а нижний — конкретные измеримые параметры. Особое место в представленной модели занимает временной индекс эвакуации, определяемый как отношение фактического времени вывода населения к длительности движения по аналогичным маршрутам в штатных условиях. Научно обосновано, что данный индекс может рассматриваться как ключевой результирующий показатель в ветви, характеризующей эвакуационное время. Разработанная иерархическая модель позволяет увязать стратегические ориентиры транспортной политики с операционными измерителями, что дает возможность использовать ее в качестве основы для мониторинга качества работы ИТС в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, чрезвычайные ситуации, временной индекс эвакуации

Для цитирования. Феофилова А.А., Лижу Ху. Временной индекс эвакуации в индикаторах эффективности интеллектуальной транспортной системы. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(5):37–43.

Evacuation Time Index in the Range of Intelligent Transportation System Performance Indicators

Anastasia A. Feofilova, Lizhu Hu
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract
A hierarchical taxonomy integrating the strategic priorities, goals, categories, objectives, and performance indicators of the intelligent transportation system (ITS) has been presented. In the proposed taxonomy, the upper level is formed by the transportation planning factors, whereas the lower level — by the definite measurable parameters. The evacuation time index occupies a special place in the presented taxonomy. It is determined as the ratio of the actual time taken to evacuate people to the time required for people to move along the same routes in the normal circumstances. The possibility of this index to be considered a key resulting indicator in the range of evacuation time characteristics has been scientifically proved. The developed hierarchical taxonomy allows strategic transport policy benchmarks to be correlated with the operational metrics. Therefore, the taxonomy can be used as a basis for monitoring ITS performance efficiency in the emergency situations.

Keywords: Intelligent Transportation System (ITS), emergency situations, evacuation time index

For Citation. Feofilova AA, Hu L. Evacuation Time Index in the Range of Intelligent Transportation System Performance Indicators. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):37–43.

Введение. Интеллектуальная транспортная система (ИТС) в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) должна обеспечивать ситуационную осведомленность, межведомственную координацию, оперативное управление дорожным движением и адресное информирование населения таким образом, чтобы минимизировать риски для жизни и здоровья людей, а также обеспечить организованную эвакуацию. В российских методических рекомендациях Минтранса по

© Феофилова А.А., Лижу Ху, 2026

развитию ИТС в городских[1] агломерациях непосредственно зафиксированы стратегические цели ИТС: баланс спроса и пропускной способности улично-дорожной сети (УДС), безопасность и эффективность перевозок. Кроме того, подчеркивается необходимость внедрения сервисов, связанных с регистрацией и обработкой сообщений об инцидентах и ЧС, управлением инцидентами и приоритетным пропуском специального транспорта.

Функционирование транспортной системы в условиях чрезвычайных ситуаций существенно отличается от ее работы в штатном режиме. В момент возникновения угрозы транспортная сеть одновременно сталкивается с ростом спроса на перемещение, ограничением доступности части инфраструктуры, повышением требований к безопасности и необходимостью оперативной координации между транспортными, аварийно-спасательными и правоохранительными структурами. В этих условиях интеллектуальная транспортная система выступает не только инструментом диспетчеризации, но и средством обеспечения устойчивости городской и региональной мобильности, сокращения временных потерь и минимизации последствий опасного события [1].

Проблема состоит в том, что оценка ИТС в чрезвычайных условиях нередко осуществляется с использованием разрозненных метрик: времени реагирования, числа каналов связи, количества оповещений или уровня загрузки сети [2]. Такой подход полезен для локального анализа, однако он не позволяет определить, каким образом отдельные элементы формируют общий результат. Между тем в чрезвычайной ситуации итоговая эффективность определяется способностью системы обеспечить упорядоченный и, по возможности, быстрый вывод населения из опасной зоны при одновременном сохранении управляемости транспортных потоков и устойчивости информационного контура.

В связи с этим возникает необходимость в построении иерархической модели, связывающей факторы транспортного планирования, целевые ориентиры, категории целей и конкретные показатели эффективности. В такой постановке особую значимость приобретает показатель, позволяющий оценивать не отдельную операцию, а совокупный временной эффект функционирования всей системы. В качестве такого индикатора в статье рассматривается временной индекс эвакуации.

Цель работы — предложить согласованную, нормативно и методологически обоснованную систему целей, задач и показателей эффективности ИТС в ЧС для совершенствования функционирования транспортной системы в условиях эвакуации населения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного характера.

Основная часть. В российской системе стандартизации закреплены базовые понятия и архитектурный подход к ИТС. ГОСТ Р 56829–2015[2] задает термины и определения в области ИТС и рекомендует их применение в документации. ГОСТ Р 56294–2014[3] устанавливает требования к функциональной и физической архитектурам ИТС и распространяется на проекты ИТС, основанные на взаимодействии систем управления наземными транспортными средствами в городе и за его пределами.

Термины и определения

Практически значимым источником целей и задач ИТС являются методические рекомендации Минтранса РФ, утвержденные распоряжением от 27.04.2024 № АК-95-р[4], для проектов внедрения ИТС в агломерациях. В приложении № 3 сформулированы назначение, цели и задачи функционирования ИТС в городских агломерациях. Там же перечислены приоритетные подсистемы и сервисы, включая видеонаблюдение и детектирование ДТП и ЧС, управление инцидентами, приоритетный проезд специального транспорта и управление данными в центрах управления.

Для эвакуации населения и планирования эвакуационных мероприятий в системе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» действуют профильные ГОСТы. ГОСТ Р 22.3.16–2019[5], гармонизированный с ISO 22315[6], определяет принципы планирования эвакуации населения, поддержку принятия решений, повышение эффективности реагирования и готовности. ГОСТ Р 22.3.17–20[7] устанавливает основы разработки планировочных документов, содержащих мероприятия по эвакуации и рассредоточению населения при угрозе и возникновении ЧС.

---

[1] *Методические рекомендации по планированию, подготовке и проведению эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы*. Москва: Мультимедиа Технологии и Дистанционное Обучение; 2005. 128 с. URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/2143 (дата обращения: 15.05.2026).

[2] ГОСТ Р 56829–2015. *Интеллектуальные транспортные системы*. Москва: Стандартинформ; 2018. 14 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757818.pdf (дата обращения: 13.05.2026).

[3] ГОСТ Р 56294–2014. *Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальны х транспортных систем*. Москва: Стандартинформ; 2018. 12 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293766/4293766969.pdf (дата обращения:15.05.2026).

[4] *Об утверждении Методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»»*. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 27 апреля 2024 года № АК-95-р. URL: https://mintrans.gov.ru/documents/2/13397 (дата обращения: 15.05.2026).

[5] ГОСТ Р 22.3.16–2019. *Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Эвакуация населения. Основные принципы*. Москва: Стандатинформ; 2019. 27 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data/730/73051.pdf (дата обращения: 15.05.2026)

[6] ISO 22315:2014 *(«Безопасность общества — Массовая эвакуация — Руководство по планированию») — это международный стандарт, устанавливающий основные принципы и рекомендации по планированию массовой эвакуации населения при чрезвычайных ситуациях.*

[7] ГОСТ Р 22.3.17–2020. *Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Планирование мероприятий по эвакуации и рассредоточению населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций*. URL: https://docs.cntd.ru/document/566430562 (дата обращения: 15.06.2026).

В блоке гражданской обороны и эвакуации в безопасные районы актуален ГОСТ Р 42.1.01–20[8], который устанавливает общие требования к планированию, подготовке и проведению эвакуации населения и ценностей в безопасные районы в соответствии с планами ГО и защиты населения.

Отдельное значение имеет «Положение о системах оповещения населения», утвержденное приказом МЧС/Минцифры № 578/365[9] :оно определяет обязанности контуров оповещения, а также измеримые показатели назначения, надежности и живучести, в том числе по времени доведения сигнала и по коэффициенту готовности/вероятности живучести направления оповещения.

Для задач ИТС в ЧС существенны также требования к транспортному обеспечению эвакуации и межведомственному взаимодействию. В методических рекомендациях по эвакуации, утвержденных МЧС РФ, подчеркивается необходимость учета использования транспорта и транспортных коммуникаций, имеющихся ресурсов, а также взаимодействия по вопросам регулирования движения на маршрутах эвакуации и обеспечения безопасности дорожного движения[10].

На уровне архитектурного описания ИТС международным ориентиром выступает ISO 14813–1:2024[11], предназначенный для интеграции сервисов в связную архитектуру, обеспечения интероперабельности и формирования общих определений данных.

Полезным является опыт архитектурного описания функций ИТС для общественной безопасности в ARC-IT (США)[12]: сервисные пакеты формализуют потоки данных и связанные с ними показатели эффективности [3].

Рассмотрим иерархическую модель оценки эффективности ИТС в ЧС.

Верхний уровень модели образует интегральная эффективность ИТС в условиях ЧС [13]E_ИТС[14]^ЧС.[15]

На следующем уровне выделяются четыре взаимосвязанных функциональных контура:

– раннее выявление и предупреждение;

– реагирование и восстановление;

– управление эвакуацией и последующим возвратом населения;

– информационное обеспечение населения и участников движения.

Такая структура позволяет перейти от общего представления об устойчивости транспортной системы к конкретным управленческим и эксплуатационным характеристикам.

Содержательно каждому функциональному контуру соответствует собственный набор задач. Для контура раннего выявления такими задачами являются мониторинг потенциальных и развивающихся угроз, распознавание события и передача сигнала задействованным службам. Для контура реагирования и восстановления — координация оперативных планов, обеспечение доступа сил реагирования, управление транспортными ресурсами, поддержание ситуационной осведомленности и перевод системы в режим восстановления. Для контура управления эвакуацией — согласование планов вывода населения, управление маршрутами, применение специальных схем организации движения, перераспределение потоков, использование общественного транспорта и резервных ресурсов. Для информационного контура — сбор данных из различных источников, обработка и распространение сведений о зонах эвакуации, маршрутах, ограничениях, пунктах размещения и текущих условиях движения.

Если представить эту логику формально, то иерархическая модель может быть записана в виде:

$$M = \langle F, Z, G, C, O, P \rangle, \quad (1)$$

где F — множество функциональных контуров; Z — множество задач; G — стратегические цели; C — категории целей; O — конкретные целевые установки; P — показатели эффективности.

[8] ГОСТ Р 42.1.01–20. *Гражданская оборона. Эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы*. URL: https://docs.cntd.ru/document/1310453202 (дата обращения: 15.05.2026)

[9] *Об утверждении Положения о системах оповещения населения*. Приказ Министерства Роммийской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Министерства цифрового развития, коммуникаций Российской Федерации от 31.07.2020 №578/365. URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/5175 (дата обращения: 15.06.2026).

[10] *Методические рекомендации по планированию, подготовке и проведению эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы*. Москва: Мультимедиа Технологии и Дистанционное Обучение; 2005. 128 с. URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/2143 (дата обращения: 15.05.2026)

[11] ISO 14813–1:2024 - это международный стандарт, определяющий базовые сервисные домены, группы услуг и сервисы для интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

[12] ARC-IT (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation) — это эталонная архитектура США для интеллектуальных транспортных систем (ITS) и транспорта с поддержкой кооперативного управления (C-ITS/CAV).

[13] ЧС– Чрезвычайная ситуация или режим чрезвычайной обстановки.

[14] E_ИТС – Параметр, событие (Event) или объект Инженерно-технических сооружений / Интеллектуальной транспортной системы, фиксирующий отказ, инцидент или критическое значение индекса технического состояния (ИТС).

[15] ^ЧС – Верхний индекс или признак эскалации события до уровня чрезвычайного происшествия.

https://mid-journal.ru

Интегральная эффективность системы задается как взвешенная сумма частных оценок по функциональным контурам:

$$E_{ИТС}^{ЧС} = \sum_{i=1}^{4} a_i E_i \qquad \sum_{i=1}^{4} a_i = 1, \tag{2}$$

где E_i — эффективность i-го контура; a_i — его весовой коэффициент.

Внутри каждого контура оценка строится по категориям целей:

$$E_i = \sum_{i=1}^{n_i} \beta_{ij} C_{ij} \qquad \sum_{i=1}^{n_i} \beta_{ij} = 1, \tag{3}$$

где C_{ij} — оценка по j-й категории целей внутри i-го контура; β_{ij} — весовой коэффициент этой категории; n_i — число категорий в данном направлении.

В свою очередь, каждая категория определяется набором частных показателей:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^{m_{ij}} \gamma_{ijk} d(p_{ijk}) \qquad \sum_{k=1}^{m_{ij}} \gamma_{ijk} = 1, \tag{4}$$

где p_{ijk} — конкретный показатель; $d(\cdot)$— функция нормирования; γ_{ijk} — вес показателя.

В иерархической модели верхний уровень образуют планировочные факторы, а не функциональные контуры. Последние характеризуют направления применения ИТС в условиях ЧС, но не образуют единого иерархического уровня оценки, поскольку внутри каждого направления используется собственный набор планировочных факторов.

Стратегический уровень модели включает те целевые ориентиры, которые непосредственно связаны с функционированием транспортной системы в ЧС: снижение числа погибших и пострадавших, повышение защищенности транспортной инфраструктуры, сохранение доступности и мобильности населения, снижение перегрузки сети, усиление межведомственной связанности и повышение эффективности управления. Эти цели образуют содержательный каркас модели и далее конкретизируются через более узкие категории.

Следующий уровень образуют категории целей. Для рассматриваемой предметной области ключевое значение имеют: межведомственная координация; безопасность при природных, техногенных и террористических угрозах; эвакуационное время; информирование пользователей; удовлетворенность качеством предоставляемых сведений; распространение информации. Именно данный уровень обеспечивает связь стратегических установок с измеримыми параметрами, пригодными для практического мониторинга и последующей оценки эффективности функционирования ИТС в условиях ЧС.

На нижнем уровне иерархии располагаются конкретные показатели эффективности. К ним относятся, например, доля транспортных операторов, имеющих план участия в работе оперативных центров управления; число организаций с совместимой голосовой связью; доля участников, включенных в общий контур обмена данными; число коридоров, охваченных координированным управлением; уровень удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью предоставляемой информации; число обращений к каналам оповещения и цифровым сервисам; количество жалоб на неполные или недостоверные сведения; интервал между подтверждением происшествия и публикацией предупреждения для пользователей. Вместе с тем в иерархии оценки особое место занимает индикатор, непосредственно отражающий временной результат эвакуационных мероприятий. Схема предлагаемой иерархической модели представлена на рис. 1.

Рис. 1. Иерархическая модель оценки ИТС в условиях чрезвычайных ситуаций

https://mid-journal.ru

Содержательная интерпретация задач и показателей, включенных в иерархическую модель и обозначенных на рис. 1 в кодированном виде, представлена ниже:

– З1 — снижение угроз безопасности для автомобилистов и пользователей дорог;

– З2 — снижение угроз безопасности для пассажиров и операторов общественного транспорта;

– З3 — наличие у органов исполнительной власти, ведомств и организаций плана участия их представителя в местном или региональном штабе ЧС;

– З4 — увеличение доли ведомств и организаций, участвующих в мультимодальном обмене информацией, использующих совместимую связь и входящих в координированные группы реагирования;

– З5 — снижение воздействия инцидентов с опасными материалами и угроз безопасности;

– З6 — увеличение числа транспортных коридоров, охваченных координированными группами реагирования;

– З7 — сокращение удельного времени эвакуации населения;

– З8 — повышение удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью информации;

– З9 — увеличение числа обращений к сервисам оперативной транспортной информации;

– З10 — увеличение числа пользователей уведомлений о транспортной обстановке;

– З11 — увеличение числа посетителей сайта транспортной информации;

– З12 — увеличение числа подписчиков соцмедийных каналов;

– З13 — повышение точности и полноты публикуемой информации за счет сокращения числа неполных и ошибочных сообщений;

– З14 — сокращение времени между подтверждением инцидента и публикацией предупреждения для пользователей.

– П1 — количество критически важных объектов транспортной инфраструктуры, находящихся под наблюдением;

– П2 — количество происшествий, связанных с нарушением транспортной безопасности на дорогах;

– П3 — количество происшествий, связанных с нарушением транспортной безопасности на элементах транспортной инфраструктуры, предназначенных для организации, обеспечения и обслуживания перевозок пассажиров;

– П4 — количество инцидентов безопасности на транспортных средствах общественного транспорта;

– П5 — количество объектов и подвижного состава общественного транспорта, находящихся под наблюдением;

– П6 — доля органов исполнительной власти, ведомств и организаций, имеющих план участия представителя в штабе ЧС;

– П7 — количество ведомств и организаций региона, имеющих возможность прямого голосового взаимодействия;

– П8 — количество участников региональной координированной группы реагирования;

– П9 — доля ведомств и организаций, осуществляющих управление инцидентами и участвующих в мультимодальном обмене информацией;

– П10 — время реагирования на инциденты, связанные с угрозами безопасности;

– П11 — количество инцидентов с опасными материалами и грузами;

– П12 — количество инцидентов, связанных с угрозами безопасности;

– П13 — количество транспортных коридоров, охваченных координированными группами реагирования;

– П14 — удельное время эвакуации;

– П15 — оценки удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью транспортной информации;

– П16 — количество обращений к сервисам оперативной транспортной информации в год;

– П17 — количество пользователей уведомлений о транспортной информации в год;

– П18 — количество посетителей сайта транспортной информации в год;

– П19 — количество подписчиков соцмедийных каналов;

– П20 — количество жалоб пользователей на отсутствующую или недостоверную информацию;

– П21 — время доведения предупреждения о ЧС до пользователей.

Описание проблемы. Ключевая методическая сложность оценки ИТС в условиях чрезвычайной ситуации заключается в несоответствии между многофакторным характером транспортного управления и совокупностью локальных показателей, которые обычно используются на практике. Если анализ ограничивается только временем реагирования служб либо исключительно характеристиками информационного обмена, то вне рассмотрения остается основной вопрос: в какой мере система фактически сократила время вывода населения из опасной зоны по сравнению с режимом, при котором та же маршрутная сеть функционирует в штатных условиях.

Для устранения данного методического разрыва в работе предлагается использовать временной индекс эвакуации (ВИЭ) в качестве ключевого результирующего показателя ветви «эвакуационное время». Структурно его положение можно представить следующим образом:

$$E_{ИТС}^{ЧС} \rightarrow F_{эвак}, F_{инф} \rightarrow C_{эвак.вр} \rightarrow C_{сокращение\ времени\ вывоза} \rightarrow P_{ВИЭ}.$$

https://mid-journal.ru

В данной статье он определяется как отношение фактического времени вывода населения к времени движения по тем же маршрутам в обычных условиях:

$$ВИЭ = \frac{T^{ф}_{выв}}{T^{о}_{дв}}, \quad (5)$$

где $T^{ф}_{выв}$ — фактическое время вывоза населения по маршруту, ч; $T^{о}_{дв}$ — время движения по тому же маршруту в обычных (штатных) условиях, ч.

При ВИЭ ≈ 1 транспортная система обеспечивает вывоз населения в временных пределах, близких к параметрам штатного движения по тем же направлениям. Увеличение значения индекса свидетельствует о накоплении дополнительных временных потерь, обусловленных задержкой начала эвакуации, перегрузкой транспортной сети, недостаточной согласованностью действий служб либо ошибками информационного сопровождения. Следовательно, чем ниже значение данного индекса, тем выше эффективность функционирования ИТС в эвакуационном режиме.

Для апробации предложенного подхода рассмотрен фрагмент городской транспортной сети, включающий три основных маршрута эвакуации — R1, R2 и R3, связывающих опасную зону с внешним контуром приема населения. Для каждого маршрута заданы протяженность, средняя скорость движения в обычных условиях и фактическое время вывоза, полученное по результатам моделирования эвакуационного процесса в программе AIMSUN. Исходные данные по рассматриваемым маршрутам эвакуации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные маршрутов эвакуации

Маршрут	Длина маршрута, км	Скорость, км/ч	Пропускная способность, авт/ч	Средняя наполняемость автомобиля, чел/авт	Число эвакуируемых, чел	Фактическое время вывоза населения, ч
R1	12	40	1200	2,0	10 000	6,5
R2	15	50	1400	2,2	8 000	5,2
R3	10	35	1000	1,8	6 000	5,0

С учётом ранее введённой иерархической модели интегральная эффективность ИТС определяется формулами (1) – (4). Категория «эвакуационное время» определяется через временной индекс эвакуации:

$$K_{эв.вр} = \varphi(\text{ВИЭ}), \quad (6)$$

При этом ВИЭ рассматривается как результирующий показатель, агрегирующий влияние факторов транспортной системы:

$$\text{ВИЭ} = f(C, N, U, I, S), \quad (7)$$

где C — пропускная способность участка городской сети на маршруте эвакуации; N — объём эвакуации; U — управление транспортными потоками; I — информационное обеспечение; S — согласованность служб.

Для нормирования используется нелинейная функция:

$$\varphi(ВИЭ) = exp(-\gamma(ВИЭ - 1)), \quad (8)$$

где γ = 0,05 — параметр чувствительности.

Для завершения расчётов примем, что базовое время движения по маршруту в штатных условиях определяется как $T^{0}_{дв} = L / v$, где L — длина маршрута; v — средняя скорость движения в обычных условиях. Результаты расчёта ВИЭ и его нормированной оценки по маршрутам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчёт ВИЭ и его нормированной оценки по маршрутам

Маршрут	$T^{о}_{дв}$, ч	$T^{ф}_{выв}$, ч	ВИЭ	φ(ВИЭ)
R1	0,300	6,5	21,67	0,356
R2	0,300	5,2	17,33	0,442
R3	0,286	5,0	17,50	0,438

Для агрегирования ВИЭ по сети используем взвешивание по числу эвакуируемых N_i:

$$P_{ВИЭ} = \Sigma(N_i \cdot ВИЭ_i) / \Sigma N_i \ . \quad (9)$$

https://mid-journal.ru

Такое усреднение показывает итоговый временной эффект именно для всей сети маршрутов эвакуации.

Интегральный показатель ветви «эвакуационное время» равен:

$$P_{\text{ВИЭ}} = (10000 \cdot 21{,}67 + 8000 \cdot 17{,}33 + 6000 \cdot 17{,}50) / 24000 = 19{,}18.$$

Для нормирования примем нелинейную функцию $d(x) = exp[-\gamma(x - 1)]$ при $\gamma = 0{,}05$. Тогда оценка категории «эвакуационное время» составит $C_{\text{эвак.вр}} = d(P_{\text{ВИЭ}}) = exp[-0{,}05 \cdot (19{,}18 - 1)] = 0{,}403$.

Следовательно, эвакуационный контур получает пониженную нормированную оценку, что соответствует существенному превышению фактического времени вывоза над временем движения в штатных условиях. При этом именно ВИЭ выступает ключевым результирующим индикатором: он интегрирует влияние пропускной способности сети, объёма эвакуации, качества управления потоками, информационного сопровождения и согласованности служб.

С учётом формулы интегральной эффективности ИТС общий показатель может быть представлен формулой (1), где вклад ветви эвакуации равен $\alpha 3 \cdot 0{,}403$. Это означает, что даже при высоких оценках по информационному и координационному контурам итоговая интегральная эффективность не может быть признана высокой, если система не обеспечивает приемлемого значения ВИЭ.

Заключение. В статье разработана иерархическая модель оценки эффективности ИТС в условиях ЧС, обеспечивающая переход от целевой функции эвакуационного управления к системе частных и результирующих показателей. В структуре модели выделена ветвь «эвакуационное время», для которой в качестве ключевого результирующего показателя принят ВИЭ. Использование ВИЭ позволяет связать параметры маршрутной сети и условия управления дорожным движением с конечным результатом эвакуации, а построенная иерархическая модель формирует методическую основу для количественной оценки эффективности ИТС при решении задач защиты населения.

Список литературы

1. Elassy M, Al-Hattab M, Takruri M, Badawi Su. Intelligent Transportation Systems for Sustainable Smart Cities. *Transportation Engineering.* 2024;16:100252. https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252

2. Chowdhury A, Kaisar S, Khoda ME, Naha R, Khoshkholghi MA, Aiash M. IoT-Based Emergency Vehicle Services in Intelligent Transportation System. *Sensors.* 2023;23(11):5324. https://doi.org/10.3390/s23115324

3. *Arc-It Service Packages.* URL: https://www.arc-it.net/html/servicepackages/servicepackages-areaspsort.html (дата обращения: 26.03.2026).

Об авторах:

Лижу Ху, аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожное движение» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), 1534202112@qq.com

Анастасия Александровна Феофилова, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожное движение» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), feofilowa@mail.ru

Конфликт интересов: **авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Lizhu Hu, Post Graduate Degree Student of the Transportation and Traffic Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), 1534202112@qq.com

Anastasia A. Feofilova, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Transportation and Traffic Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), feofilowa@mail.ru

Conflict of Interest Statement: **the authors declare no conflict of interest.**

All authors have read and approved the final manuscript.

https://mid-journal.ru