Научная статья
УДК 656.11

Оценка эффективности сложных технических систем на примере интеллектуальных транспортных систем

Игорь Васильевич Анохов[1], Николай Юрьевич Торопов[2]

[1]Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия
[2]ФАУ «РОСДОРНИИ», Москва, Россия

[1]i.v.anokhov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5983-2982
[2]toropov@rosdornii.ru

Аннотация. Ближайшее будущее дорожно-транспортной отрасли связывается с ее цифровой трансформацией и созданием интеллектуальных транспортных систем. Организационная сложность таких систем требует методически корректного подхода к их разработке и внедрению. Целью статьи является обоснование метода оценки эффективности интеллектуальных транспортных систем.

В качестве методов исследования выбран системный метод. В статье выделены три группы факторов, которые образуют понятие «эффективность» применительно к интеллектуальным транспортным системам. Утверждается, что эти группы факторов иерархически соотносятся друг с другом, т.е. оценивать каждый отдельный фактор можно только после признания удовлетворительным уровня предыдущего, более высокого фактора.

В ходе исследования получены следующие результаты: исследованы применяемые в нормативных документах методики оценки; обоснован подход к оценке интеллектуальных транспортных систем; разработан концептуальный подход к оценке интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, эффективность, оценка, анализ, метод, концепция.

Для цитирования: Анохов И.В., Торопов Н.Ю. Оценка эффективности сложных технических систем на примере интеллектуальных транспортных систем // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2024. №3 (41).

Original article

Estimation of efficiency of complex technical systems on the example of intelligent transport systems

Igor V. Anokhov[1], Nikolay Yu. Toropov[2]

[1]JSC «VNIIZhT», Moscow, Russia,
[2]FAU «ROSDORNII»Moscow, Russia

[1]i.v.anokhov@yandex.ru
[2]toropov@rosdornii.ru

Abstract. The near future of the road transport industry is associated with its digital transformation and creation of intelligent transport systems. The organisational complexity of such systems requires a methodologically correct approach to their development and implementation. The purpose of the article is to substantiate the method of assessing the efficiency of intelligent transport systems.

The system method is chosen as the research methods. The article identifies three groups of factors that form the concept of 'efficiency' in relation to intelligent transport systems. It is argued that these groups of factors are hierarchically related to each other, i.e. each individual factor can be evaluated only after the level of the previous, higher factor is recognised as satisfactory.

In the course of the research the following results have been obtained: the evaluation methods used in regulatory documents have been investigated; the approach to the evaluation of intelligent transport systems has been substantiated; the conceptual approach to the evaluation of intelligent transport systems has been developed.

Keywords: intelligent transport system, efficiency, evaluation, analysis, method, concept.

For citation: Anokhov I.V., Toropov N.Yu. Estimation of efficiency of complex technical systems on the example of intelligent transport systems. Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura. 2024. № 3 (41).

Введение

Транспорт относится к фундаментальным отраслям экономики, т.к. его деятельность прямо или косвенно затрагивает каждую организацию и каждого жителя страны. Соответственно, любое изменение процесса его

функционирования имеет макроэкономические последствия. Между тем современный транспорт находится на пороге кардинальных изменений, связанных с его стремительной интеллектуализацией.

Полученный к сегодняшнему дню опыт показал, что интеллектуализация не может быть точечной, а должна осуществляться одновременно в отношении всех участников дорожного движения [15]. Другими словами, интеллектуализация должна носить системный характер: только при этом условии можно говорить об ее эффективности. В этой связи возникает необходимость интеллектуализации транспортной системы в целом.

Интеллектуализация требует использования значительных ресурсов общества и государства, которые могут быть оправданными только при значительном повышении *эффективности* функционирования нового транспорта. Однако такое понятие, как эффективность, относится к наиболее неопределенным научным терминам, допускающим множественное толкование. Особенно это справедливо по отношению к *интеллектуальным транспортным системам* (далее – ИТС). Решение этой методологической задачи представляется необходимым для развития ИТС.

В общенаучном понимании эффективность – это степень соответствия системы поставленной задаче [14, с. 31]. Это обобщенное понимание эффективности конкретизируется в отдельных науках. Например, в экономических исследованиях эффективность понимается как соотношение затрат и полученных результатов. В технических исследованиях эффективность может пониматься, как степень достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени [7, с. 58].

Но даже в рамках одной науки прикладное понимание эффективности может существенно отличаться. В транспортной отрасли, учитывая уровень ее технической, организационной и экономической сложности, также используется широкий диапазон показателей эффективности.

Анализ публикаций по теме исследования позволяет сделать вывод о том, что все показатели транспортной эффективности с точки зрения исследуемого уровня целесообразно сгруппировать следующим образом:

1. Оценка эффективности отдельных предприятий и организаций, а также отдельных видов и моделей транспортных средств (микроуровень). На этом уровне используются такие показатели, как отгрузка продукции в тоннах, выполнение определенного количества заказов, поставок партий товаров в соответствующей комплектации [8], стоимостная оценка пассажиро-часа [1], техническая производительность транспортных машин [12], коэффициент эксплуатации, среднечасовая производительность [6] и др.

2. Оценка эффективности отраслевых, региональных и местных транспортных систем (мезоуровень). На этом уровне используются такие показатели, как удельная годовая подвижность населения [1], пропускная способность [5], плотность транспортной сети, транспортная обеспеченность территории и др.

3. Оценка эффективности национальной транспортной системы (макроуровень). На этом уровне используются такие показатели, как грузонапряженность, приведенная производительность инфраструктуры [4], объем внутренних грузовых перевозок на единицу ВВП [9], средняя дальность перевозки грузов, индекс физического объема добавленной стоимости транспорта, изменение удельного веса транспорта в структуре ВВП и др.

Приведенные выше показатели имеют следующие недостатки:

1. Они сфокусированы на анализе отдельных аспектов деятельности транспорта (объем перевозок, дорожное хозяйство, транспортное средство и т.п.). Методика анализа эффективности транспорта как целостной системы все еще является предметом научных дискуссий.

2. Они ретроспективны, т.е. нацелены на анализ процессов, имевших место в прошлых периодах. Методики прогнозирования эффективности еще не подтвердили свою работоспособность.

3. Они мало пригодны для анализа ИТС, что является ключевым их недостатком. Дело в том, что применяемые в настоящее время показатели рассматривают транспортную систему как материальный механизм, которым можно управлять, воздействуя физически на те или иные его элементы. Тот же механоцентричный подход распространяется и на работников, к которым применяются разного рода стимулы (финансовые, социальные и др.) для инициирования требуемых трудовых действий. Однако на наш взгляд этот подход может оказаться не применимым к интеллектуальным системам. Прежде всего, при разработке ИТС *неявно* предполагается, что в ее управляющем контуре не будет места человеку и все его функции (не только водительские и диспетчерские, но и логическо-прогностические) в конце концов будут переданы искусственному интеллекту. Аналогичные процессы будут иметь место также у перевозчиков, грузоотправителей и грузополучателей. Кроме того, вполне вероятно, что ИТС, будучи созданной, потенциально может оказаться способной к эволюции на той же самой материальной платформе: с помощью модификации способов обработки информации, новых алгоритмов и др. Это означает, что мы не можем предполагать, как и когда закончится такого рода эволюция и что будет представлять собой ИТС в окончательном виде.

Все вышесказанное означает, что применяемые в настоящее время индикаторы (удовлетворенность участников дорожного движения, социально-экономическая, финансовая и бюджетная эффективности) применительно к ИТС потребуется дополнить качественно иными показателями, которые будут рассмотрены далее. Далее рассматриваются особенности ИТС и возможности оценки её эффективности.

Существующие подходы к оценке эффективности

Существующие методики расчета эффективности ИТС не позволяют оценить соотношение полученных результатов к затраченным ресурсам. И этому есть объективное объяснение.

Прежде всего, в соответствии с ГОСТ Р 56829-2015 [3] ИТС – это «система управления, интегрирующая современные информационные и телематические технологии и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта».

При всех объективных нареканиях, которые вызывает это определение, оно дает представление о главных свойствах ИТС. Во-первых, ИТС является автоматизированной системой управления и основным видом деятельности, осуществляемым данной системой, является управление технологическим оборудованием и реализуемыми в нем технологическими процессами [2]. Во-вторых, в объекты управления ИТС входит весь транспортно-дорожный комплекс. В-третьих, основной целью функционирования ИТС, помимо общего обеспечения мобильности населения, является повышение экономичности, удобства и безопасности дорожного движения.

С начала XXI века и по настоящее время работы по созданию ИТС в Российской Федерации можно условно разделить на три этапа:

- с 2000 года – формирование предпосылок для создания ИТС;
- с 2011 года – спорадическое строительство ИТС на федеральных дорогах и в крупных городах;
- с 2017 года – планомерное создание ИТС в городских агломерациях.

На первом этапе формировались область знаний об ИТС, научно-техническое обоснование, правовые механизмы и нормативно-технические требования для создания ИТС, были разработаны основополагающие национальные стандарты в области ИТС.

Второй этап характеризуется реализацией больших, но одиночных, не связанных друг с другом, проектов в области ИТС:

- создание ИТС крупных городов (Москва, Казань, Сочи, Екатеринбург и другие);

- создание региональной навигационно-связной системы (РНИС) на основе системы «ЭРА-ГЛОНАСС»;

- создание ИТС на платных дорогах Государственной компании «Российские автомобильные дороги» и ЗАО «ЗСД».

Третий этап начался с реализацией национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», впоследствии переименованного в «Безопасные качественные дороги» (далее – НП БКД). В 2019 году в паспорте федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» (далее – ФП ОМРДХ), входящего в НП БКД, было предусмотрено:

- внедрение до 2026 года ИТС в 66 городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек;

- создание до 2030 года 598 автоматических пунктов весогабаритного контроля транспортных средств на автомобильных дорогах регионального или межмуниципального, местного значения;

- увеличение к 2030 году количества комплексов стационарных камер фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения на всех автомобильных дорогах общего пользования до 250% от базового количества 2017 года.

Только в рамках ФП ОМРДХ до конца 2023 года выделено почти 28 млрд рублей из федерального бюджета и больше 215 млн рублей из региональных и муниципальных бюджетов. Контроль за расходованием выделяемых федеральных средств осуществляет Федеральное дорожное агентство.

Для анализа эффективности ИТС Росавтодор в 2019 г. утвердил отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.9.011-2016

«Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем» [10]. В соответствии с данным документом рекомендации по формированию архитектуры индикаторов эффективности определяют:

- требования к составу целевых и функциональных индикаторов эффективности и единицам их измерения;
- требования к проведению оценки изменения индикаторов эффективности;
- требования к архитектуре индикаторов эффективности для различных групп пользователей ИТС.

Рекомендации ОДМ 218.9.011-2016 могут применяться только на этапе обоснования локального проекта ИТС и не распространяются на оценку функционирования уже созданной ИТС.

Следующий шаг в этом направлении был сделан в 2020 г. с утверждением методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих 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» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [11] (далее – Методика).

Общий алгоритм расчета эффективности ИТС в Методике имел основные отличия от алгоритма анализа ИТС в ОДМ 218.9.011-2016:

- интегральные, целевые и функциональные индикаторы эффективности заменены на критерии оценки;
- приведены методы, формулы, значения показателей и весовые коэффициенты для количественного расчета критериев оценки;
- исключен этап уточнения архитектуры индикаторов эффективности по результатам моделирования.

Показатели, характеризующие уровень социально-экономической, финансовой и бюджетной эффективности от реализации локального проекта, в соответствии с Методикой:

1) показатель социально-экономической эффективности (расширенная чистая приведенная стоимость) – прямо пропорционально сумме денежных потоков локального проекта с учетом внешних эффектов (монетизированной экономии времени для всех категорий пассажиров, возникающей за счет внедрения ИТС);

2) показатели финансовой эффективности, рассчитанные на основании сравнения расчетных величин чистой приведенной стоимости локального проекта и чистой приведенной стоимости собственного капитала с пороговыми значениями;

3) бюджетная эффективность на основании расчета индекса бюджетной эффективности (PIb).

Как видно, указанные показатели эффективности являются стоимостными и не отличаются принципиально от других сфер применения бюджетных расходов. Другими словами, специфика ИТС не нашла в них отражения.

В соответствии с Методикой расчетная эффективность локального проекта ИТС служила основой для ранжирования проектов ИТС для выделения на них субсидий из федерального бюджета.

При этом, оба способа оценки эффективности (по ОДМ 218.9.011-2019 и по Методике) не описывают четкую взаимосвязь между результатами внедрения ИТС и эффектами от такого внедрения. Между тем на оценку эффективности внедрения ИТС оказывают значительное влияние такие факторы как: дорожная деятельность, транспортная обстановка, мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, изменение культуры вождения граждан.

Существенным недостатком указанных выше способов оценки эффективности ИТС также являлась сложность получения исходных данных для расчетов и неоднозначность методов оценки.

В методических рекомендациях по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих 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» (далее – Методические рекомендации АК-74-р), утвержденных в 2022 году, критерии и расчет интегральной оценки локального проекта ИТС были исключены. Оценка проекта производилась только на основании показателей, характеризующих уровень готовности городской агломерации к внедрению (развитию) ИТС:

- транспортное планирование;
- администрирование функции организации дорожного движения;
- степень обоснованности внедрения ИТС;
- уровень зрелости ИТС на момент разработки локального проекта;
- ресурсное обеспечение ИТС;
- финансовое обеспечение ИТС.

Таким образом, применяемые ранее финансовые показатели оказались малополезными для анализа ИТС. Комплексная оценка локального проекта ИТС в Методических рекомендациях АК-74-р учитывает только существующие показатели до реализации проекта ИТС и планируемые показатели после реализации проекта ИТС.

Однако и критерии оценки в Методических рекомендациях АК-74-р имеют принципиальный недостаток: они учитывают только количественные значения, без учета их качественных показателей. Наглядной иллюстрацией здесь может служить следующий пример: одним из критериев эффективности проекта ИТС является отношение доли светофорных объектов с адаптивным управлением, установленных в городской агломерации и подключенных к центру управления дорожным движением, до и после реализации проекта ИТС. Чем выше значение данного показателя, тем более эффективным считается проект ИТС. Но здесь не рассматривается сама необходимость создания светофорных объектов с адаптивными режимами управления и возможность реализации светофорного управления транспортными и пешеходными потоками на основе более простых (и более дешевых!) фиксированных планов координации. Т.е. при расчете эффективности функционирования подсистемы светофорного управления ИТС не принимается во внимание востребованность пользователями сервиса адаптивного управления светофорными объектами.

Другим примером является охват видеокамерами дорожного наблюдения улично-дорожной сети городской агломерации. В соответствии с Методическими рекомендациями АК-74-р, ИТС считается тем эффективнее, чем больше дорожных видеокамер установлено на пересечениях городских улиц. Таким образом, при анализе эффективности ИТС без учета остается охват зонами наблюдения видеокамер как самих улиц, так и участков автомобильных дорог между перекрестками. А это уже напрямую связано с безопасностью дорожного движения, т.к. без инструментального мониторинга остаются участки дорог, на которых потенциально могут происходить ДТП или противоправные действия против участников дорожного движения, что делает невозможным оперативный контроль и реагирование экстренных служб.

27 апреля 2024 года были утверждены Методические рекомендации 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»» (далее – Методические рекомендации АК-95-р). В них изменилось общее количество критериев для оценки локального проекта (увеличилось с 13 до 27), но в целом подходы к анализу эффективности функционирования создаваемых ИТС в них не поменялись: комплексная оценка локального проекта также понимается как разница между суммой планируемых значений каждого критерия эффективности локального проекта по завершению его реализации и суммой фактических значений каждого критерия эффективности локального проекта на момент начала реализации локального проекта.

Из вышесказанного следует, что необходим принципиально новый подход к оценке эффективности ИТС, который, во-первых, будет мотивировать основных участников транспортной отрасли к развитию ИТС и, во-вторых, будет служить основой для объективного анализа использования бюджетных средств.

Методология исследования

На сегодняшний день каждый проект ИТС является уникальным, что, однако, не исключает возможность его тиражирования в будущем. По этой причине вместо доходного способа оценки целесообразно разработать принципиально иной способ.

Эффективность является комплексным свойством системы. Применительно к функционированию ИТС она включает три группы показателей:

1) Показатели качества результатов оцениваемого процесса:

- результативность – способность достигать целевого эффекта;

- ресурсоотдача – величина целевого эффекта, приходящаяся на единицу потребленных ресурсов;

- оперативность – затраты времени, необходимого для достижения целевого эффекта.

Показатель результативности функционирования ИТС является главным при оценке качества функционирования этой сложной технической системы. Целевые функции ИТС должны определяться нормативно-техническими документами. В частных случаях целевые функции могут задаваться методическими документами, например, при реализации мероприятий по внедрению ИТС в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тыс. человек.

Показатель ресурсоотдачи функционирования ИТС носит комплексный характер и охватывает все виды ресурсов: финансовые, материально-технические, коммунальные, информационные, временные, трудовые и т.п. Для каждого вида ресурсов необходимо проводить отдельную оценку. Например, при реализации мероприятий по внедрению ИТС, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тыс. человек, оценка эффективности использования субсидии на создание ИТС осуществляется Федеральным дорожным агентством путем сравнения планового значения и фактического значения показателей, характеризующих достижение результата федерального проекта и предусмотренных паспортом федерального проекта. Оценка эффективности конструктивных и инженерно-технических решений в соответствии с Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87, должна проводиться на этапе выполнения проектных работ при обосновании выбора функционально-

технологических, конструктивных и инженерно-технических решений с учетом требований энергетической эффективности.

Показатель оперативности ограниченно применим к ИТС, т.к. функционирование ИТС носит непрерывный циклический характер, но крайне важен при оценке реакции оперативных, аварийно-спасательных и диспетчерских служб содержания дорог на полученную от мониторинговых подсистем ИТС (дорожного видеонаблюдения, мониторинга параметров дорожного движения, выявления инцидентов и метеомониторинга) информации о дорожной ситуации и транспортной обстановке.

2) Следующая группа показателей функционирования ИТС относится к понятию надежности. В соответствии с ГОСТ Р 27.102-2021 надежность представляет собой способность системы сохранять во времени свои параметры в определенных условиях. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения системы и условий ее применения может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость.

Для ИТС надежность функционирования определяется надежностью работы входящих в нее аппаратных средств, программного обеспечения и персонала.

3) Последняя группа показателей функционирования характеризует ИТС как эргатическую систему, в которой важную роль имеет человеческий фактор, основана на *оценке социально-психологических аспектов* функционирования социотехнических систем. В данном случае изучается сопряжимость социосферы с ИТС, представляющей собой продукт техносферы.

Указанные группы факторов соотносятся друг с другом иерархическим образом. С точки зрения закона иерархических компенсаций Е.А. Седова [13] это означает, что реализация фактора иерархически более высокого уровня открывает возможность реализации иерархически более низкого уровня. Это, в частности, означает, что только после достижения результативности ИТС

(т.е. система функционирует и приносит требуемый результат – осуществление процесса перевозок) можно анализировать аспект системы более низкого уровня – ресурсоотдачу.

В свою очередь ресурсоотдача может оцениваться с разной степенью точности. В самом общем виде величина ресурсоотдачи может выражена с помощью двух максимально обобщенных оценок: приемлема или не приемлема. Если величина ресурсоотдача оценивается как удовлетворительная, то на следующих этапа аналогичным образом оценивается оперативность и надежность.

Этот концептуальный подход можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

Рис. 1. Концептуальная схема оценки эффективности ИТС

В представленной схеме каждый аспект эффективности оценивается через две взаимоисключающие оценки: да (требуемый параметр достигнут) или нет (не достигнут). Развитие этой концептуальной схемы предполагается путем детализации каждого такого аспекта с формулированием показателей эффективности второго уровня, предполагающих количественную измеримость.

Дополнительно стоит отметить, что при решении частной задачи оценки эффективности ИТС, создаваемых (модернизируемых) в рамках исполнения мероприятий по внедрению ИТС в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тыс. человек, необходимо проводить такую оценку с учетом приоритетности создаваемых подсистем ИТС и уровня зрелости городских агломераций.

Заключение

В статье рассмотрены методические подходы к оценке эффективности интеллектуальных транспортных систем. Указаны недостатки применяемых сегодня показателей, а также история соответствующих изменений нормативных документов. Констатируется, что проектируемые ИТС требуют качественно иного подхода.

Предложена концептуальная схема оценки эффективности ИТС, логика которой может быть положена в основу новой нормативно-правовой документации.

Список источников

1. Белозерова, Е. И. Оценка эффективности агломерационных транспортных систем / Е. И. Белозерова // Экономика железных дорог. – 2022. – № 2. – С. 44-56. – EDN THJWHR.

2. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения.

3. ГОСТ Р 56829-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения.

4. Мачерет, Д. А. Бенчмаркинг показателей эффективности крупнейших железнодорожных систем / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Экономика железных дорог. – 2023. – № 2. – С. 15-22. – EDN AYGYUJ.

5. Мачерет, Д. А. Научный инструментарий предиктивного управления эффективностью железнодорожного транспорта / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2018. – Т. 77, № 2. – С. 84-91. – DOI 10.21780/2223-9731-2018-77-2-84-91. – EDN DTHFFR.

6. Мачерет, Д. А. Новые показатели для оценки качества и эффективности работы железнодорожного транспорта / Д. А. Мачерет, А. В. Измайкова // Экономика железных дорог. – 2015. – № 6. – С. 30-35. – EDN TWVETJ.

7. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Т. 1: Методология. Организация, Терминология / под ред. А.И. Рембезы. – Москва : Машиностроение, 1986. – 320 с.

8. Несиоловская, Т. Н. Комплексное применение методических подходов к оценке эффективности логистической системы транспортного предприятия / Т. Н. Несиоловская, Е. С. Дудкина // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2020. – № 1. – С. 138-143. – EDN WBGCWP.

9. Николаев, Р. С. Транспортно-логистический комплекс страны в условиях структурной перестройки экономики: макроэкономические подходы к анализу эффективности / Р. С. Николаев // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 228-250. – DOI 10.17072/1994-9960-2018-2-228-250. – EDN UUTVUO.

10. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.9.011-2016 "Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем" : рекомендован распоряжением Федерального дорожного агентства № 632-р от 25 апреля 2016 г.).

11. «Об утверждении Методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия "Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих 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" национального проекта "Безопасные и качественные автомобильные дороги" / Распоряжение № АК-60-р от 25 марта 2020 г.

12. Рябко, К. А. Теоретическая оценка эффективности эксплуатации горнотранспортных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 6. – С. 72-82. – DOI 10.21440/0536-1028-2022-6-72-82. – EDN MCCUFZ.

13. Седов, Е. А. Информационные критерии упорядоченности и сложности организации структуры систем / Е. А. Седов // Системная концепция информационных процессов. – 1988. – № 3.

14. Построение и применение модели эффективности интеллектуальной транспортной системы / Ю. В. Федюкин, Е. И. Минаков, И. Е. Агуреев [и др.] // Надежность и качество сложных систем. – 2023. – № 4(44). – С. 77-87. – DOI 10.21685/2307-4205-2023-4-7. – EDN BXKGTZ.

15. Эффективность сложных систем. Динамические модели / В. А. Виноградов, В. А. Грущанский, С. И. Довгодуш и др.; Отв. ред. А. В. Ильичев, Н. А. Северцев; АН СССР, Ин-т пробл. кибернетики. – Москва : Наука, 1989. – 283 с.

16. Classification of Integration Platforms of Intelligent Transport Systems / A. I. Vorobyev, A. A. Koveshnikov, M. V. Gavrilyuk [et al.] // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2023. – Vol. 6, No. 1. – P. 525-529. – DOI 10.1109/IEEECONF56737.2023.10092164. – EDN CTAAZL.

References

1. Belozerova Ye. I. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2022, no. 2, pp. 44-56.

2. Informatsionnaya tekhnologiya. Kompleks standartov na avtomatizirovannyye sistemy. Terminy i opredeleniya, GOST 34.003-90 (. Information technology. Set of standards for automated systems. Terms and definitions, GOST 34.003-90).

3. Intellektual'nyye transportnyye sistemy. Terminy i opredeleniya, GOST R 56829-2015 (Intelligent transport systems. Terms and definitions, GOST R 56829-2015).

4. Macheret, D.A., Valeyev N.A. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2023, no. 2, pp. 15-22.

5. Macheret D.A., Valeyev N.A. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*, 2018, vol. 77, no. 2, pp. 84-91, DOI 10.21780/2223-9731-2018-77-2-84-91.

6. Macheret D.A. Izmaykova A.V. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2015, no. 6, pp. 30-35.

7. Ed. Rembeza A.I. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: Spravochnik, T. 1: Metodologiya. Organizatsiya, Terminologiya* (Reliability and efficiency in engineering: Handbook,Vol. 1: Methodology. Organization, Terminology), Moscow, Mashinostroyeniye, 1986, 320 p.

8. Nesiolovskaya T.N. Dudkina Ye.S. *Istoriya i perspektivy razvitiya transporta na severe Rossii*, 2020, no. 1, pp. 138-143.

9. Nikolayev R.S. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 228-250, DOI 10.17072/1994-9960-2018-2-228-250.

10. Otraslevoy dorozhnyy metodicheskiy dokument "Rekomendatsii po vypolneniyu obosnovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem", ODM 218.9.011-2016 (Industry road

methodological document"Recommendations for the implementation of the justification of intelligent transport systems", ODM 218.9.011-2016).

11. «Ob utverzhdenii Metodiki otsenki i ranzhirovaniya lokal'nykh proyektov v tselyakh realizatsii meropriyatiya "Vnedreniye intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniyem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vklyuchayushchikh goroda s naseleniyem svyshe 300 tysyach chelovek" v ramkakh federal'nogo proyekta "Obshchesistemnyye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva" natsional'nogo proyekta "Bezopasnyye i kachestvennyye avtomobil'nyye dorogi", Rasporyazheniye № AK-60-r, 25.03. 2020 g.

12. Ryabko K.A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*, 2022, no. 6, pp. 72-82, DOI 10.21440/0536-1028-2022-6-72-82.

13. Sedov Ye. A. *Sistemnaya kontseptsiya informatsionnykh protsessov*, 1988, no. 3.

14. Fedyukin YU.V., Minakov Ye.I., Agureyev I.Ye., Khazov N.I., Chaykovskiy V.M. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system*, 2023, no. 4(44), pp. 77-87, DOI 10.21685/2307-4205-2023-4-7.

15. Vinogradov V.A., Grushchanskiy V.A., Dovgodush S.I. et al., ed. Ilyichev A.V., Severtsev N.A. *Effektivnost' slozhnykh sistem. Dinamicheskiye modeli* (Efficiency of Complex Systems. Dynamic Models), Moscow, Nauka, 1989, 283 p.

16. Vorobyev A. I., Koveshnikov A. A., Gavrilyuk M. V. Vorobyeva T.V., Morozov D.YU. Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 2023, vol. 6, no. 1, pp. 525-529, DOI 10.1109/IEEECONF56737.2023.10092164.

Рецензент: Ю.А. Короткова, канд, техн. наук, доц., МАДИ

Информация об авторах

Анохов Игорь Васильевич, канд. эконом. наук, доц., АО «ВНИИЖТ».
Торопов Николай Юрьевич, зам. директора Департамента цифровой трансформации, ФАУ «РОСДОРНИИ».

Information about the authors

Anokhov Igor V., candidate of sciences (economic), associate professor, JSC «VNIIZhT».
Toropov Nikolay Y., deputy director of the department of digital transformation, FAU «ROSDORNII».

Статья поступила в редакцию 31.08.2024; одобрена после рецензирования 03.09.2024; принята к публикации 12.09.2024.
The article was submitted 31.08.2024; approved after reviewing 03.08.2024; accepted for publication 12.09.2024.