

УДК 004.942

EDN [RJFVQW](#)



<https://www.doi.org/10.47813/nto.4.2023.10.35-41>

## Особенности построения многоатрибутивной модели информационной среды для устойчивого развития транспортной инфраструктуры

**В.А. Подоплелова**

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия  
Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

E-mail: [podoplelovava@mail.ru](mailto:podoplelovava@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности построения многоатрибутивной модели информационной среды для устойчивого развития транспортной инфраструктуры. Вводится понятие групп (категорий) по атрибутам инфраструктуры для средств информатизации и информационных технологий. Приведена классификация инфокоммуникационных технологий для транспортной инфраструктуры, включающая приложения для управления транспортом, реализации цепочек поставок, автоматизации транспортных операций и управления транспортной инфраструктурой. Отмечается, что многоатрибутивную модель информационной среды для устойчивого развития транспортной инфраструктуры целесообразно формировать, исходя из иерархического подхода. Делается вывод о том, что многоатрибутивная модель принятия решений строится на основе комбинированных процедур, объединяющих стандартные MADM-методы и специализированные алгоритмы.

**Ключевые слова:** многоатрибутивная модель, информационная среда, транспортная инфраструктура.

## Features of constructing a multi-attribute model of the information environment for sustainable development of transport infrastructure

**V.A. Podoplelova**

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia  
Sochi State University, Sochi, Russia

E-mail: [podoplelovava@mail.ru](mailto:podoplelovava@mail.ru)

**Abstract.** The article discusses the features of constructing a multi-attribute model of the information environment for the sustainable development of transport infrastructure. The concept of groups (categories) based on infrastructure attributes for information technology tools is introduced. A classification of infocommunication technologies for transport infrastructure is given, including applications for transport management, supply chain implementation, automation of transport operations and transport infrastructure management. It is noted that it is advisable to form a multi-attribute model of the information environment for the sustainable development of transport infrastructure based on a hierarchical approach. It is concluded that a multi-attribute decision-making model is built on the basis of combined procedures that combine standard MADM methods and specialized algorithms.

**Keywords:** multi-attribute model, information environment, transport infrastructure.

## 1. Введение

Жизнеспособность и устойчивое развитие транспортной инфраструктуры определяется как материальными и транспортными потоками, так и информационными потоками. Организация информационных потоков зависит от применяемых цифровых технологий, включая аппаратное и программное обеспечение, которое характеризуется различным уровнем надежности (аппаратной или программной составляющей) и обладает набором атрибутов, анализ которых дает возможность влиять на компоненты инфраструктуры [1-4]. Оценка возможного влияния и управление развитием инфраструктуры обеспечивается на основе многоатрибутивного подхода (совокупности MADM-методов) [5-8].

Ряд авторов, например, в работах [5-9] отмечают, что транспортная инфраструктура, проявляясь во всех ее многочисленных формах (в виде транспортных, материальных, информационных потоков), несомненно зависима от уровня цифровизации этих потоков, а цифровые технологии имеют решающее значение для повышения устойчивости инфраструктуры в целом. Отметим Европейскую систему управления железнодорожным движением (ERTMS), в рамках которой на железнодорожном транспорте внедряются передовые системы управления поездами и системы сигнализации. Это технологии уровня 2, которые используют беспроводную связь для контроля за движением поездов. Планируется в итоге достичь цели по повышению объемов грузовых перевозок до 30 процентов (сегодня 18 процентов), обеспечив их большую устойчивость при одновременном сокращении капитальных затрат и расходов как на техническое обслуживание, так и на развитие и обслуживание инфраструктуры.

Важен и экологический аспект применяемых цифровых приложений. Утверждается, что оптимизированные графики движения поездов, интеллектуальные информационно-измерительные системы и новые решения в области энергоснабжения объектов инфраструктуры и подвижного состава, позволят сократить выбросы углекислого газа, например, в аэропортах. Цифровая среда, в которой выполняется цифровизация всех цепочек поставок авиа- и морских перевозок (включая облачные технологии и технологии Интернета вещей, передовые аналитические инструменты для оптимизации планирования и маршрутизации грузов, а также внедрение биотоплива),

может сократить выбросы в этом секторе транспортных коммуникаций во всем мире. Важным решением для устойчивости развития транспортной инфраструктуры является создание зарядной инфраструктуры для электромобилей. Это одно из наиболее эффективных интеллектуальных решений для дорог и автомагистралей, направленное на уменьшение их экологического следа. Здесь следует отметить и другие инициативы, связанные с развитием технологий «умного» обслуживания и оптимизации содержания дорог посредством анализа больших данных. Это, в свою очередь, приводит к другим экологическим, социальным и экономическим выгодам [10-14].

## 2. Материалы и методы

Информационная среда (ИС) транспортной инфраструктуры может быть разделена на две группы (категории) по атрибутам инфраструктуры [15]. Первая группа включает средства информатизации, расположенные непосредственно в транспортных средствах. Это системы связи и встроенные информационные технологии (ИТ). Они позволяют создавать «интеллектуальные транспортные средства». Вторая группа – это ИТ, расположенные в инфраструктуре, и обеспечивающие выполнение различных режимов транспортных средств (например, такие атрибуты, как динамические сигналы, системы контроля и т.д.). Развитие инфраструктурных элементов указанных категорий направлено на повышение их эффективности, что основывается на разработке аппаратных, программных комплексов, математических и имитационных моделей для решения задач оптимизации планирования, построения маршрутов и выбора эффективных транспортных потоков [16].

## 3. Результаты и обсуждение

В [17] приводится классификация инфокоммуникационных технологий (ИКТ) для транспортной инфраструктуры, которая включает:

- ИКТ для управления транспортом – ТМ;
- ИКТ для реализации цепочки поставок – SCE;
- ИКТ для автоматизации транспортных операций – FFA;
- ИКТ для управления транспортной инфраструктурой (включая, например, грузоперевозки) – FFM.

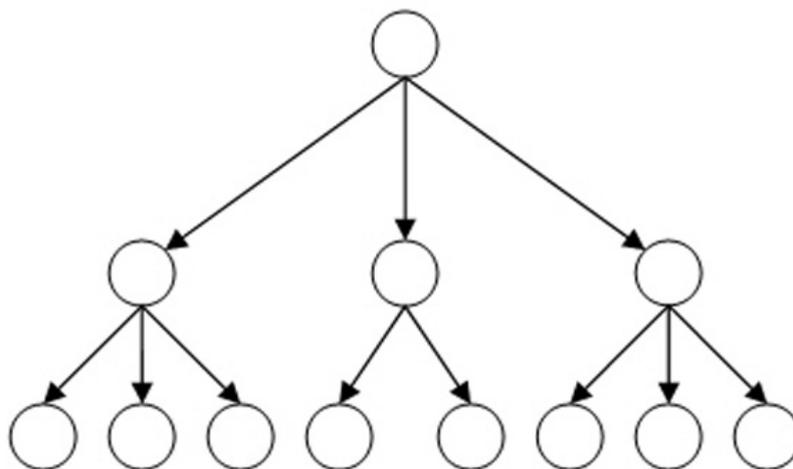
ИКТ-приложения ТМ — это инструменты, ориентированные на выполнение транспортной деятельности. Именно они обеспечивают планирование и оптимизацию транспортной деятельности в рамках инфраструктуры компании (маршрутизация, планирование, отслеживание, аудит транспортной инфраструктуры).

ИКТ-приложения SCE – это инструменты для управления и автоматизации обмена информацией внутри инфраструктуры. Здесь важен аспект работы приложений в реальном времени, что определяет динамические атрибуты модели, а также анализ затрат (стоимостных и временных) с помощью имитационных моделей, GERT-сетевых подходов и т.п.

ИКТ-приложения FFA, как правило, реализуются на основе мобильных ИТ и призваны обеспечить интеграцию между удаленными и территориально распределенными структурными элементами и бизнес-процессами.

ИКТ-приложения FFM обеспечивают информацией непосредственно о транспортных средствах, грузопотоках, реализуемых в рамках транспортной инфраструктуры (в том числе, и в режиме реального времени). Это позволяет более динамично и эффективно управлять транспортно-технологическими операциями.

Многоатрибутивную модель информационной среды для устойчивого развития транспортной инфраструктуры предлагается строить, исходя из иерархического подхода. Пример иерархической структуры представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Иерархическая структура.

Каждое ИКТ-приложение характеризуется своими информационно-коммуникационными потребностями. При этом данные потребности зависят от абонентов (пользователей) ИКТ-приложений и их категории (внутренние или инфраструктурные абоненты) в каждый период планирования развития транспортной инфраструктуры. Категория, как отмечалось выше, характеризует состав комплекса используемых программно-технических средств. Уровни иерархии ИКТ-приложений задаются с учетом конкретной информационной среды и реализуемых взаимосвязей между элементами этой среды. Как показано на рисунке, в модели выделяются уровни иерархии и задаются связи между этими уровнями.

#### 4. Заключение

Таким образом, для рассмотренной классификации инфокоммуникационных технологий, реализуемых в рамках транспортной инфраструктуры, многоатрибутивная модель принятия решений может быть построена на основе комбинированных процедур, объединяющих стандартные MADM-методы [5-8] и специализированные алгоритмы [9-12]. Группы или категории по атрибутам инфраструктуры, на которые подразделяются ИКТ-приложения, отображаемые в виде набора путей на многодольном альтернативном графе, позволяют учитывать возможные категории каждого ИКТ-приложения в заданные периоды планирования. Множество дуг определяет возможные переходы ИКТ-приложений из одной категории в другую. Предложенный подход позволит сформировать оптимальный план развития информационного пространства транспортной инфраструктуры на каждом этапе планирования с учетом динамики изменения потребностей ИКТ-приложений в ресурсах и капитальных затратах на ее развитие.

#### Список литературы

1. Ковалев И.В. Методология оценки и повышения надежности программно-информационных технологий и структур: монография / И.В. Ковалев, Т.И. Семенов, Р.Ю. Царев; Ковалев И.В., Семенов Т.И., Царев Р.Ю.; Федер. агентство по образованию, Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск: КГТУ, 2005. – 160 с. – ISBN 5-7636-0719-1. – EDN QMPHWR.
2. Русаков М.А. Многоэтапный анализ архитектурной надежности в сложных информационно-управляющих системах: специальность 05.13.01 "Системный

- анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Михаил Александрович Русаков. – Красноярск, 2005. – 168 с. – EDN NNHFVF.
3. Применение СОМ-технологии для реализации мульти-версионного программного обеспечения систем управления и обработки информации / И.В. Ковалев, А.А. Ступина, Р.Ю. Царев, В.А. Волков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – № 3. – С. 18-22. – EDN КРТВНН.
  4. Ковалев И.В. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И.В. Ковалев, А.А. Новожилов, Т.А. Рукавицына // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4(42). – С. 36-39. – EDN NBIRKP.
  5. Яцало Б.И. Система многокритериального анализа решений DecernsMCDA и ее практическое применение / Б.И. Яцало, С.В. Грицюк, В.И. Диденко, О.А. Мирзеабасов // Программные продукты и системы. – 2014. – 2. 2014. – С. 75-85.
  6. Zhang H., Yu L. MADM method based on cross-entropy and extended TOPSIS with interval-valued intuitionistic fuzzy sets. Knowledge-Based Systems –2012. – 30(2). – С. 115-120.
  7. Kovalev I. The Efficiency Analysis of Automated Lines of Companies Based on DEA Method / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov // Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. – 2014. – Vol. 675. – P. 107-115. – DOI 10.1007/978-3-319-03907-7\_12. – EDN UFMVAV.
  8. Model of the reliability analysis of the distributed computer systems with architecture "client-server" / I.V. Kovalev, P.V. Zelenkov, M.V. Karaseva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: XVII International Scientific Conference "Reshetnev Readings", Krasnoyarsk, November 12–14, 2014. Vol. 70. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012009. – DOI 10.1088/1757-899X/70/1/012009. – EDN UEMVYN.
  9. Ковалев И.В. Мультиверсионный метод повышения программной надежности информационно-телекоммуникационных технологий в корпоративных структурах / И.В. Ковалев, Р.В. Юнусов // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2003. – № 2. – С. 50-55. – EDN HTZBIJ.

10. Модели и методы оптимизации сбора и обработки информации / Н.А. Распопин, М.В. Карасева, П.В. Зеленков [и др.] // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2012. – № 2(42). – С. 69-72. – EDN PBYXSD.
11. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: XVII International Scientific Conference "Reshetnev Readings", Krasnoyarsk, 12–14 ноября 2014 года. Vol. 70. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012007. – DOI 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN UEMYPJ.
12. Kharlamova T. Prospects for the development of transport infrastructure to ensure sustainable development / T. Kharlamova, L. Desfontaines, S. Barykin, R. Gavrilova // Transportation Research Procedia. – 2022. – Volume 63. – P. 789-797.
13. Prus P. The Impact of Transport Infrastructure on the Sustainable Development of the Region—Case Study / P. Prus, M. Sikora // Agriculture. – 2021. – 11. – 279.
14. Fang W. Research on Sustainable Development of Transport Infrastructure Based on Corporate Culture and Low-Carbon Perspective / W. Fang, C. Ma, Z. Lei // J Environ Public Health. – 2022. – 4629422.
15. Z. Cortes, J. Andres; A. Serna, M. Darío, A.G. Rodrigo Information systems applied to transport improvement. Dyna rev.fac.nac.minas. 2013, vol.80, n.180
16. Jarasuniene A. Research Into Intelligent Transport Systems (Its) Technologies and Efficiency / A. Jarasuniene // Transport. – 2007. – Vol. XXII. – No 2. – P. 61-67.
17. Perego A. ICT for logistics and freight transportation: a literature review and research agenda / A. Perego, S. Perotti, R. Mangiaracina // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 2011. – Vol. 41. – No. 5. – P. 457-483