

Научная статья
УДК 656.11

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ЦИФРОВЫЕ ДОРОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Сергей Александрович Чудинов¹, Ольга Николаевна Байц²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ chudinovsa@m.usfeu.ru

² savchenkovaolga16@mail.ru

Аннотация. С развитием технологий и ростом транспортных потоков управление транспортной инфраструктурой городских агломераций становится более сложным заданием, требующим применение современных подходов и инструментов. Интеллектуальные транспортные системы представляют собой комплекс технологических решений, направленных на анализ, планирование, регулирование и контроль транспортных потоков. В статье описано как ИТС помогают сделать транспортную инфраструктуру более адаптивной к текущим условиям и способствует эффективному использованию существующих дорожных ресурсов.

Ключевые слова: транспортная система, интеллектуальная транспортная система, транспортный процесс

Для цитирования: Чудинов С. А., Байц О. Н. Интеллектуальные транспортные системы как цифровые дорожные решения // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 381–385.

Original article

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AS DIGITAL ROAD SOLUTIONS

Sergey A. Chudinov¹, Olga N. Bajc²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ chudinovsa@m.usfeu.ru

² savchenkovaolga16@mail.ru

Abstract. With the development of technologies and the growth of transport flows, the management of the transport infrastructure of urban agglomerations is becoming a more complex task requiring the use of modern approaches and tools. Intelligent transport systems are a set of technological solutions aimed at analyzing, planning, regulating and controlling traffic flows. The article describes how ITS helps to make the transport infrastructure more adaptive to current conditions and contributes to the efficient use of existing road resources.

Keywords: transport system, intelligent transportation system, transport process

For citation: Chudinov S. A., Bajc O. N. (2025) *Intellectual'nye transportnye sistemy kak cifrovye dorozhnye resheniya* [Intelligent transport systems as digital road solutions]. *Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii* [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 381–385. (In Russ).

С увеличением количества транспортных средств в городских агломерациях увеличиваются проблемы средней скорости передвижения и загруженности дорог. Для урегулирования ситуации с перегруженными дорогами не всегда достаточно строительство новых трасс или реконструкция существующих магистралей. Важно также применять инновационные технологии для оптимизации движения и улучшения общего состояния транспортной инфраструктуры. Для этого необходимо искать более эффективные и экологически безопасные способы регулирования транспортных потоков для снижения загруженности существующей дорожной сети.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это система, использующая инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков. ИТС помогают решить вопрос загруженности дорог за счет эффективного управления светофорными объектами, средствами регулирования и мониторинга дорожного трафика, системами информирования участников движения о ситуации на дорогах [1].

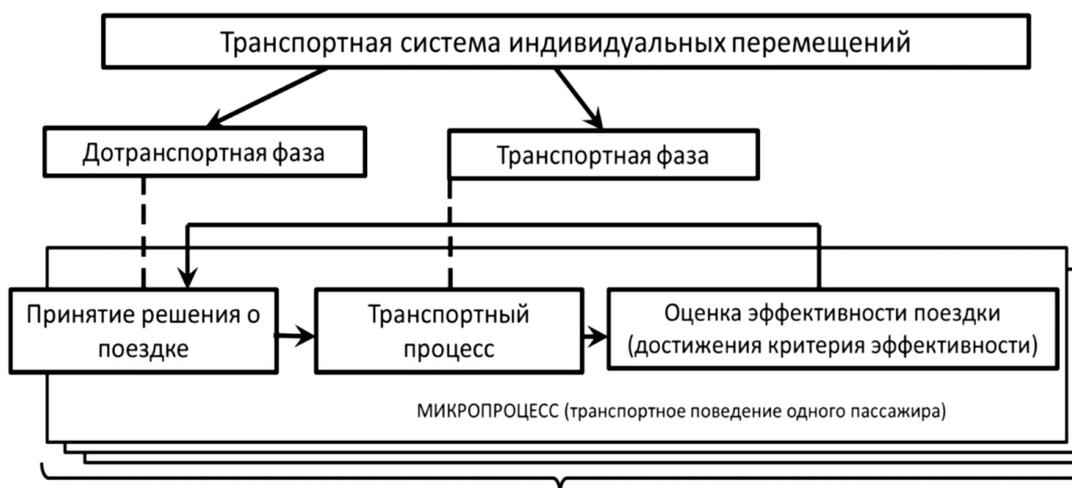
В сфере транспортной инфраструктуры ИТС представляют собой ключ к повышению эффективности дорожного и пешеходного движения. Однако оценка эффективности подобных систем требует всестороннего анализа, который учитывает различные пространственно-временные параметры. Данный анализ можно разделить на две основные категории, которые совместно обеспечивают полное понимание работы ИТС [2, 3].

В начале рассмотрим локальный уровень транспортных процессов, где анализируется влияние ИТС на отдельные участки дорог в течение коротких временных промежутков. Это позволяет изучить взаимодействие между различными участниками дорожного движения и тем, как конкуренция транспортных потоков влияет на функционирование дорожной сети, что

в дальнейшем позволит выявить оптимальные способы регулирования трафика на наиболее загруженных участках, минимизируя задержки и повышая безопасность дорожного движения.

Далее, для глубокого понимания эффективности ИТС необходимо рассмотреть нелокальный (макроскопический) уровень, где внимание уделяется общим результатам функционирования транспортной системы, а именно, как множество локальных транспортных процессов влияют на функционирование транспортной системы в целом. Что позволяет понять, как интеграция ИТС на различных участках дорожной сети способствует снижению заторовых ситуаций, ускорению потока движения и повышению общей эффективности транспортной инфраструктуры.

Таким образом, определяется управлением набором транспортных процессов, совершенных последовательно, с использованием транспортных средств различных видов транспорта. Транспортная подвижность всей транспортной системы представляет собой картину, составленную из множества отдельных индивидов, участвующих в транспортных процессах. Модель эффективности ИТС можно представить в виде схемы, с учетом циклического характера функционирования транспортных процессов (рисунок).



Применения теории макросистем для оценки эффективности ИТС

При внедрении ИТС возникает необходимость анализировать и оценивать влияние на транспортную инфраструктуру городских агломераций. Согласно имеющимся исследованиям в этой области, для понимания эффективности мероприятий, связанных с ИТС, необходимо учитывать гипотезу о нелокальном воздействии этих систем. Суть этой гипотезы заключается в том, что внедрение различных инструментальных подсистем ИТС несет за собой ряд локальных изменений в движении транспортных потоков, что, в свою очередь, требует комплексного подхода к оценке их эффективности.

Подход к выдвижению гипотезы дает основание для разработки научной методики оценки эффективности ИТС, включающей в себя предположение о том, что каждый сегмент ИТС взаимодействует с определенным набором элементов в транспортной сети, влияя на их функционирование. Использование комплексного метода для оценки эффективности предполагает применение теории больших транспортных систем. Данная теория позволяет создать уникальные макромодели для каждого отдельного сегмента ИТС, позволяя проследивать балансовые состояния, которые могут быть подвергнуты сравнению на общесистемном уровне, что позволит сделать выводы по ряду аспектов, таких как:

- общее качество управления дорожных потоков;
- уровень занятости дорожной сети;
- величина затрат ресурсов в системе перемещения и др.

Стоит подчеркнуть, что отдельные процессы транспортной сети состоят из многочисленных элементов, прогнозирование поведения которых представляет сложность, а взаимодействие между ними может как усилить, так и ослабить эффективность системы в целом. Несмотря на это, при рассмотрении системы в широком плане, ее эффективность может оказаться выше. Именно благодаря анализу на уровне макроструктуры возможно определить наиболее подходящий способ внедрения ИТС. Прогнозирование результативности ИТС представляет сложность, а их взаимодействие может как усилить, так и ослабить эффективность системы в целом. Определение сложных систем по А. И. Олемскому [4]: «особую актуальность приобрели исследования коллективного поведения, проявляющегося в самоорганизации физических, биологических, социальных и других систем. Благодаря тому что их поведение может изменяться непредсказуемым образом в зависимости от состояния их составляющих и внешних условий, такие системы получили название сложных».

Таким образом, при выборе мероприятий должны приниматься во внимание особенности транспортных систем, особенно с точки зрения их описания в контексте теории сложных систем. Учитывая недостаточную разработанность методологической базы для оценки ИТС и важность применения теории сложных систем, предложенный подход к использованию теории макросистем представляется особенно актуальным. Он не только способствует углубленному пониманию сложных транспортных систем, но и открывает новые направления для исследований, направленных на повышение их эффективности.

Анализ и дальнейшее создание универсальной математической модели, направленной на оценку производительности ИТС, включает:

- формирование теоретической базы для анализа эффективности ИТС;
- строительство математической модели, способной описывать ИТС;

Разработка и адаптация числовых методов, предназначенных для измерения эффективности ИТС.

После того как теоретическая база и математическая модель будут разработаны, следует этап построения численных алгоритмов. Эти алгоритмы предназначены для решения задач, связанных с оценкой эффективности ИТС. Их разработка и внедрение являются ключевыми для понимания того, как на практике можно улучшить работу ИТС, сделать их более отзывчивыми и адаптивными к изменяющимся условиям.

В заключение, основным достижением настоящей работы является создание и изучение комплексного подхода к оценке и повышению эффективности ИТС в дорожной сфере. Это включает в себя теоретическую разработку, математическое моделирование и численное решение задач, что в совокупности позволяет не только оценить текущее состояние ИТС, но и предложить пути их оптимизации и совершенствования.

Список источников

1. Агуреев И. Е., Ахромешин А. В. Подходы к формализации понятия транспортного поведения населения городских агломераций // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 2. С. 60–70. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-2-60.
2. Мулеев Е. Ю. Транспортное поведение населения России: краткий отчет о социологическом исследовании. М. : Институт экономики транспорта и транспортной политики НИУ ВШЭ, 2015. 37 с.
3. Савельева Е. О. Факторы формирования транспортного поведения в крупнейших городах России // Градостроительство. 2018. № 5. С. 54–63.
4. Олемской А. И. Синергетика сложных систем: феноменология и статистическая теория. М. : Красанд, 2009. 379 с.

References

1. Agureev I. E., Axromeshin A. V. Approaches to formalizing the concept of transport behavior of the population of urban agglomerations // Intelligence. Innovation. Investment. 2021. № 2. P. 60–70. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-2-60.
2. Muleev E. Yu. Transport behavior of the Russian population: a brief report on the sociological research. Moscow : Institute of Economics of Transport and Transport Policy of the National Research University of Higher School of Economics, 2015. 37 p.
3. Savel'eva E. O. Factors of formation of transport behavior in the largest cities of Russia // Urban planning. 2018. № 5. P. 54–63.
4. Olemskoj A. I. Synergetics of complex systems: phenomenology and statistical theory. M. : Krasand, 2009. 379 p.