

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

3(31)
СЕНТЯБРЬ 2024

Ежеквартальное сетевое научно-практическое издание



**Стратегия развития железных
дорог**

**Интеллектуальные системы
и технологии на транспорте**

**Геоинформационные
технологии и системы
на транспорте**

**Цифровые методы
на железнодорожном
транспорте**

2 стр.

Стратегия развития железных дорог

Цифровое управление на транспорте

Розенберг Е.Н. Цветков В.Я.

24 стр.

Геоинформационные технологии и системы на транспорте

Анализ концептов для проектирования базы геоданных

Дулин С.К. Рябцев А.Б.

7 стр.

Стратегия развития железных дорог

Модифицированное решение транспортной задачи

Павловский А.А.

33 стр.

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Ситуационная маршрутизация в транспортной сети

Охотников А.Л.

12 стр.

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

О некоторых аспектах автоматизации движения поездов на железнодорожном транспорте

Озеров А.В. Маршова А.С.

40 стр.

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Информационное пространство цифровой железной дороги

Болбаков Р. Г.

18 стр.

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

Угрозы транспортного киберпространства

Дешко И.П.

УДК: 528.02; 528.06

ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ



Розенберг Е.Н.

Д.т.н., профессор, первый заместитель Генерального директора, АО «НИИАС», E-mail: nii@vniias.ru, Москва, Россия

Д.т.н., профессор, начальник Научного отдела, АО «НИИАС», E-mail: cvj7@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация

В статье исследуется цифровое управление подвижными объектами. Показано, что такое управление является ситуационным, описаны основные четыре модели информационных ситуаций, которые возникают при управлении подвижными объектами. Показано, что взаимодействие между информационными ситуациями приводит к появлению новых информационных ситуаций, а аналоговое управление де факто является цифровым. Цифровое управление интегрирует информационное управление, интеллектуальное управление и киберфизическое управление. По мере роста скоростей на железнодорожном транспорте отмечена тенденция перехода к распределенному и кибер физическому управлению. Показано развитие управленческих алгоритмов для задач транспорта.

Ключевые слова:

Транспорт, цифровое управление, информационная ситуация, алгоритмы управления.



Цветков В.Я.

DIGITAL MANAGEMENT IN TRANSPORT

Rozenberg E.N

Doctor of Technical Sciences, Professor, First Deputy Director General, JSC «NIIAS», E-mail: info@vniias.ru, Moscow, Russia

Tsvetkov V.Ya.

Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC «NIIAS», E-mail: cvj7@mail.ru, Moscow, Russia

Abstract

The article examines digital control of moving objects. It is shown that such control is situational, the main four models of information situations that arise when controlling moving objects are described. It is shown that the interaction between information situations leads to the emergence of new information situations, and analog control is de facto digital. Digital control integrates information control, intelligent control and cyber-physical control. As the speeds in rail transport increase, a tendency towards distributed and cyber-physical control is noted. The development of control algorithms for transport tasks is shown.

Keywords:

Transport, digital control, information situation, control algorithms.

Введение

Развитие информационных коммуникаций [1] и информационных взаимодействий привело к развитию информационного управления [2]. Появление цифровой экономики и модернизация информационных технологий управления привели к возникновению цифрового управления [3-5]. Цифровое управление использует цифровое моделирование [6] и цифровые модели. Развитие цифровых методов привело к появлению ряда новых направлений, включая цифровое управление, цифровую экономику, цифровое право [7]. Контекстно цифровое управление переносит область управления в информационное поле или в киберпространство. Киберпространство [8-10] служит основой управления в технологиях «цифровые двойники». Значение «цифровой» в управлении означает дискретный. Цифровое управление может быть рассмотрено как анализ дискретных состояний объекта управления. Для каждого состояния может быть смоделирована ситуация или несколько ситуаций, в которых находится объект управления. Поэтому цифровое управление является ситуационным. Это требует применения модели информационной ситуации.

Многовариантность поведения объекта управления приводит к целесообразности использования методов поддержки принятия решений [11]. Дискретность в цифровом управлении требует применения методов дискретной оптимизации и дискретной математики. Подключение компьютера для дискретного анализа повышает оперативность принятия решений. Поэтому цифровое управление имеет преимущество перед аналоговым управлением. В цифровом управлении происходит переход от автоматизированных методов управления к методам социальной кибернетики [12, 13]. Цифровое управление в отдельных случаях имеет ярко выраженные технологии. Например, цифровая железная дорога [14] является примером реализации технологии цифрового управления. Управление с применением киберфизических систем [15, 16] также относится к цифровому управлению. Во многих случаях интеллектуальное управление также реализуется через цифровое управление. Интеллектуальное управление транспортом также относится к цифровому управлению.

Виды управленческих моделей и ситуаций на транспорте

Цифровое управление транспортом является ситуационным управлением. Оно использует модели ситуации, в которых находится объект транспорта. Цифровое управление транспортом использует четыре модели информационных ситуаций. Первая модель ситуации описывает окружение подвижного объекта. Вторая информационная модель ситуации описывает физическое перемещение подвижного объекта относительно местности. Третья информационная модель ситуации описывает состояние подвижного объек-

та в процессе его движения. Четвертая ситуация является прогностической. Она особенно характерна для беспилотного движения. Четвертая информационная ситуация прогнозирует ситуацию на пути возможного движения. Первая ситуация является условно стабильной. Вторая ситуация является динамической. Третья ситуация является условно динамической. Четвертая ситуация является вероятностной и динамической. Такое качественное различие ситуаций позволяет в полной мере описывать движение подвижного объекта.

Информационные управленческие ситуации (ИУС) разделяют на статические и динамические. Статическая информационная ситуация содержит постоянные параметры, которые существуют при управлении. Динамическая информационная управленческая ситуация содержит постоянные параметры, которые изменяются с течением времени и зависят от времени. Наряду с динамическими и статическими ситуациями существуют переходные ситуации, которые связывают динамические и статические ситуации.

Информационные ситуации могут содержать ядро ситуации как объект управления. Эта модель описывает объект и его окружение. Информационные ситуации могут не содержать ядро. В этом случае они описывают только информационную ситуацию. На рис. 1 показаны четыре типа информационных ситуаций при цифровом управлении.

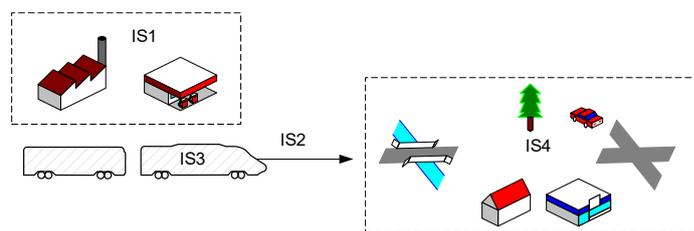


Рисунок 1. Четыре типа информационных ситуаций при цифровом управлении.

Первая ситуация (IS1) – текущее окружение объекта, вторая ситуация (IS2) – подвижный объект, третья ситуация (IS3) – состояние подвижного объекта. Четвертая информационная ситуация (IS4) – это будущее окружение объекта. Если в ситуации IS4 находится другой подвижный объект, то появляется модель подвижного блока (IS5), и возникает задача «виртуальной сцепки» [17].

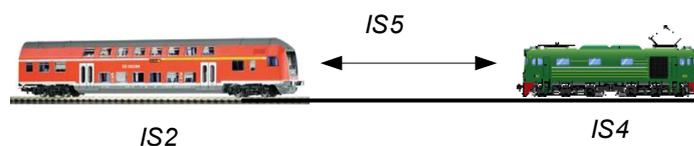


Рисунок 2. Модель подвижного блока.

Можно констатировать, что информационное взаимодействие (information interaction-II) информационных ситуаций позволяет создавать новые информационные ситуации.

II (IS2, IS4)→IS5

Информационная ситуация (IS5) решает задачи безопасного движения на цифровой железной дороге и более точную задачу «виртуальной сцепки».

Многообразие применения термина «цифровые методы»

Первое появление термина «цифровые» связано с названием «цифровые вычислительные машины» (ЦВМ). На ранних этапах развития вычислительной техники существовало два типа вычислительных машин: аналоговые и цифровые. Аналоговые (АВМ) обрабатывали непрерывные аналоговые сигналы. Они использовали специально разработанные электронные схемы, в которых осуществлялось функциональное преобразование сигналов как аналоговой информации. Переходная характеристика такой схемы соответствовала требуемому алгоритму обработки.

Например, для дифференцирования входного сигнала использовалась дифференцирующая цепочка и непрерывный сигнал преобразовывался в другой, который представлял непрерывную производную от исходного. Аналогично дело обстояло с интегрированием или решением дифференциальных уравнений. Другими словами, алгоритм обработки был жестко зашит в электронную схему обработки и был неперестраиваемым. По этой причине эти ЭВМ были узко специализированными и дорогими в изготовлении.

Цифровые вычислительные машины были основаны на преобразовании аналоговых сигналов в дискретные последовательности с сохранением информативности аналоговой информации. Для обработки информации с помощью ЦВМ она должна быть дигитализована (digital-цифра), т.е. преобразована в цифровой код. Именно цифровой дискретный код определяет сущность термина «цифровой». ЦВМ более универсальны в обработке, так как позволяли обрабатывать разные данные с помощью наборов программ. Они являются более дешевыми по стоимости производства. Универсальность ЦВМ и низкая стоимость явились существенными конкурентными преимуществами ЦВМ перед АВМ. Это привело к вытеснению с рынка АВМ. В настоящее время аналоговые вычислительные машины практически не используются, за исключением специальных устройств обработки данных. Все персональные компьютеры являются цифровыми, и поэтому данный термин не употребляют по отношению к компьютерам.

Следующий этап развития термина цифровой связан с цифровой (четвертой) информационной революцией. По мере развития систем ком-

муникаций и вычислительных систем, а также перевода различных видов информации в дискретную форму, появились термины «цифровые данные», «цифровая информация», «цифровые технологии», «цифровые методы», «цифровые системы». Обобщение этих понятий привело к появлению новой цифровой формы представления информации. Для обработки информации в информационных системах и с помощью новых информационных технологий все выше рассмотренные виды информации переводят в цифровую форму. Таким образом, цифровая форма представления информации интегрирует (объединяет) различные виды информации и создает возможность их совместной обработки.

Термины «цифровые данные», «цифровая информация», «цифровые технологии», «цифровые методы», «цифровые системы», «цифровые модели» описывают понятия, связанные с обработкой дискретной (цифровой) информации в компьютерных системах. В настоящее время цифровые данные и системы используют не только в вычислениях, но и в других технологиях (криптография, цифровое телевидение, цифровая телефонная связь, цифровая фотография и др.). В этих системах термин «цифровой» означает работу с дискретной информацией.

По способу отображения объекта в модель можно говорить об аналоговой и дискретной моделях. Примерами таких моделей могут служить обычный фотоснимок и цифровой снимок или цифровое изображение. Аналоговые модели в свою очередь разбиваются на две группы: прямой и косвенной аналогии. К группе моделей прямой аналогии относятся модели, создаваемые на основе физического моделирования: аналоговые карты, модели судов, самолетов, гидротехнические сооружения и т. п. К группе моделей косвенной аналогии относят модели, создаваемые на основе математического моделирования, например, цифровая модель рельефа (ЦМР), построенная на основе аналитического описания поверхности.

Дискретные модели основаны на замене непрерывных функций набором дискретных значений аргументов и функций. Это уменьшает объем информации дискретных моделей в 100-100 раз по сравнению с объемом информации для аналоговых моделей. Дискретность определяется шагом квантования. Для необходимости сохранения информативности дискретной модели по отношению к объекту шаг квантования выбирается с учетом теоремы Шенона-Котельникова.

В геоинформатике и информатике существует технология цифровизации (digitizing, digitising, digitalization). Она преобразует аналоговые данные в дискретную форму, пригодную для использования в ЦВМ.

Термин «цифровой» сохранился как характеристика для некоторых данных и систем (цифровые методы, цифровые снимки, цифровые фотокамеры, цифровые данные, цифровая информация). В настоящее время он означает, что информация в этих данных и системах со-

держится в дискретной форме и предназначена для обработки с помощью современных компьютерных технологий.

В прикладной информатике и геоинформатике цифровое моделирование заключается в использовании возможностей математических методов и программных средств для моделирования объектов. В широком смысле слова цифровая модель (ЦМ) (digital model, DM) – это информационная дискретная модель, сформированная для обработки на компьютере.

В узком смысле слова цифровая модель – это информационная дискретная модель пространственных объектов, в которой одними из обязательных параметров являются: координаты, размеры, габариты, точность координат, масштаб и т.д. Естественно, что эта модель предназначена для обработки в информационных или геоинформационных технологиях. Цифровые модели могут храниться в базах данных или независимо в виде файловых структур. Наибольшее распространение цифровые модели нашли в ГИС, транспорте, строительстве, архитектуре.

Цифровая модель местности (ЦММ) (digital terrain model, DTM) относится к первой управленческой модели, описанной выше. Ее можно назвать внешней моделью по отношению к подвижному объекту управления (IS1). Цифровая модель подвижного объекта является второй управленческой моделью (IS2). Эти модели являются пространственными. Цифровая модель состояния подвижного объекта в пространстве параметров является третьей управленческой информационной моделью. Эта модель является параметрической. Цифровая модель будущего состояния подвижного объекта является четвертой управленческой информационной моделью, и она является пространственно вероятностной. Эта модель служит основой расчета подвижных или виртуальных блоков на цифровой железной дороге.

Одной из разновидностей ЦММ является цифровая модель рельефа. Эта модель используется для отображения рельефа местности и расчета угроз движению. Она также служит основой для расчета объема работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Если рассматривать термин «цифровой» как дискретный, то выясняется, что обычное управление является дискретным, то есть цифровым. Оно является циклическим и имеет цикл управления T

$$T = t_1 + t_1 + t_1 + t_1 + t_1 + t_1 \quad (1)$$

Интерпретация содержания (1) дискретного управления следующая.

Первый временной интервал t_1 – сбор информации о состоянии объекта управления t_1 – отправка информации в центр управления движением (ЦУД) t_1 – анализ информации в ЦУД t_1 – выработка управляющего решения t_1 – отправка управляющего решения по линиям коммуникации t_1 – реализация решения.

ЦУД может быть ситуационной комнатой или интеллектуальной транспортной системой.

На рисунке 3 дана иллюстрация дискретного или цифрового управления. В момент времени t_1 (не путать с интервалом t_1) объект находится в условной позиции L1 и отправляется информация в ЦУД. За период T_1 происходят операции, описанные в выражении (1). За этот период объект перемещается в позицию L2. По существу, T_1 – это мертвая зона для управления.

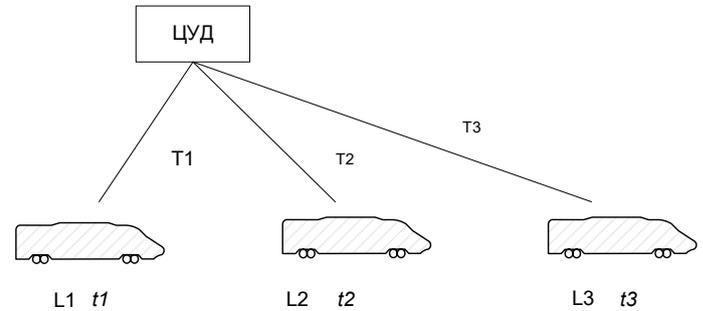


Рисунок 3. Схема дискретного управления.

В период $t_2 = t_1 + T_1$ объект перемещается в позицию L2. Из этой позиции отправляется информация в ЦУД. За период T_2 объект перемещается в позицию L3. Чем больше скорость объекта, тем на большее расстояние перемещается подвижный объект и тем больше «мертвая зона» для управления. Это привело к тому, что для интенсификации движения применяют расчеты на месте, то есть в подвижном объекте. Такая идеология применяется в цифровой железной дороге (ЦЖД) и в транспортных киберфизических системах (ТКФС).

Заключение

Для повышения эффективности цифрового управления транспортом применяют различные интеллектуальные и кибернетические системы. Это мотивирует развитие специальной группы алгоритмов, которые называют алгоритмами управления. С этими алгоритмами связаны алгоритмы поведения, алгоритмы познания [18], метаэвристические алгоритмы и мультиагентные алгоритмы. С этими алгоритмами связаны алгоритмы интервального движения и алгоритмы интервального управления. Алгоритм познания в цифровом управлении означает возможность изучения новой ситуации и накопления опыта.

Цифровое интеллектуальное управление включает методы формирования правил управления и правильной реакции на непредвиденные ситуации. Цифровое управление не является принципиально новой технологией. Оно использует принципы дискретного управления и методы дискретной математики и дискретных вычислений. Цифровое управление дает возможность решения задач высокой сложности, которые не решаются с помощью человеческого интеллекта.

Цифровое управление реализуют в информационном, интеллектуальном и киберфизическом

варианте. Информационный вариант использует прямые или детерминированные алгоритмы. Интеллектуальный вариант цифрового управления использует правила и метаэвристику, включая мультиагентные алгоритмы. Киберфизический вариант использует идеологию Интернета вещей и распределенные вычисления на месте. Для сложных ситуаций движения характерна разбалансировка управленческих воздействий. Технология цифрового управления решает задачи согласования движения и управления.

Список литературы

1. Дешко И.П. Коммуникационная закрытая информационная модель // Образовательные ресурсы и технологии – 2017. -3 (20). – С.41-47.
2. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. Т.1. – 4(4). – С.11-24.
3. Ознамец В.В. Цифровое управляющее пространство// ИТ – Стандарт. 2021. 2(27). С.35-39.
4. Ожерельева Т. А. Цифровое управление // Славянский форум. -2020. – 3(29). - С.44-55.
5. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - С. 50-61.
6. Замышляев А.М. Эволюция цифрового моделирования // Наука и технологии железных дорог. – 2017. Т.1.– 1(1). – С.82-91.
7. Иноземцев М.И., Нектов А.В., (2023). Зарубежные диссертации по цифровому праву: статистический и библиографический обзор. // Цифровое право, 4(1), 28–63. <https://doi.org/10.38044/2686-9136-2023-4-1-28-63>.
8. He T. et al. Self-powered glove-based intuitive interface for diversified control applications in real/cyber space //Nano Energy. – 2019. – Т. 58. – С. 641-651.
9. Barlow J. P. A Declaration of the Independence of Cyberspace //Duke Law & Technology Review. – 2019. – Т. 18. – №. 1. – С. 5-7.
10. Demchak C. C. China: Determined to dominate cyberspace and AI //Bulletin of the Atomic Scientists. – 2019. – Т. 75. – №. 3. – С. 99-104.
11. Ожерельева Т. А. Системы поддержки принятия решений // Славянский форум, 2015. - 4(10) – С.252-259.
- 12.. Umpleby S. What comes after second order cybernetics? //Cybernetics & Human Knowing. – 2001. – Т. 8. – №. 3. – С. 87-89.
13. Lutterer W. Systemics: the social aspects of cybernetics //Kybernetes. – 2005.
14. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.69-79.
15. Leng J. et al. Digital twin-driven manufacturing cyber-physical system for parallel controlling of smart workshop //Journal of ambient intelligence and humanized computing. – 2019. – Т. 10. – №. 3. – С. 1155-1166.
16. Ma S. et al. Energy-cyber-physical system enabled management for energy-intensive manufacturing industries //Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т. 226. – С. 892-903.
17. Охотников А.Л. Виртуальная сцепка как элемент интервального регулирования движения поездов // Наука и технологии железных дорог. – 2024. Т.8.– 2(30). – С.42-47.
18. Моисеев Н. Алгоритмы развития. - М.: Наука, 1987. – 304 с. Переиздана 2017 Издательством Litres.

УДК: 656.2, 519.6

МОДИФИЦИРОВАННОЕ РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ



Павловский А.А.

к.т.н., заместитель Генерального директора, АО «НИИАС»,
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru Москва, Россия

Аннотация

Развитие транспортных систем характеризуется информатизацией и цифровизацией, и это определяет методы управления и анализа транспортных систем. Основной задачей перевозочного процесса является оптимизация перевозки грузов из пунктов отправления в пункты потребления с минимальными затратами на перевозки (транспортная задача). Современные условия перевозки и рыночные отношения все больше исключают возможность применения классических методов решения транспортной задачи. Предлагается новый метод решения транспортной задачи при дополнительных условиях, при этом допускается рассогласование действий поставщиков, потребителей, нарушение баланса между потребностями и отгрузкой. Для этих условий предложен метод модифицированного решения транспортной задачи, который уменьшает разбалансировку решения при любых условиях перевозки.

Ключевые слова:

Транспорт, спрос, предложение, транспортная задача, модифицированная транспортная задача.

MODIFIED SOLUTION OF THE TRANSPORT PROBLEM

Pavlovskiy A.A.

PhD., Deputy General Director, JSC «NIIAS»,
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru, Moscow, Russia

Abstract

The development of transport systems is characterized by informatization and digitalization, and this determines the methods of management and analysis of transport systems. The main task of the transportation process is to optimize the transportation of goods from points of departure to points of consumption, with minimal transportation costs (transport problem). Modern transportation conditions and market relations increasingly exclude the possibility of using classical methods for solving the transport problem. A new method for solving the transport problem under additional conditions is proposed, while allowing for a mismatch in the actions of suppliers, consumers, and an imbalance between needs and shipment. For these conditions, a modified method for solving the transport problem is proposed, which reduces the imbalance of the solution under any transportation conditions.

Keywords:

Transport, demand, supply, transport problem, modified transport problem.

Введение

Современное развитие транспортных систем характеризуется цифровой трансформацией [2]. Общемировая тенденция глобализация [2,3] также охватывает сферу транспорта в области глобальных и интермодальных перевозок. Технологическую основу автоматизации в сфере транспорта составляют науки прикладная информатика [4] и прикладная геоинформатика [5]. Последнее обусловлено тем, что движение транспорта происходит в реальном пространстве, и оно требует применения пространственной информации. Наука, которая занимается обработкой и применением пространственной информации, есть геоинформатика. Основу технологического преобразования транспорта составляют информационные и цифровые технологии. Основу методического преобразования транспорта составляют математические методы и математические модели, к числу которых относятся методы линейного программирования, включающие транспортную задачу. На эти методы влияет развитие транспорта и изменение условий его движения. Изменение условий движения создает предпосылки для модификации известных математических методов, включая решение транспортной задачи. Еще одной особенностью совершенствования транспортной системы и управления транспортом является применение информационных технологий и информационных пространств [6]. Основой применения информационных моделей является информационное поле [7,8]. Информационное поле содержит явное знание и неявное знание. Это дает основание при управлении транспортом не только принимать правильные решения, но и получать новые знания и накапливать их в виде опыта, формализованного в информационные модели. В статье рассмотрен метод модификации решения транспортной задачи, использующий условия конкуренции.

Фактор информационного моделирования при управлении транспортом

Современное управление транспортом широко использует методы моделирования. Ведущим моделированием является информационное моделирование. Основной информационной моделью, применяемой при информационном моделировании, является модель информационного поля. Информационное поле объединяет разные модели. Информационное поле создает возможность комплексной обработки моделей объектов и явлений в единой среде. Информационное поле содержит модели объектов и модели процессов. Между ними также может быть связь, соответствие и отношение. В информационном поле исследуют процессы моделирования и метамоделирования [9,10].

Ресурсную основу преобразований в транспортной сфере составляют различные информационные феномены: информационные модели [11,

12], информационные конструкции [13], модели информационных единиц [14], модели информационных отношений [15], модели пространственных отношений [16], модели информационных связей, модели информационных ситуаций [17], модели информационных взаимодействий [18], метамодели, модели информационных процессов [19, 20], модели первого и второго рода, модели информационного соответствия [21], модели сложности, модели цифровых рисков [22] и другие. Соответственно моделям существуют разные виды моделирования.

Главной информационной моделью является модель информационного поля. Она есть интегральная модель реальности. Информационное поле содержит модели объектов, модели процессов, модели информационных и пространственных отношений, модели информационных связей. Однако информационное поле содержит не только определенность, но и модели информационной неопределенности.

Развитие автоматизации и цифровизации имеет внешнее и внутреннее проявление. Внешнее проявление состоит в создании новых технологий и моделей. Внутреннее проявление информатизации состоит из модификации существовавших методов с помощью вычислительных технологий. Именно к таким внутренним совершенствованиям относятся методы модификации решения транспортной задачи (МРТЗ).

Модифицированная транспортная задача.

Теоретическая транспортная задача (ТЗ) решается по трем параметрам: затраты по перевозкам из точек отгрузки в точки доставки, запасы в точках загрузки и потребности в точках доставки. Решение получают методом линейного программирования и находят корректный оптимум [23]. Услуги по поставкам являются однородными. Между потребителями нет конкуренции и для поставщиков, нет разницы, кому поставлять товар, все упирается в стоимость перевозки.

В современной практике ТЗ решается с учетом информационного взаимодействия между потребителем и поставщиком. Кроме того, возникает предпочтительность или заинтересованность в доставке. Наконец, возможны институциональные отношения между поставщиками и потребителями. В общем, и на рынке перевозок существуют интересы поставщиков и интересы потребителей. Все это делает неоднородной среду поставок. В такой среде существует схема предложений (рис.1), отражающих интересы поставщиков. В такой среде существует схема спроса (рис.3), отражающего интересы потребителей. Схеме предложений соответствует матрица поставщиков (рис.2) [24,25]. Поставщики на рис.1 изображены символом (В), потребители изображены символом (А). То же самое на рисунке 3. Стрелки на рис.1 показывают направление предложений. На рисунке 1 и в матрице (рисунок 2) видно, что первый поставщик предлагает свои услуги только второму потребителю.

Второй предлагает услуги первому и второму потребителю.

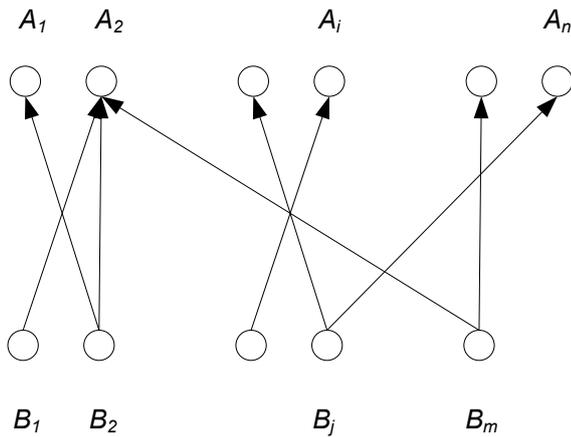


Рисунок 1. Схема предложений

	A1	A2				An
B1		t				
B2	t	t	t			
			t	t	t	
		t	t		t	t
			t			t
Bm	t	t		t	t	

Рисунок 2. Матрица предложений

Последний поставщик предлагает услуги первому потребителю и (n-1) потребителю. Схема на рисунке 1 показывает, что отношения между поставщиками не согласованы или не комплементарны. Между поставщиками существует конкуренция за выгодного потребителя. Предложения на рисунке 2 выделены символом t , от английского tender. Наличие нулевого символа в строке матрицы B означает отсутствие интереса поставщика к потребителю. Наличие t в матрице B показывает интерес данного поставщика (строка) к данному потребителю (столбец), определяемый численным значением величины t .

Для потребителя существует своя схема и своя матрица. Интересы потребителя показаны на рисунке 3, в виде схемы спроса (рисунок 3) и матрицы потребителя (рисунок 4).

Стрелки на рисунке 3 показывают направления спроса. На рисунке 3 и в матрице (рисунок 4) видно, что первого потребителя интересуют услуги второго поставщика, i -го поставщик, и последнего поставщика. Второго потребителя интересуют услуги первого поставщика, второго поставщика и последнего поставщика. В сравнении с рисунком 1 видно, что интересы поставщиков и потребителей не сбалансированы. Необходимо искать компромиссное решение.

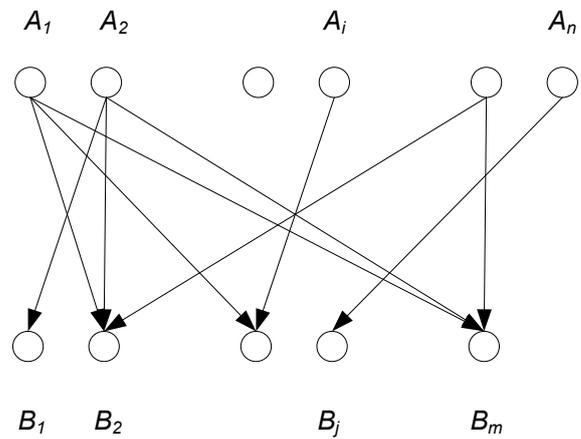


Рисунок 3. Схема спроса [55]

	A1	A2				An
B1	d	d				d
B2		d	d			
			d	d	d	
		d	d	d	d	
	d	d		d		d
Bm				d	d	

Рисунок 4. Матрица спроса A

Матрица потребителей на рисунке 4 условно названа матрица A . Схема спроса на рисунке 3 показывает, что между потребителями также существует конкуренция за поставщика.

В матрице A символом d обозначен спрос. Это обозначение от английского demand (спрос). Символа d в строке матрицы A показывает интерес потребителя (столбец) к поставщику (строка), Интерес определяется количественной величиной d . Величины d и t противоположны по знаку. Это вытекает из направлений векторов на рисунке 1 и рисунке 3. Направления векторов противоположны.

Можно констатировать, что постановка модернизированной транспортной задачи приводит не к одной матрице интересов, а к трем матрицам, в которых интересы различаются, и показано различие интересов. Эти матрицы отражают разные отдельные интересы среди поставщиков и отдельные интересы среди потребителей, а также наличие рассогласования между поставщиками и потребителями.

Матрицы A и B формируют на основе статистики, в частности, ежегодных плановых отчетов. Зачастую они копируют план предыдущего года, но вносят в него корректировки. Их аналогом в канонической ТЗ является опорный план.

Решение получают на основе сравнения векторных схем и комбинации матриц A и B . В сбалансированной системе равенство спроса и предложения будет иметь место.

$$A+B=0 \quad (1)$$

В этом случае оптимизация не нужна и опорные планы оптимальны. При отсутствии балансировки

$$A+B=N \quad (2)$$

В выражении (2) N определяется как матрица несоответствия (рис. 5). Для сбалансированных интересов N=0.

	A1	A2				An
B1	d	0	0	0	0	d
B2	t	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	d	d	0
	d	d	t	d	0	0
Bm	t	t	0	0	0	0

Рисунок 5. Матрица разбалансировки

В матрице разбалансировки элементы будут определяться как суммы элементов A и B. Они будут равны d и t, а также Δd и Δt. Величины d и t, свидетельствуют о наличии несоответствия по данному элементу. Величины Δd и Δt констатируют частичное несоответствие между спросом и предложением. При Δd в качестве элемента существует неудовлетворённый спрос. При Δt в качестве элемента существует избыточное предложение.

Задача оптимальной поставки или модифицированная транспортная задача сводится к минимизации матрицы N с помощью комбинаторных методов

$$A+B=\text{Min} (N) \quad (3)$$

Технически эта задача решается методами комбинаторной математики. Методически она описана в теории игр. При этом разбалансировка может быть устранена полностью. Это соответствует оптимальному решению. Балансировка может быть уменьшена. Это соответствует рациональному решению. Таким образом, предлагаемый метод уменьшает разбалансировку при любых условиях перевозки.

Заключение

Модифицированная транспортная задача отличается от канонической транспортной задачи. Каноническая транспортная задача решается симплекс-методом, но при меньших размерностях ее можно решить более простым методом. Ее решают инкрементным методом путем улучшения плана перевозок. Иногда этот метод некорректно называют итерационным. Но это чистый инкрементный метод. Инкрементный метод также использует итерации, но он на каждой итерации создает ресурс или решение, которое использует и улучшает на следующей итерации. Каноническая транспортная задача решается симплекс-методом по одной матрице, которая не учитывает интересы поставщиков и потребителей и разницу их интересов. Модифицированная транспортная задача использует три матрицы. Одна матрица учитывает интересы поставщиков, вторая матрица учитывает интересы потребителей, третья матрица

описывает рассогласование между интересами поставщиков и потребителей. Именно работа с третьей матрицей решает задачу оптимизации. Она решается технически. В ходе исследования установлена разница между оптимальным решением и рациональным решением. Оптимальное решение возможно при нахождении глобального оптимума целевой функции. Рациональное возможно при условной оптимизации.

Список литературы

1. Зайченко И. М. и др. Цифровая трансформация бизнеса: подходы и определение // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2020. – №. 2. – С. 205-212.
2. Гранин Ю. Что такое «глобализация»? // Высшее образование в России. – 2007. – №. 10. – С. 116-121.
3. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии. – 2005. – №2. – С.2-4
4. Господинов С.Г. Современная информатика. – Saarbruken, 2023. –157 с. ISBN 978-620-6-14625-4.
5. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Прикладная геоинформатика. – М.: МАКС Пресс, 2005. –360 с.
6. Ознамец В.В. Цифровое управляющее пространство// ИТ – Стандарт. 2021. 2(27). С.35-39.
7. Кудж С.А. Информационное поле: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 97 с.
8. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №1-3. – С.455-456.
9. Ожерельева Т. А. Метамоделирование и информационный морфизм // Славянский форум. 2021, 3(33). С.69-78.
10. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов В.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. 2020. – №1. – С .112-119.
11. Савиных В.П. Информационные модели в дистанционных исследованиях Земли // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – 1 (13). – С.109-121.
12. Раев В.К. Информационные модели как метод познания // Славянский форум. -2020. – 2(28). –С.84-93.
13. Чехарин Е. Е. Информационные конструкции и информационная интерпретация// Славянский форум. -2018. – 1(19). - С.88-95.
14. Кудж С.А. Тринитарные информационные единицы // Славянский форум, 2016. -4(14). – С.137-143.
15. Ознамец В. В. Отношения естественного и искусственного в информационном поле // Перспективы науки и образования. - 2018. - №1(31). - С.16-22.
16. Бахарева Н.А. Пространственные отношения как фактор оценки земель // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. - 2018. - № 6 (10). –С.61-69.
17. Титов Е.К. Информационная ситуация при управлении транспортом с магнитной левитацией // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 4(12). – С.30-38.
18. Бахарева Н.А. Информационное взаимодействие в автоматизированных системах мониторинга и кадастра // Славянский форум. - 2012. – 1(1). - С.58-62.
19. Wickens C. D., Carswell C. M. Information processing //Handbook of human factors and ergonomics. – 2021. – С.114-158.
20. Цветков В.Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2014. – 5(83). - С.4- 11.
21. Номоконова О. Ю. Виды информационных соответствий // Славянский форум. -2018. – 2(20). - С.44-49.
22. Нестеров Е.А., Цветков В.Я. Информационные коммуникационные риски цифрового развития // Транспортное право и безопасность. 2023. № 2 (46). С. 58-65.
23. Гольштейн Е. Г., Давид Б. Ю. Задачи линейного программирования транспортного типа. – М.: Наука, 1969.
24. Gomory R. E. An Algorithm for integer solutions to linear programs. Recent Advances Math. Programm. McGraw-Hill Book, 1963.
25. Беллман Р., Дрейфус С, Прикладные задачи динамического программирования. «Наука», 1965.

УДК: 001.895, 004.8, 625

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Озеров А.В.**

Начальник Международного управления, АО «НИИАС»,
E-mail: a.ozеров@vniias.ru, Москва, Россия

Главный специалист Международного управления АО «НИИАС»,
E-mail: A.Marshova@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация

В статье обсуждается проблема нехватки кадров в железнодорожной отрасли, особенно среди машинистов, и предлагается решение через автоматизацию управления движением поездов. Автоматизация позволяет снизить потребность в персонале, увеличить пропускную способность железнодорожных линий, а также повысить безопасность и энергоэффективность перевозок. Рассматривается фактор восприятия беспилотных технологий пассажирами и их отношение к различным уровням автоматизации. Обсуждается технологическая готовность решений для внедрения беспилотных систем в железнодорожной отрасли.

Ключевые слова:

Беспилотный транспорт, уровни автоматизации, система технического зрения, искусственный интеллект, машинное обучение, датасеты, уровень технологической готовности.

**Маршова А.С.**

ON SOME ASPECTS OF TRAIN AUTOMATION IN RAILWAY TRANSPORT

Ozerov A.V.

Head of International Department, JSC NIIAS,
E-mail: a.ozеров@vniias.ru, Moscow, Russia

Marshova A.S.

Chief Specialist of International Department, JSC «NIIAS»,
E-mail A.Marshova@vniias.ru, Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the problem of personnel shortage in the railway industry, especially among train drivers, and proposes a solution through train automation. Automation allows reducing the need for personnel, increasing the capacity of railway lines, and improving the safety and energy efficiency of transportation. The factor of perception of unmanned technologies by passengers and their attitude towards different levels of automation are considered. The technological readiness of solutions for the implementation of unmanned systems in the railway industry is discussed.

Keywords:

Autonomous transport, grades of automation, computer vision, artificial intelligence, machine learning, datasets, technology readiness level.

Одной из значимых проблем, с которыми сталкивается сегодня железнодорожная отрасль, является недостаток кадров рабочих профессий, включая машинистов. Согласно опросу исследовательского центра портала по подбору персонала, за 2023 год спрос на железнодорожников вырос в 1,5 раза, при этом количество резюме увеличилось всего на 3% [1]. При постоянном возрастании количества перевозок нехватка локомотивных бригад может привести к переработкам, отменам поездов и снижению общего качества обслуживания. Негативные последствия недостатка кадров уже испытывают многие европейские страны. Например, в одном из регионов Германии в начале 2024 года пять процентов поездов были отменены в короткие сроки из-за нехватки машинистов [2]. В Шотландии количество отмененных поездов в один из дней достигло более 25% [3]. Планируемый в ближайшие годы выход на пенсию значительного числа машинистов, очевидно, только усугубит проблему в отсутствие достаточного количества новых сотрудников.

Одним из способов решения данной проблемы является передача управления транспортными средствами автоматическим системам. Технически обученный персонал в кабине больше не понадобится. Таким образом, движение поездов можно будет обеспечивать с меньшим количеством специалистов. Это также повышает гибкость системы, поскольку доступность поездов перестает зависеть от доступности экипажа. Системы автоматизации не только сокращают потребность в персонале, но и повышают пропускную способность за счет уменьшения интервалов между поездами и увеличение скоростей движения. Таким образом, при появлении затора можно пустить больше поездов без необходимости привлечения дополнительного персонала. В часы малоинтенсивного движения также возможно повысить частоту движения за счет введения более коротких составов. Уменьшение интервалов между поездами в беспилотных системах снижает время ожидания пассажиров и ускоряет процесс посадки/высадки, что сокращает время пребывания состава на станции.

В соответствии с классификацией, предложенной Международным союзом общественного транспорта (UITP), существует несколько уровней автоматизации движения поездов (GoA).

GoA1: Неавтоматизированное управление поездом

В кабине находится машинист, который отвечает за управление поездами на основе напольной или локомотивной сигнализации, открытие и закрытие дверей, наблюдение за путем и остановку поездов в случае чрезвычайной ситуации. Кроме того, автоматическая система обеспечения безопасности движения поезда (АТР) предотвращает небезопасное движение поездов в отношении сигналов и скорости поезда.

GoA2: Полуавтоматическое управление поездом

Автоматическая система управления по-

ездом (АТО) управляет движением поезда с помощью команд ускорения и замедления. Движение поезда контролируется системой АТР. Машинист в кабине наблюдает за путем и останавливает поезд в случае опасной ситуации. Открытие и закрытие дверей может осуществляться автоматически или выполняться машинистом.

GoA3: Управление поездом без машиниста

В отличие от GoA 2, в кабине нет машиниста, который следит за путем и останавливает поезд в случае опасной ситуации. На борту есть обслуживающий персонал. Безопасное отправление поезда со станции, включая закрытие дверей, может быть обязанностью обслуживающего персонала или может выполняться автоматически.

GoA4: Автоматическое управление поездом

В отличие от GoA 3, на борту нет обслуживающего персонала. Поэтому безопасное отправление поезда со станции, включая закрытие дверей, должно выполняться автоматически.

Среди ожидаемых преимуществ автоматизации также находится энергоэффективность. Потребление энергии в городских железнодорожных системах зависит от многих факторов, таких как подвижной состав, системы освещения и системы кондиционирования воздуха. Около 40-50% от общего потребления энергии приходится на тягу поездов [4]. Поскольку процессы ускорения, тяги и торможения управляемого автоматически поезда являются оптимизированными и не подвержены колебаниям, связанным с человеческим фактором, такие поезда действительно потребляют меньше энергии. Сообщается, что потребление энергии может быть сокращено на 30% в зависимости от степени автоматизации [5].

С точки зрения снижения эксплуатационных расходов сложно дать однозначную оценку беспилотным системам управления. Из-за высокого уровня автоматизации первоначальная стоимость таких систем намного выше традиционных. Основным источником снижения затрат представляется сокращение персонала. Упомянутая выше экономия энергии, получаемая за счет более эффективной эксплуатации поездов, также должна снизить эксплуатационные затраты. Кроме того, спрос пассажиров на системы метро возрастает с увеличением частоты движения поездов и повышением комфорта поездки [6]. Следовательно, пассажиропоток при автоматических системах управления должен увеличиться, если более короткие поезда будут следовать с увеличенной частотой.

На успешность внедрения автономных транспортных систем оказывает влияние восприятие их пассажирами. В целом восприятие беспилотных транспортных средств является положительным, тем не менее, многие отмечают важность присутствия персонала на борту для обеспечения личной безопасности пассажиров, разрешения нестандартных ситуаций, а также оказания помощи людям с ограниченными возможностями. Анализ ответов пассажиров в [7] показал высо-

кую готовность к использованию беспилотных поездов с присутствием бортпроводников (GoA3) и низкую готовность к использованию полностью автономного поезда без персонала на борту GoA4.

Многие люди могут чувствовать себя небезопасно, если движение железнодорожного транспортного средства не будет контролироваться человеком, поэтому пассажиры требуют резервной системы управления в виде удаленного машиниста-оператора [8]. При этом участники выразили опасения, что в случае инцидента операторы не смогут проанализировать ситуацию также легко и качественно, как машинист или бортпроводник, поскольку не испытывают ее сами. Таким образом, респонденты высказывали беспокойство, что удаленные операторы будут менее эффективны в решении проблемы, поскольку они находятся на расстоянии. Кроме того, участники интервью ожидали значительных задержек в разрешении инцидентов и что эти задержки будут еще больше, если потребуются вмешательства человека на месте, поскольку персоналу потребуется время, чтобы добраться до беспилотного транспортного средства. При этом важным фактором также становятся вопросы кибербезопасности при удаленном управлении поездом, так как надежная защита от кибератак и вторжений является критически важной для обеспечения безопасности пассажиров, сохранности инфраструктуры и бесперебойной работы транспортных систем.

Надежность и безопасность оцениваются как наиболее значимые аспекты качества обслуживания железнодорожного транспорта и являются важными факторами доверия к системе, как и предыдущий опыт взаимодействия с автоматизированным транспортным средством. Большинство исследований показывают высокий уровень доверия к используемым технологиям и низкий уровень обеспокоенности потенциальным риском аварий [9], [10], [11], [12], [13].

Безопасность железнодорожного транспорта зависит от различных факторов, включая физическое состояние железнодорожной системы, подвижной состав, организацию движения, а также профессиональные навыки и удовлетворительную работу сотрудников. С введением автоматических систем можно ожидать повышения показателей в каждом из этих аспектов. Автоматизация исключает человеческий фактор, связанный с утомляемостью, ошибками и непредвиденными реакциями машиниста, что повышает безопасность и надежность перевозок. Беспилотные поезда способны работать с высокой точностью и регулярностью, что оптимизирует использование инфраструктуры и улучшает организацию перевозок. Кроме того, системы мониторинга и диагностики, интегрированные в автоматизированные поезда и инфраструктуру, позволяют оперативно выявлять и анализировать технические неисправности, что сокращает время на их обнаружение и устраняет необходимость в ручном контроле. Автоматизация

также обеспечивает более равномерное и предсказуемое распределение нагрузки на рельсы и сооружения, что снижает риск преждевременного износа и повышает долговечность инфраструктурных элементов.

В целом, восприятие пассажирами автоматических поездов без машиниста зависит от множества факторов, включая уровень комфорта, безопасности и информированности о новых технологиях. По мере того, как общество привыкает к автоматизации и доверяет алгоритмам управления, восприятие таких поездов становится все более положительным. Это подтверждается успешными примерами внедрения автоматических систем в различных городах мира, где пассажиры оценили преимущества более быстрого, регулярного и удобного обслуживания.

Во всем мире преимущества беспилотных систем управления движением поездов используются при организации железнодорожных линий, функционирующих в режиме метро. На данный момент в разных странах мира более 123 автономных железнодорожных систем уже работают без персонала на борту [14], в основном это трамвайные системы и отдельные линии метрополитена. Однако эти системы находятся в закрытых сетях — либо в туннелях, либо на эстакадах, либо на изолированных маршрутах. Это означает, что для них не требуются дополнительные средства автоматического обнаружения препятствий. Напротив, при движении в открытой железнодорожной системе такие средства становятся необходимостью.

Полностью автоматизированная эксплуатация железной дороги требует широкого спектра современных технологий. Функцию человеческого глаза берут на себя современные цифровые датчики, включающие в себя радары, лидары, видеокамеры, тепловизионные камеры, ультразвуковые датчики. Полученные от датчиков данные обрабатываются при помощи методов компьютерного зрения и технологий искусственного интеллекта, позволяющих обеспечивать своевременное обнаружение и классификацию посторонних объектов на путях, а также объединяются с другими данными, такими как высокоточная цифровая карта маршрута [15].

Чтобы системы могли принимать решения и реагировать на окружающую среду, данные датчиков записываются в транспортное средство заранее, и моделируется множество сценариев, обучая систему обнаруживать железнодорожные пути, распознавать препятствия и инфраструктурные объекты, классифицировать найденные объекты, определять расстояние, выявлять аномалии. Важно подчеркнуть, что система может обнаруживать и распознавать только те объекты, на которых она была обучена, поэтому существенным вопросом остается наличие и доступность датасетов — наборов данных с датчиков, на которых размечены необходимые объекты [16]. В сфере железнодорожного транспорта количество доступных открытых датасетов значительно меньше, чем в секторе автомобиль-

ного транспорта. Ограниченный доступ к железнодорожной инфраструктуре и высокая стоимость создания качественных размеченных датасетов приводят к тому, что компании, разрабатывающие такие наборы данных, обычно не делают их общедоступными, что затрудняет автоматизацию. Среди открытых датасетов в области железнодорожного транспорта можно указать несколько [17]:

- RailSem19 – 8500 изображений железнодорожных и трамвайных сцен из 38 стран;
- FRSign – 105352 изображений французских железнодорожных сигналов, размеченных рамками;
- GERALD – 5000 изображений немецких сигналов;
- RAWPED – 26000 изображений пешеходов, размеченных рамками;
- OSDaR23 – 1534 размеченных изображений и 204091 объектов для разметки.

После получения данных от различных средств технического зрения и диагностики система автоматического управления движением поезда должна принять решение о соответствующей ситуации реакции. Для этого необходимо предусмотреть различные сценарии эксплуатации беспилотного поезда, учитывающие алгоритмы работы систем и поведение персонала в обычных и нестандартных условиях. Например, специалистами АО «НИИАС» и ОАО «РЖД» разработаны и утверждены 39 сценариев функционирования автоматической системы для Московского центрального кольца (МЦК) [18]. В ходе исследований и тестовых поездок были рассмотрены и проанализированы все возможные эксплуатационные сценарии и инциденты, а также детализированы и согласованы действия всех систем и участников процесса перевозок. Шесть сценариев описывают стандартное функционирование систем, включая отправление и прибытие электропоездов, следование по маршруту, а также посадку и высадку пассажиров. Наибольшая группа сценариев охватывает работу систем в условиях нестандартных ситуаций, таких как сход подвижного состава, проблемы с буксовыми узлами, появление препятствий на пути или наезд на человека. 16 сценариев предусматривают различные неисправности электропоезда или инфраструктуры.

Разработанные сценарии уже нашли свое применение. В последних числах августа 2024 года на МЦК впервые был запущен беспилотный электропоезд уровня автоматизации GoA3 (рис.1). Управление поездом осуществляется автоматической системой с использованием нейронных сетей, которая анализирует обстановку и принимает решение. На данном этапе машинист по-прежнему находится в кабине, выполняя функции контроля и управления дверьми при посадке и высадке пассажиров, однако впоследствии поезда будут курсировать без персонала на борту. Полностью беспилотный поезд для МЦК предполагается запустить к 2026 году, для чего необходимо осуществить перепроекти-

рование поезда, а также модернизацию инфраструктуры, на которой он будет эксплуатироваться [19].



Рисунок 1. Беспилотный электропоезд "Ласточка" на МЦК

Если рассматривать решения в области обеспечения уровня автоматизации управления движением поездов GoA3-4 с точки зрения уровня готовности технологии (УГТ), то в настоящее время в разных странах этот уровень выглядит по-разному, но применительно к странам, являющимся лидерами в этом направлении, этот уровень может оцениваться в диапазоне от УГТ6 до УГТ9.

При оценке УГТ исходят из критериев, предлагаемых в международном стандарте определения уровней технологической готовности (см. таблицу 1) [20].

Таблица 1

Уровни готовности технологии

Уровни готовности технологии	Описание
УГТ1	Исследование базовых концептов
УГТ2	Формулирование концепции технологии (решения)
УГТ3	Аналитическая апробация концепции
УГТ4	Апробация макета в лабораторных условиях
УГТ5	Апробация компонентов технологии (решения) в условиях, приближенных к реальным
УГТ6	Демонстрация прототипа в условиях, приближенных к реальным
УГТ7	Демонстрация прототипа в эксплуатационных условиях
УГТ8	Верификация технологии (решения)
УГТ9	Внедрение технологии (решения) в производство
УГТ9.1	Начало внедрения/ эксплуатации
УГТ9.2	Внедрение/ эксплуатация на ограниченном (пилотном) участке
УГТ9.3	Масштабное внедрение (тиражирование)/ эксплуатация

С учетом проведенного анализа по проектам GoA3-4 в разных странах мира, можно сделать вывод, что в основном работа на текущий момент идет по следующим направлениям:

- Демонстрация прототипа в условиях, приближенных к реальным;
- Демонстрация прототипа в эксплуатационных условиях;
- Верификация технологии (решения).

Отдельный вопрос – внедрение технологии (решения) в производство, который касается в первую очередь производителей подвижного состава и их готовности оперативно решать задачи адаптации существующих конструкций под установку новых датчиков и оборудования, а также оперативно создавать новые локомотивы без кабины машиниста.

Для полноценной комплексной оценки готовности данного инновационного решения, разумеется, должен учитываться целый ряд унифицированных параметров – обеспечивающих систем, характеризующих развитие и сбалансированность инновационного проекта, а именно:

- технологическая готовность;
- производственная готовность;
- инженерная готовность;
- организационная готовность;
- рыночная готовность.

Несмотря на важность критериев УГТ, необходимо также учитывать влияние комплекса факторов, тесно взаимосвязанных друг с другом и имеющих разный уровень зрелости: бортовое и напольное оборудование, аппаратное и программное обеспечение, безопасность и производительность беспилотных перевозок, качество и эффективность «технического зрения» при различных погодных условиях и в разное время суток, релевантность нормативно-правовой базы и т.д. Чтобы объективно оценивать УГТ, необходимо основываться на наименьшем значении уровня зрелости наиболее значимого среди перечисленных выше факторов, рассматривая его в качестве лимитирующего. Для всех беспилотных железнодорожных систем наиболее значимым фактором является безопасность перевозок, которая оказывает непосредственное влияние на оценку УГТ.

Сопоставление современных тенденций развития железнодорожной инфраструктуры разных стран мира позволяет сделать вывод о том, что уровень готовности технологии необходимо оценивать с учетом изолированности системы. Применительно к уровню автоматизации GoA4 в настоящее время можно говорить об УГТ9.1 – 9.2, если речь идет о проектах, реализуемых на территориях депо и сортировочных станций, а также на железнодорожных линиях, функционирующих в режиме, мало отличающемся от работы метро (закрытая система, по которой с заданными интервалами курсирует однородный подвижной состав). Что касается магистральных и региональных железнодорожных линий, на сегодняшний день уровень автоматизации GoA4 является для них пока что достаточно сложным

с точки зрения практической реализации. Следовательно, в этом случае речь может идти лишь об уровне автоматизации GoA3, достигшем уровня технологической готовности не выше УГТ 7 или 8.

Одновременно с этим необходимо признать высокую интенсивность проведения научных исследований и испытаний в области беспилотных железнодорожных перевозок, проходящих в настоящее время в Германии, Франции, Великобритании, Нидерландах, России, Китае, а также в ряде других стран. Количество публикаций по тематике беспилотного транспорта увеличивается как и количество патентов в данной области. В АО «НИИАС» также активно ведется интеллектуальная деятельность по направлению беспилотного управления поездами. Специалистами института было подготовлено и зарегистрировано около 40 патентов и программ для ЭВМ, написано не менее 65 научных публикаций по данной тематике.

Активный интерес к автоматизации транспорта в мире позволяет с достаточно высокой долей уверенности утверждать, что уже к 2026 году сразу в нескольких странах могут появиться пассажирские и/или грузовые поезда с уровнем автоматизации GoA3-4, выполняющие перевозки на ограниченных участках магистральных и региональных железнодорожных линий, т.е. соответствующие уровню технологической готовности УГТ9.1.

Таким образом, 2026 год может стать началом нового этапа в развитии беспилотных железнодорожных перевозок. Разработанная для получения разрешений на допуск к эксплуатации полностью автоматического подвижного состава нормативно-техническая документация и внесение соответствующих изменений в законодательство станут мощным стимулом для развития рынка бортового и напольного оборудования, а также аппаратного и программного обеспечения, необходимых для организации безопасных, энергоэффективных и высокопроизводительных беспилотных железнодорожных перевозок. Возможность участия в тендерах на поставку компонентов для железнодорожных систем с уровнем автоматизации GoA3-4 большого количества производителей оборудования не только позволит значительно снизить цены на него, но и будет способствовать появлению на рынке инновационных решений, позволяющих поднять на принципиально новый уровень технические характеристики лидаров, радаров, ультразвуковых датчиков, видеокамер и других критически важных компонентов для беспилотных поездов, а также соответствующего программного обеспечения. Это также может оказать значительное влияние на повышение инвестиционной привлекательности беспилотных железнодорожных перевозок в целом.

Что касается уровня технологической готовности УГТ9.3, означающего применение полностью беспилотных технологий на магистральных и региональных железнодорожных линиях,

делать выводы о перспективах его достижения исходя из текущего состояния отрасли преждевременно. Данный вопрос напрямую связан со сроками верификации, валидации и стандартизации решений в области беспилотных поездов в разных странах мира.

Кроме того, значительная часть железнодорожных линий во всем мире в силу ряда причин не позволяет в принципе повышать уровень автоматизации выполняемых по ним перевозок

до уровня GoA3 без предварительного выполнения масштабных работ по их комплексной реконструкции и модернизации. Следовательно, наиболее критическими факторами для дальнейшего развития беспилотных перевозок на магистральных и региональных линиях являются объемы инвестиций, направляемых на модернизацию и развитие железнодорожной инфраструктуры различными странами мира.

Список литературы

Список литературы

1. Вакансий в железнодорожной отрасли за год стало больше в 1,5 раза [Электронный ресурс] / URL: <https://www.superjob.ru/research/articles/114209/vakansij-v-zheleznodorozhnoj-otrasli-za-god-stalo-bolshe-v-1/>.
2. Fully automated, driverless driving: A response to the shortage of skilled labour in the rail industry [Электронный ресурс] / URL: <https://digitale-schiene-deutschland.de/en/news/2024/Fullyautomateddriving>.
3. Holly Lennon ScotRail cancels hundreds of services amid driver shortage [Электронный ресурс] / URL: <https://news.stv.tv/scotland/scotrail-cancels-hundreds-of-services-amid-driver-shortage>.
4. Long T (2010) Research on metro energy management system. *Urban Mass Transit* 2:77–79.
5. Siemens (2012) Fact sheet. Corporate Communications and Government Affairs, Siemens AG, Munchen.
6. Ossent T (2010). Paris experience in driverless metro: increasing capacity, reducing costs. In: Paper presented at the proceedings of the world metrorail congress 2010, London.
7. Aurore Lemonnier, Sonia Adélé, Corinne Dionisio. Acceptability of autonomous trains with different Grades of Automation by potential users: a qualitative approach. *Travel Behaviour and Society*, 2023, 33, pp.
8. Cogan B., Tandetzki J., Milius B. Passenger acceptability of teleoperation in railways // *Future Transportation*. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 956-969.
9. Christie, D., Koymans, A., Chanard, T., Lasgouttes, J.-M., & Kaufmann, V. (2016). Pioneering driverless electric vehicles in Europe: The City Automated Transport System (CATS). *Transportation Research Procedia*, 13, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.004>.
10. Hilgarter, K., & Granig, P. (2020). Public perception of autonomous vehicles: A qualitative study based on interviews after riding an autonomous shuttle. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 72, 226-243. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.012>.
11. Rehrl, K., & Zankl, C. (2018). Digibus©: results from the first self-driving shuttle trial on a public road in Austria. *European Transport Research Review*, 10(2), 51. <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0326-4>.
12. Salonen, A.O., & Haavisto, N. (2019). Towards autonomous transportation. Passengers' experiences, perceptions and feelings in a driverless shuttle bus in Finland. *Sustainability*, 11(3), 588. <https://doi.org/10.3390/su11030588>.
13. Stark, K., Gade, K., & Heinrichs, D. (2019). What Does the Future of Automated Driving Mean for Public Transportation? *Transportation Research Record*, 2673(2), 85-93. <https://doi.org/10.1177/0361198119827578>.
14. M. Kostrzewski, A. Eliwa, A. Dawood Autonomy of urban light rail transport systems and its influence on users, expenditures, and operational costs
15. Озеров А.В., Охотников А.Л. Техническое зрение в современной системе управления движением поездов // *Интеллектуальные транспортные системы: Материалы II Международной научно-практической конференции, Москва, 25 мая 2023 года. Москва: Российский университет транспорта, 2023. С. 620-625. DOI: 10.30932/9785002182794-2023-620-625.*
16. Попов. П.А. Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта // *Техника железных дорог. 2024. № 1 (65) С. 22-25.*
17. Subhadip K. AI-Driven Advancements: Feasibility Study of Automatic Train Operation in Mainline. DOI:10.13140/RG.2.2.35527.92328.
18. Попов П.А., Цветков А.А., Кудряшов С.В. Сценарии работы системы автоматического управления на МЦК // *Железнодорожный транспорт. 2023. № 9. С. 41-43.*
19. По МЦК пустили первую беспилотную «Ласточку» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rbc.ru/society/28/08/2024/66cf013d9a79472403f8e41c>. ISO 16290:2013 Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.

УДК: 656

УГРОЗЫ ТРАНСПОРТНОГО КИБЕРПРОСТРАНСТВА

**Дешко И.П.**

к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА, E-mail: dip@mirea.ru, Москва, Россия

Аннотация

В статье исследуются угрозы транспортного киберпространства как объективной реальности в результате технологического развития общества. Появление киберпространства привело к появлению киберугроз, которые в ряде случаев являются информационными угрозами, а в других случаях имеют свою специфику. Дана структурная схема транспортного киберпространства, которая обуславливает появление угроз. По сравнению с другими видами киберпространств транспортное киберпространство обладает наибольшим числом связей и отношений внутри себя. Кибербезопасность является более общим понятием по сравнению с информационной безопасностью. Рассмотрены общие и частные классификации угроз для транспортного киберпространства. Отмечены методы борьбы с угрозами.

Ключевые слова:

Транспорт, транспортное киберпространство, информационные угрозы.

THREATS TO TRANSPORT CYBERSPACE

Deshko I.P.

PhD, Associate Professor, RTU MIREA, E-mail: dip@mirea.ru, Moscow, Russia

Abstract

The article examines threats to transport cyberspace as an objective reality as a result of technological development of society. The emergence of cyberspace has led to the emergence of cyber threats, which in some cases are information threats, and in other cases have their own specifics. A structural diagram of transport cyberspace is given, which determines the emergence of threats. Compared with other types of cyberspace, transport cyberspace has the largest number of connections and relationships within itself. Cybersecurity is a more general concept compared to information security. General and specific classifications of threats to transport cyberspace are considered. Methods for combating threats are noted. For these conditions, a modified method for solving the transport problem is proposed, which reduces the imbalance of the solution under any transportation conditions.

Keywords:

Transport, transport cyberspace, information threats.

Введение

Современное управление транспортом характеризуется использованием различных информационных пространств. Широко применяют информационное пространство [1], применяют информационное управляющее пространство [2], применяют информационное радиорелейное пространство [3], информационное пространство электронных меток [4], спутниковое навигационное пространство [5], пространство мобильной связи, пространство интернета вещей [6] и другие. В дополнение к пространству применяют модель информационного поля [1] как интегральную модель реальности. Информационное поле определяет содержательность информационных пространств.

Одним из наиболее сложных пространств является киберпространство [7], которое также существует в сфере транспорта, но использует либо неявно как среда коммуникации, либо с помощью специальных технологий, например, транспортных киберфизических систем [8]. Интеграция управления транспортом приводит к объективной необходимости создания и применения транспортного киберфизического пространства [9]. Одна из особенностей транспортного киберфизического пространства состоит в росте числа угроз [9]. Это ставит задачу отражения таких угроз. Для отражения угроз необходим их глубокий анализ. Систематика и рекомендации по отражению. В процессе анализа угроз необходимо использовать информационное моделирование [10] и имитационное моделирование [11].

Киберпространство содержит большие объемы необходимой для управления информации. Кроме этого, оно характеризуется информационной неопределенностью [12]. Исходной информацией для анализа неопределенности и управления транспортом являются фактофиксирующие модели [13]. Современные транспортные киберпространства характеризуются ростом сложности и ростом информационных объемов. Требование оперативного принятия решений приводит к необходимости «держат под рукой» большие объемы информации на случай различных ситуаций. Чем более скоростное движение, тем большие объемы информации о ситуации надо иметь. Чем больше объемы информации, тем больше угроз в киберпространстве. Таким образом, анализ угроз киберпространства представляет собой сложную комплексную задачу.

Модель транспортного киберпространства

В настоящее время киберпространство определяют по-разному, но за рубежом есть устойчивое понятие киберпространства как сетевой «системы систем». Термин «киберпространство» официально принят в 1990-х годах [14] для обозначения пространства Всемирной паутины или Интернета. С появлением интернета Вещей и киберфизических систем термин приобрел расширенное значений. В каждой отрасли

имеется свое специфическое киберпространство. В транспортной отрасли существует транспортное киберпространство. На рис.1 дано схематическое изображение транспортного киберпространства.

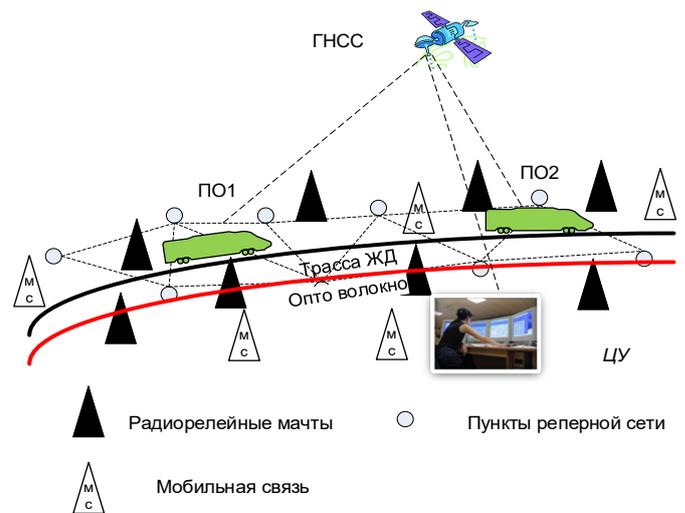


Рисунок 1. Примерная структура транспортного киберпространства

Исходя из сетевой концепции, киберпространство есть интеграция разных сетей в единую систему. На рисунке 1 показана трасса ЖД черной линией. Транспортное киберпространство является одним из самых сложных киберпространств. Оно включает оптоволоконную линию (линия красного цвета рис.10). Оно включает пространство мобильной связи, которое показано базовыми станциями с символами «МС». Транспортное киберпространство включает радиорелейное информационное пространство. На рисунке 1 они обозначены радиорелейными станциями в виде черной пирамидки.

Транспортное киберпространство включает спутниковое информационное пространство. На рисунке 1 показан один спутник ГНСС. В реальности их не менее четырех. Транспортное киберпространство включает информационное пространство электронных меток. На рисунке 1 они не показаны, так как крепятся на трассе и совпадают с трассой. На рисунке 1 символами ЦУ показан центр управления. Особенностью транспортного киберпространства является то, что оно имеет физическую конфигурацию [15] и требует координатного обеспечения и координатной привязки [16]. Транспортное киберпространство тесно связано с геоинформационным пространством [17]. На рисунке 1 показаны подвижные объекты (ПО). Схема на рисунке 1 является статической. В реальном киберпространстве существуют информационные отношения и связи разных типов: «ПО-ПО»; «ГНСС-ПО»; «ГНСС-ЦУ»; «ПО – радиорелейное пространство»; «ЦУ – радиорелейное пространство»; «ПО – сенсоры»; «сенсоры – видимая ситуация»; «сенсоры – невидимая ситуация»; «ЦУ – пространство электронных меток»; «ПО – состояние внешней среды»; «ЦУ – состояние реперной сети»; «ЦУ – состояние пути»; «ПО – мобильная связь»; «ЦУ – связь по оптоволокну»; «ЦУ – киберу-

грозы»; ПО – киберугрозы»; «трафик – план перевозок»; «трафик – оптимизация маршрута»; «состояние груза -ЦУ» и другие. Многообразие связей создает сложность их контроля и обработки информации. В такой многообразии риски угроз возрастают. Схема на рис. 1 задает типы угроз транспортного киберпространства.

Общие типы угроз

Транспортное киберпространство подвергается различным типам угроз безопасности, которые могут привести к значительным финансовым потерям в транспортной системе и повреждению ресурсов киберпространства. Типы ущерба, вызванного угрозами безопасности, различны, например, нарушения безопасности целостности базы данных, физическое уничтожение всего информационного объекта, порча данных, задержка в передаче данных и пр.

Угрозы в киберпространстве называют киберугрозами. Источником киберугроз могут быть субъективные, зависящие от человека, и объективные, независимые от человека, факторы. К субъективным относят: нежелательные действия «надежных» сотрудников, умышленные вредоносные действия сотрудников, хакерские атаки, случайные ошибки при вводе данных и т. д.

Финансовые потери, вызванные нарушениями безопасности, часто невозможно точно определить из-за того, что значительное количество инцидентов безопасности меньшего масштаба никогда не обнаруживается, часть инцидентов описывается как случайные ошибки, и все это является результатом тенденции минимизировать ответственность лица, ответственного за инцидент безопасности.

Угрозу безопасности можно определить как любое событие, которое может привести к нарушениям конфиденциальности, целостности и доступности информации или к любой другой форме повреждения ресурсов киберпространства. Последствия угроз безопасности различны, поэтому некоторые угрозы безопасности влияют на конфиденциальность или надежность хранимых данных, а некоторые угрозы влияют на функциональность и эффективность всего киберпространства. Угрозы безопасности можно наблюдать и классифицировать разными способами и по разным критериям. Существуют значительные различия в уровне безопасности в разных киберпространствах, например, транспортное, финансовое, коммуникационное, банковское и другие.

По данным [18] только 10,81% участников опроса проводили систематический мониторинг и регистрацию угроз безопасности, которым подвергается их организация. Только 8,82% участников использовали одну из международных признанных классификаций угроз безопасности киберпространства.

В области безопасности киберпространства используются различные типы классификаций

угроз безопасности. Причина, по которой необходимы классификации угроз, заключается в том, что ресурсы киберпространства должны быть не только защищены, но мы должны знать источники и угрозы, от которых мы их защищаем [18]. Проблема усложняется при комбинированном действии угроз безопасности. Типовым решением создание гибридной, временной классификации, которую используют в течение короткого периода времени.

Классификация NIST

Классификация NIST [19.] основана на критериях значимости угроз ИБ и различает следующие типы угроз безопасности:

1. Ошибки и упущения - это типичные угрозы безопасности, которые недооценивают. Угроза есть каждое событие, которое может привести к нарушению целостности киберпространства (аппаратных средств, программного обеспечения, программного обеспечения данных, жизненно важного оборудования). Наиболее распространенной причиной ошибок и упущений являются преднамеренные и непреднамеренные человеческие ошибки. Проблема с ошибками и упущениями заключается в том, что невозможно встроить механизмы приложения для всех возможных типов контроля ошибок (ввода данных).

Решение заключается в улучшении условий труда и образования сотрудников, а также осведомленности сотрудников об этом типе угроз безопасности. Этот тип угрозы может возникнуть во время процессов программирования и разработки киберпространства. Этот тип угрозы может возникнуть при некорректном определении прав пользователей, что может привести к значительным и серьезным последствиям для безопасности киберпространства. Исследование угроз безопасности киберпространства показало, что почти 65% всех угроз безопасности киберпространства являются ошибками и упущениями, как случайного, так и преднамеренного характера [19.]. Особенно опасным типом ошибок и упущений являются те, которые возникают во время процессов программирования, и их обычно называют «багами». Ошибки могут быть любыми: от безобидных ошибок до ошибок, которые приведут к сбоям в работе приложений, что в конечном итоге приведет к высоким расходам, необходимым для последующих процессов отладки.

2. Мошенничество и кража — это угроза кибербезопасности, которую можно реализовать путем простой автоматизации «традиционных» форм мошенничества и кражи. Например, злоумышленник может использовать компьютер для кражи небольших порций информации, предполагая, что небольшая транзакция не будет проверена как подозрительная. Но объектом этого типа угроз безопасности являются базы и банки данных. Компьютерное мошенничество и кражи могут совершаться как инсайдерами, так и аутсайдерами [18]. Инсайдеры — это лица, кото-

рые являются авторизованными пользователями киберпространства. Они используют киберпространство ежедневно для выполнения ежедневных рабочих заданий. Интересно, что большинство этих угроз исходят от инсайдеров. Этому есть несколько объяснений: они имеют (неограниченный) доступ к ресурсам киберпространства, хорошо знакомы с системными ресурсами и средствами управления безопасностью, знают возможности мошенничества (и кражи) и потенциальную ценность этих действий. Основываясь на этих фактах, Отдел компьютерных преступлений Министерства юстиции США утверждает, что «инсайдеры составляют «наиболее серьезную угрозу компьютерным системам» [20,21]. Помимо возможности использования ресурсов киберпространства для совершения мошенничества или кражи, они сами могут стать объектом кражи. Анализ страхования Safeware показал, что в 2002 году из-за кражи был нанесен ущерб на сумму 882 млн долларов. [18, 20].

3. Потеря физической и инфраструктурной поддержки может быть реализована многими различными способами, например, потеря электроснабжения, потеря связи, наводнение, пожар, землетрясение. Это тип угрозы безопасности киберпространства, который не может находиться под полным контролем владельцев ресурсов киберпространства, и который потенциально может оказать значительное влияние на функциональность киберпространства [18].

4. Хакеры — относительно новая угроза безопасности киберпространства, которая становится все более важной с развитием Интернета и сетей связи. Термин «хакер» относится к человеку, который несанкционированным образом пытается получить доступ и (неправильно) использовать ресурсы киберпространства. Хотя масштаб ущерба, причиненного хакерами, гораздо менее значителен, чем ущерб, причиненный мошенничеством или кражей, их влияние может быть больше. Тот факт, что хакеры часто крадут пароли, делает их новым гибридным типом угрозы. По данным отдела компьютерных преступлений Министерства юстиции США, для этого есть три основные причины [21]:

а. Источниками этой угрозы обычно являются посторонние лица, и из-за этого у организации нет соответствующих механизмов, необходимых для санкционирования этих действий.

б. Основная цель хакерской атаки часто неизвестна. Это может быть кража данных, удаление или несанкционированное изменение данных, или просто хакер хочет указать на системные потоки и ошибки.

в. Хакерская атака делает людей уязвимыми — они атакуют без особой причины, и невозможно предвидеть, какой ущерб они нанесут.

5. Вредоносное ПО — это тип угрозы безопасности, который охватывает различные типы компьютерных вирусов, троянских коней, червей, логические бомбы и другие формы «нежелательного» программного обеспечения.

Наиболее значимыми угрозами такого рода являются [21.]:

а. Компьютерные вирусы — части программного кода, которые индивидуально реплицируются и прикрепляются к исполняемым файлам. Когда пользователь запускает exe-файл, он автоматически запускает прикрепленный вирус. Компьютерные вирусы могут выполнять различные действия на компьютере пользователя — от безвредных (например, вывод сообщений на экран) до более серьезных (например, форматирование диска).

б. Троянские кони — это программы, которые автоматически устанавливаются на компьютер пользователя и выполняют различные нежелательные действия.

в. Черви — программы, которые при автоматическом запуске значительно снижают производительность систем.

6. Угрозы личной конфиденциальности — это новый тип угроз безопасности. Большие объемы персональных данных, которые хранятся в разных базах данных (например, государственных и частных учреждений, банков, компаний), могут попасть в публичный доступ. Существует реальная угроза того, что эти виды персональных данных могут быть использованы не по назначению многими различными способами (теория заговора «Большой брат») [18].

Классификация CSI/FBI

Классификация CSI/FBI Computer Crime and Security Survey 2004 [22, 23] в качестве критерия использует источник угрозы ISS. Согласно классификации CSI/FBI, существует два основных типа угроз безопасности киберпространства, основанных на положении источника угрозы безопасности на основе атакованной информационной системы. Источник угрозы может находиться как внутри, так и вне атакуемой системы.

Организации и их системы безопасности обычно сосредоточены на защите себя от угроз, которые исходят извне киберпространства. Угрозы, исходящие изнутри, часто не учитываются. Исследование CSI/FBI Computer Crime and Security Survey 2004 [22, 23] показало, что большинство инцидентов безопасности провоцируется изнутри организации, и эти угрозы обычно являются ошибками (почти 39% [22,23.] всех внутренних угроз безопасности являются ошибками сотрудников). Наиболее значимыми угрозами, которые исходят извне системы организации, являются различные типы вредоносных программ (компьютерные вирусы, троянские кони), спам, фишинг и атаки типа «отказ в обслуживании». Спам (или нежелательные электронные письма) становится более серьезной проблемой, поскольку он блокирует сетевой трафик и может использоваться в качестве транспортного средства для вредоносного программного обеспечения, мошенничества и т. д.

Почти две трети всех сообщений электронной почты, которыми обменивались в сентябре 2004 г., были спам-сообщениями [24]. Одной из последних форм компьютерного мошенничества является фишинг [25]. Это тип угрозы безопасности, который может осуществляться несколькими способами, и чаще всего жертва получает поддельное сообщение электронной почты, которое очень похоже на официальную переписку от банка или финансовых учреждений. В фишинговом сообщении отправитель объясняет, что по каким-то причинам жертва должна ввести и отправить свои персональные данные (включая номер банковского счета, PIN-код и т. д.) в прикрепленной веб-форме. Сообщение и форма не являются официальной перепиской и используются для кражи персональных данных (включая номера банковских счетов), а жертва становится жертвой «кражи личных данных» [26]. Увеличение зависимости от сетей связи привело к появлению новой формы угрозы безопасности — атак типа «отказ в обслуживании» или DoS. Идея DoS-атак заключается в блокировании системы компании (например, системы связи, интернет-магазина) большим количеством отправленных сообщений, запросов и т. д. Этот тип атаки может быть особенно опасен, если направлен на компанию, которая основана на электронной коммерции или зависит от услуг связи [27]. Помимо отдельных компаний, DoS-атаки часто направлены на крупные телекоммуникационные области, что может привести к значительному снижению функциональности телекоммуникационных услуг.

В заключение следует отметить роль моделирования при анализе и отражении угроз. При создании киберпространства важно использовать имитационное моделирование [28] как средство нахождения уязвимых мест и последствий воздействия угроз. Для обобщения опыта целесообразно применения метамоделирования [29,30].

Заключение

Одной из основных предпосылок успешного процесса управления безопасностью транспортного киберпространства является использование определенной классификации угроз киберпространства. Таким образом можно определить, от чего мы защищаем киберпространство, можно более эффективно использовать ограниченные информационные ресурсы, инвестируя в те защитные элементы управления, которые имеют дело с наиболее распространенными угрозами. Этим повышаем уровень безопасности киберпространства, устраняя наиболее распространенные угрозы безопасности, больше ресурсов будет доступно для использования в других областях безопасности транспортного киберпространства. Для этих целей мы должны использовать некоторую классификацию угроз безопасности киберпространства. Существующие классификации устаревают, особенно в контексте их совместимости и сопоставимости между собой. Для решения этой проблемы можно использовать модель CIA Triad [31]. Ее основными характеристиками являются то, что она является гибкой, динамичной и многомерной моделью, что дает ей определенное преимущество по сравнению с другими моделями защиты и классификации.

Список литературы

1. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №1-3. - С.455-456.
2. Ознамец В.В. Информационное управляющее транспортное пространство // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – С.43-50.
3. Ознамец В.В. Интервальное управление в радиорелейном информационном пространстве // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т.8. №1 (29). – С.27-31.
4. Цветков В.Я., Ознамец В.В. Геодезические сети электронных меток // Науки о Земле. – 2018. - №4. – С.17-27.
5. Yibin Y. A. O., Shun Z., Jian K. Research progress and prospect of GNSS space environment science // Acta Geodaetica et Cartographica Sinica. – 2017. – Т. 46. – №. 10. – С. 1408.
6. Soares D. et al. Programming iot-spaces: A user-survey on home automation rules //International Conference on Computational Science. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – С.512-525.
7. McCarthy G. Cyber-spaces //Routledge handbook of contemporary Myanmar. – Routledge, 2018. – С.92-105.

8. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. - 2018. Т. 16. № 2 (75). - С.138-145.
9. Нестеров Е. А., Цветков В. Я. Транспортная кибербезопасность // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С.103–109.
10. Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Информационное моделирование как фундаментальный метод познания // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2001. - №1. - С.102-106.
11. Кобелев Н. Б., Половников В. А., Девятков В. В. Имитационное моделирование. – Москва.: Курс, 2020.-352 с.
12. Матчин В.Т. Неопределенность в информационном поле // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - с.7-12.
13. Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. - №9-3. – С.487.
14. Lippert K. J., Cloutier R. Cyberspace: a digital ecosystem //Systems. – 2021. – Т. 9. – №. 3. – С. 48.
15. Nosirovich A. N. et al. Cyberspace in the real world //Journal of Academic Research and Trends in Educational Sciences. – 2022. – Т. 1. – №. 10. – С.410-414.
16. Chen M. et al. Artificial intelligence and visual analytics in geographical space and cyberspace: Research opportunities and challenges //Earth-Science Reviews. – 2023. – Т. 241. – С. 104438.
17. Матчин В.Т. Интегрированное геоинформационное пространство // Славянский форум. -2018. – 3(21). - С.21-27.
18. Gerić S., Hutinski Ž. Information system security threats classifications //Journal of Information and organizational sciences. – 2007. – Т. 31. – №. 1. – С. 51-61.
19. Taherdoost H. Understanding cybersecurity frameworks and information security standards—a review and comprehensive overview //Electronics. – 2022. – Т. 11. – №. 14. – С. 2181.
20. Lehtinen R., Gangemi Sr G. T. Computer security basics: computer security. – « O’Reilly Media, Inc.», 2006.
21. Guttman B. An introduction to computer security: the NIST handbook. – US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, 1995. – Т. 800. – №. 12.
22. Richardson R., Director C. S. I. CSI computer crime and security survey //Computer security institute. – 2008. – Т. 1. – С. 1-30.
23. Computer Crime and Security Survey // /Computer security institute. – 2005. – Т. 1. – С. 1-24.
24. <http://www.cccure.org/Documents/HISM>. Дата просмотра 23.06.2024.
25. Kuraku D. S. et al. Exploring How User Behavior Shapes Cybersecurity Awareness in the Face of Phishing Attacks //International Journal of Computer Trends and Technology. – 2023.
26. Sylvester F. L. Mobile device users’ susceptibility to phishing attacks //arXiv preprint arXiv:2203.01823. – 2022.
27. Jha A. K., Rajan P. Software protection and software piracy //The Journal of World Intellectual Property. – 2022. – Т. 25. – №. 2. – С. 251-270.
28. Law A. M. How to build valid and credible simulation models //2022 Winter Simulation Conference (WSC). – IEEE, 2022. – С. 1283-1295.
29. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов Е.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. 2020. - №1. –С .112-119.
30. Saleh M. et al. A Metamodeling Approach for IoT Forensic Investigation //Electronics. – 2023. – Т. 12. – №. 3. – С. 524.
31. Yampolskiy M., Gatlin J., Yung M. Myths and Misconceptions in Additive Manufacturing Security: Deficiencies of the CIA Triad //Proceedings of the 2021 Workshop on Additive Manufacturing (3D Printing) Security. – 2021. – С. 3-9.

УДК: 004.052.2

АНАЛИЗ КОНЦЕПТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗЫ ГЕОДАНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГЕООПИСАНИЙ



Дулин С.К.

д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, АО «НИИАС»;
ИПИ ФИЦ ИУ РАН, E-mail: skdulin@mail.ru, Москва, Россия

аспирант, Московский физико-технический институт (МФТИ),
E-mail: antr5@mail.ru, Москва, Россия

Аннотация

В работе рассмотрен подход, позволяющий учитывать как ситуативный характер геоконцептов, так и семантику геообъектов при формировании базы геоданных железнодорожных геоописаний. Исследования последних лет показали, что лучшая поддержка базы геоданных обеспечивается, если концепты развиваются в соответствии со спецификой возникающих транспортных ситуаций. Чтобы сократить необходимость изменения схемы базы геоданных в геоинформационных средах, необходимо использовать структуры и функции ситуативных географических концептов. В работе представлен подход, в котором к концептам привязывается геоинформационный контекст, что допускает извлечение контекстов из базы геоданных и их интерпретацию. Это помогает раскрытию неявных аспектов геоданных, добавлению эмпирических компонентов к геоонтологии и расширению контекста геоданных, представленных в базах геоданных. Предполагается, что при формировании базы геоданных железнодорожных геоописаний могут быть приняты онтологические допущения об особенностях дорог, при этом проблемы совместимости решаются путем формализации исследований и практического опыта открытого обмена результатами исследований.

Ключевые слова:

Геоданные; соотнесение и преобразование геоописаний; анализ геотекстов; совместный доступ

ANALYSIS OF GEOGRAPHICAL CONCEPTS FOR DESIGNING A GEODATA DATABASE OF RAILWAY GEODESCRIPTIONS

Dulin S.K.

D.ofSci., Professor, Chief Researcher, JSC «NIIAS»; Federal Research Center «Informatics and Management» of the RAS, E-mail: skdulin@mail.ru, Moscow, Russia

Ryabtsev A.B.

Postgraduate student, Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), E-mail: antr5@mail.ru, Moscow, Russia

Abstract

The paper considers an approach that allows taking into account both the situational nature of geo concepts and the semantics of geo objects when forming a geodata database of railway geo descriptions. Research in recent years has shown that the best support for a geodata database is provided if concepts are developed in accordance with the specifics of emerging transport situations. To reduce the need to change the geodata schema in geographic information environments, it is necessary to use the structures and functions of situational geographical concepts. The paper presents an approach in which a geoinformation context is linked to concepts, which allows for the extraction of contexts from a geodata database and their interpretation. This helps to uncover the implicit aspects of geodata, add empirical components to geontology, and expand the context of geodata represented in geodata databases. It is assumed that when forming a geodata database of railway geo-descriptions, ontological assumptions about the features of roads can be made, while compatibility problems are solved by formalizing research and practical experience in the open exchange of research results.

Keywords:

Geodata; correlation and transformation of geo descriptions; analysis of geotexts; shared access

1. Введение

Важность определения, какие географические концепты (понятия) существуют и как представить и обработать их в компьютере, мотивировали существенный исследовательский прогресс в геоинформатике. Этот прогресс обусловил появление более полных концептуальных моделей в геоинформационных системах (ГИС) и потребовал расширения представлений, используемых для фиксации знаний о предметной области. В частности, геопредставления должны пополняться недостающим знанием, так как в большинстве ГИС необходимо интерпретировать информацию, подразумевающую латентные знания. Общепринятые носители значения – имена и определения, которые мы даем концептам и категориям, фиксируют только необходимую часть значения. Расширенные представления должны стать более богатыми, чтобы уменьшить диссонанс между производимыми программными продуктами и информационными нуждами потребителей. С одной стороны это индуцирует расширения семантики геопредставлений, чем в настоящее время активно занимаются производители, а с другой стороны, это вовлекает потребителей геоинформационных ресурсов в процесс преобразования неявных значений в явные.

Онтологический подход обеспечивает переход к семантически более богатому представлению значений в вычислительных системах. В онтологических структурах большее семантическое значение достигается за счет связывания геоданных с логическими построениями описания и взаимодействия существующих в проблемной области концептов. Значение является контекстно нагруженным в таких структурах. Например, географический регион может быть по-разному концептуализирован с различных точек зрения: как геологический тип, с позиции анализа почвы, возможности создания инфраструктуры, рассмотрения условий проживания и т.д. Контекстное значение может включать связь с определенными ситуациями, например, исследование региона может быть связано с заданными целями, наблюдениями, фиксацией местоположений, событиями, действиями, спецификой проживающего там социума и т.д.

Аспекты влияния этих ситуаций без сомнения останутся неявными, ограничивая создание моделей производителями информационного контента, но все равно с течением времени они индуцируют расширение явно представленных знаний, обогащая контекст геопредставлений. Это расширенное понятие контекста связано с развитием концептов и теорий, обеспечивая дополнение и совершенствование онтологических структур. С точки зрения создания баз геоданных, ситуативный контекст позиционирует концепт как в пределах схемы взаимосвязанных геоданных, так и в пределах сети описанных, связанных и логически определенных концептов. [1]

Соответственно, работа посвящена расширению представления географических понятий

(концептов) за счет учета ситуативного влияния. В связи с этим вводится понятие ситуативной категории, представляющей это расширение для баз геоданных.

2. Базы геоданных

И эволюционная, и ситуативная точки зрения на развитие геоонтологии связаны с существенными усилиями по реализации проекта базы геоданных, так как схема базы геоданных, основанной на развивающихся концептах, должна самостоятельно развиваться, приводя к перманентному обслуживанию и сложностям использования. Одно из возможных решений этой проблемы – проектирование схемы базы геоданных, основанное на метаконцептных, таких как онтологии, модели, ситуативные концепты и т.д., а не на зафиксированных концептах предметной области. Схема базы геоданных, разработанная на этом принципе, имеет очевидные преимущества будучи динамическим репозиторием и регистром для компонентов знаний и их отношений и обладает возможностью включать расширенное ситуативное представление концептов. Это предполагает, что, по крайней мере, некоторые геоданные являются динамическими и контекстуализированными, то есть организация метаконцептов для схемы базы геоданных обеспечивает:

1. Обнаружение и развитие: статическое представление геоданных не приспособлено для изучения или обнаружения нового знания и не способствует уточнению интерпретации существующих геоданных. Моделирование открытой системы, ориентированной на геопространственные знания, со статическими ограничениями проблематично, а реализация таких ограничений в статичной схеме базы геоданных неизбежно приведет к непрерывным корректировкам схемы, неточностям и рассогласованности.

2. Общность и спецификацию: концепты и теории, вообще говоря, располагаются в диапазоне от общности до ограниченной применимости к определенной предметной области. Этот диапазон общности предлагает, что чем менее общий концептуальный уровень, тем более вероятна эволюция концептов. Концептуальное изменение на более общих уровнях достаточно редкое явление и может быть расценено как сдвиг парадигмы, тогда как неустойчивость в менее общих концептах может быть оценена как продолжающееся изучение и приобретение знания о некотором регионе. Например, общий концепт «вокзал» может остаться надолго установленным в пределах определенной перспективы, но детализированный концепт «самый большой вокзал г. Москвы» ситуативен и может эволюционировать, изменяясь при реконструкции вокзалов, либо с расширением территории города.

3. Контекстуализацию и использование опыта: концепты становятся все более контекстными и многомерными. Они могут быть ориентированы

на цели и функции и использовать историческое и ситуативное знание. Использование контекстного и исторического опыта могло бы объяснить, например, существование разнообразных описаний и классификаций каждого региона, разработанных специалистами в области наук о Земле, или почему некоторые люди считают расположенный рядом лесной массив лесом, в то время как другие видят его как рощу. При этом разработка принципов концептуального подбора могла заложить основу когнитивной инфраструктуры для использования специфики ситуации и опыта.

Предпосылка, что концептуальная неустойчивость влечет за собой изменение схемы, является практическим результатом сопровождения схемы базы геоданных, основанной на концептах, выбранных из предметной области на определенном уровне абстракции. Из пяти уровней абстракции, рассматриваемых при проектировании базы геоданных, наиболее существенными в рамках данной темы являются следующие три: *эпистемологический* уровень, который содержит правила структуризации концептов и примитивы типа кортежей, отношений, объектов, классов, атрибутов и т.д.; *концептуальный* уровень, который содержит концепты, идентифицированные в предметной области, их свойства, отношения и ограничения; и *лингвистический* уровень, который содержит описания реальных данных и отношений. Эти уровни используются при проектировании базы геоданных нисходящим способом: на первом уровне формируются эпистемологические структуры; на втором уровне выбираются концепты предметной области.

При этом эпистемологические структуры используются тремя способами: как (1) независимая от технологии управления геоданными концептуальная схема, (2) связанная с технологией проектирования логическая схема, и, наконец, как (3) физическая схема, определенная для технологии поддержки экземпляров геоданных системой аппаратных средств/программного обеспечения. И, наконец, третий уровень – уровень геоданных, которые позиционируются в физической системе как описания конкретных объектов. Таким образом, схема, разработанная на основе статических концептов, идентифицированных на концептуальном уровне, неизбежно будет иметь тенденцию к изменению.

В отличие от разработки механизмов версионирования, которые управляют последовательными изменениями схемы, попробуем сконцентрироваться здесь на концептуальном проекте схемы, основанном на концептах самого общего описательного уровня, которые являются, по-видимому, более устойчивыми и не провоцируют изменение схемы. Такие концепты могли бы быть получены на онтологическом уровне, который позволит увеличить значимость эпистемологических или концептуальных элементов, используя их со многими концептуально-логическими системами или с онтологиями верхнего, проблемно-ориентиро-

ванного и прикладного уровней, располагаясь, тем самым, от общего до все более и более конкретного уровня. Однако, хотя общие онтологические концепты могут быть идентифицированы в любой прикладной области, природа открытых систем связана с потребностью моделировать непредсказуемые отношения и свойства, которые не могут быть полностью предопределены, что может привести к сложной сетевой структуре схемы, которую трудно использовать и поддерживать. В действительности вряд ли можно рассчитывать на глобальную регулярность структуры базы геоданных в открытых системах.

Чтобы преодолеть эти ограничения следует использовать примитивы более абстрактного *эпистемологического уровня* как основу для проекта схемы. Можно предположить, что концепты предметных областей инкапсулируют контексты человеческого наблюдения и интерпретации геопространственных данных и тем самым дополняют проект базы геоданных. То есть предлагается разработать технологически независимую *концептуальную* схему для концептов и взаимодействия геоданных, которая могла бы быть логически и физически адаптирована к базам геоданных или к другим приложениям, которые используют концепты онтологических геосистем. [2]

Изменение уровня абстракции для схемы базы геоданных при таком подходе включает как детализацию от концептов до геоданных, так и восходящее абстрагирование от геоданных до концептов. Рассмотрение двунаправленных отношений между геоданными и концептами отличаются от однонаправленного нисходящего геопространственного подхода, который использует пространственные и/или временные конструкции на эпистемологическом или онтологическом уровнях. Можно отметить такое же отличие и от негеографических метапредставлений, в которых связь между данными и концептами является главным образом однонаправленной.

3. Атрибутивные концепты

Постоянный интерес к концептам базируется на двух основных аспектах: философском и когнитивном, которые поддерживают, соответственно, логические и ментальные представления концептов. В обоих аспектах концепты обладают *представлением* и *расширением*: расширение относится к группе объектов (экземпляров концепта), которые иллюстрируют концепт, в то время как представление относится к основному значению, инкапсулированному в концепт. Это положение широко используется при моделировании баз данных. В этом разделе мы исследуем *представление* и *расширение*, чтобы разработать конструктивное представление базы данных для структуры концепта.

Важная роль представления концепта – спецификация свойств концепта (включая его признаки, функции, ограничения, отношения к другим концептам) и обеспечение классификации

для выделения объектов, которые являются примерами концепта. Например, концепт «лес» имеет свойства, типа названия, размера, формы, густоты, функции отдыха, коммерческой функции, и т.д., и она должна быть различима (возможно, не уникально) от других лесных массивов, основанных на спецификациях размера, функции, и т.д. Это контрастирует с традиционным понятием «экземпляра», в котором для концепта просто обеспечивается идентификация, но не общие свойства объектов, которые представляет концепт. Мы придерживаемся использования концепта, в котором *представление* обладает свойствами.

В глобальном отношении расширение группирует проявления концепта посредством механизма классификации, например, коллекция всех лесов в мире. Поскольку участники расширения отражают свойства представления, оно может быть расценено как определение всего «пространства возможности» для участников расширения, тем самым расширение обозначает то разнообразие, с которым связан концепт.

Существуют некоторые терминологические различия среди исследовательских сообществ: в классическом понимании расширение концепта называют классом, и очень общий концепт, типа субстанции Аристотеля, называют категорией; тогда как в когнитивном сообществе категория относится к расширению концепта. Кроме того, процесс определения расширения концепта упоминается как классификация в классическом смысле, и категоризация в когнитивном смысле. Мы будем использовать классическое обозначение класса, чтобы использовать группировку элементов, включающих расширение концепта, а также создание элемента заданного класса и классификацию, чтобы обозначить процесс объединения элементов в класс при расширении. Понятие «термин» используется для определения отдельного объекта, который мог бы быть помещен в класс, включая и геопространственный объект, в то время как пример объекта относится к объекту, который был помещен в класс.

Заметим, что создание объекта (экземпляра концепта) и классификация традиционно различаются: оба подразумевают добавление объекта к существующему классу, но создание объекта подразумевает создание нового термина, подобно созданию объекта в объектно-ориентированном программировании, тогда как классификация подразумевает размещение существующего объекта в класс, подобно распознаванию объекта при дистанционном зондировании, когда изображение классифицируется через маркировку его пикселей.

Следует различать два способа развития представления, причем оба могут изменить свойства концепта: при первом способе, который называется кластеризацией, коллекция объектов является отдельной группой, и содержание разрабатывается для каждой группы.

Кластеризация является слабо инновационным способом в том смысле, что содержания являются

результатом различных комбинаций фиксированного набора свойств. Второй способ – категоризация – достаточно инновационен, так как в этом случае выводятся новые свойства, что приводит к новым концептам и в конечном счете к новым экземплярам. Например, при анализе изображения, образцы часто обнаруживаются благодаря кластеризации различных аспектов фиксированных свойств пикселей; а в категоризации образцы стимулируют рассмотрение дополнительных свойств, приводящих к новым типам объектов. Кластеризация поэтому близко связана с индукцией или последовательным развитием образца, а категоризация связана с абдукцией или творческим актом генерации новых структур концептов, поэтому термин категория относится к представлениям концепта, связанным с развитием его содержания. Ключевые термины перечисленной спецификации представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ключевые термины спецификации

Термин	Семантика термина
Концепт	Элементарное знание для понимания сущности или явления окружающей среды
Экземпляр концепта	Конкретная (реальная) сущность, которая соответствует концепту
Представление концепта	Обозначение (определение) и свойства концепта: атрибуты, допустимые действия (функциональность), правила и т.д.
Расширение (набор экземпляров концептов)	Группа экземпляров концепта, иллюстрирующих (описывающих) концепт
Класс концептов	Группа концептов, объединенных по некоторым признакам
Категория	Группа экземпляров концепта, используемая для расширения или уточнения представления концепта
Пример концепта	Экземпляр концепта, принадлежащий классу концептов
Ситуативная категория	Группа экземпляров концепта, используемая для расширения (лополнения) или уточнения примеров концепта или представления концепта
Классификация	Размещение существующих экземпляров концептов по классам
Создание экземпляра	Создание представления концепта на основе концептуально подобных экземпляров концепта из ситуативной категории
Кластеризация	Внедрение/ эксплуатация на ограниченном (пилотном) участке
Категоризация	Создание представления концепта на основе концептуально различных экземпляров концепта из ситуативной категории

Рис. 1 изображает фрагмент схемы базы данных в нотациях языка UML (Unified Modeling Language), который показывает традиционные отношения между концептом и его расширением. Здесь агрегация как ассоциация при отношении между целым и его частями представлена ромбиком на блоке класса и линией, идущей от этого ромбика к содержащемуся классу. На рисунке использованы мультипликаторы со следующим содержанием (Табл. 2).

Таблица 2

Мультипликаторы

Нотация	Содержание
0..1	Ноль или один экземпляр
1..1	Обязательно один экземпляр
0..* или *	Ноль или более экземпляров
1..*	Один или более экземпляров

Рис. 1 изображает фрагмент схемы базы данных в нотациях языка UML (Unified Modeling Language), который показывает традиционные отношения между концептом и его расширением. Здесь агрегация как ассоциация при отношении между целым и его частями представлена ромбиком на блоке класса и линией, идущей от этого ромбика к содержащемуся классу. На рисунке использованы мультипликаторы со следующим содержанием (Табл. 2).

Отметим, что семантика этих отношений, вообще говоря, согласуется с когнитивными и философскими традициями, связывая специфическое расширение с единственным концептом и обуславливая абстрактность тех концептов, которые не должны иметь расширение (например, «качество»).

Кроме того, логически возможно для одного и того же списка объектов находиться во взаимно-однозначном соответствии с расширениями существенно отличных концептов, подразумевая, что возникающие концепты могут быть классифицированы многими способами, реализуя различные пути развития концептов.



Рисунок 1. Традиционные отношения между концептом и его расширением

4. Географические концепты

Географические концепты качественно отличаются от атрибутивных концептов главным образом пространственно-временным характером категоризируемых объектов. Некоторые объекты в геопространственной области не могут быть отнесены к материальным объектам, поскольку они могут быть:

- продуктом социальных соглашений и норм, типа геополитических границ;
- историческими факторами, влияние которых все еще проявляется на настоящее (например, предшествующее наводнение);
- интерпретируемыми объектами, типа объектов, выделенных из непрерывных данных;

- созданными человеком объектами, которые обнаруживаются лишь частично или косвенно, или могут быть обнаружены на несоответствующем масштабе; метеорологическими проявлениями, идентичность которых зависит от распознавания их составляющих и/или топологических отношений.

Такие геопространственные объекты не могут быть полностью наблюдаемы, но могут быть косвенно описаны. Эта косвенность обязывает проявить особое внимание к:

- обоснованию: ситуации, обеспечивающей распознавание возникновения концепта, и облегчающей его понимание;
- выводу: процессу, идентифицирующему возникновение или изучение концепта в возникшей ситуации;
- обнаружению: факту, что много концептов оказываются неизвестными заранее. Например, специалисты в области наук о Земле, изучающие новую территорию, создают не только новые пространственно-временные зоны, но также пересматривают или изобретают новые региональные концепты.

Учет перечисленных моментов должен повысить надежность распознавания ситуации, зависящей от географических концептов, при этом очевидно, что конкретизация и категоризация достаточно релевантны процессу географического обнаружения.

Схема, показанная ниже на рис. 2 включает терминологические различия и отражает ситуативный подход к обеспечению поддержки означивания как концептов, так и их примеров. Эволюция концептов смоделирована в схеме разделением понятия концепта на идентификатор концепта и на состояние концепта, являющегося собственно концептом. Аналогичный подход используется и для представления экземпляров концептов. Следовательно, изменения в представлении концепта или его расширении могли бы рассматриваться как новые состояния концепта, а изменения в свойствах конкретного экземпляра концепта, такие, как пространственное или временное описание, или классификация, были бы таким же образом отмечены как различные состояния экземпляра концепта. Концепты могут таким образом быть охарактеризованы как обладающие постоянной идентичностью, связанной с множественными изменениями состояний, состоящих из классов, категорий и свойств; аналогично, экземпляры концептов с постоянной идентичностью могли бы быть охарактеризованы как обладающие множественными состояниями свойств.

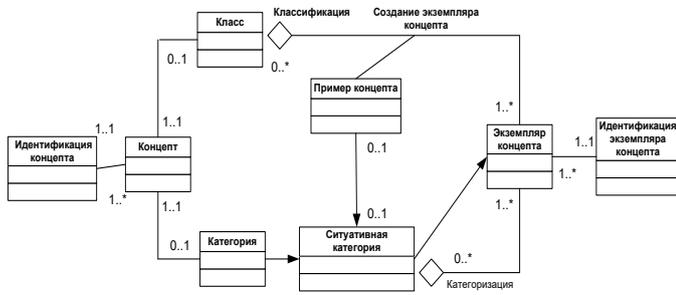


Рисунок 2. Модель данных, представляющая взаимодействия между концептами и поддерживающая ситуативную категорию.

Запрос, соответствующий схеме, описанной выше, позволяет извлечь из базы геоданных контекст для географических концептов или характеристик. Обеспечение такой контекстной информации имеет несколько преимуществ, включая: коммуникацию, при которой большее значение может быть передано или стимулировано; обоснование, при котором можно обеспечить запись и обоснование для научных и других полученных данных; онтологию, при котором эмпирическое и динамическое измерение может быть добавлено к геопространственной онтологии; и обобщение, так что обобщение и абстрагирование типа картографических обобщений может быть связано с детализированными источниками и согласовано с концептуальными структурами.

Контекст определен ниже как рекурсия ситуативного концепта, характеризующего концепт или его конкретный пример.

Обозначим через X концепт, o – экземпляр концепта, i – пример концепта и e – ситуативную категорию как группу $\{e_j\}$ экземпляров концепта, тогда:

$$\begin{aligned} o.Context() &\rightarrow o \\ i.Context() &\rightarrow (X.i, X.i.o, X.Context(), X.i.e.Context()) \\ X.Context() &\rightarrow (X, X.e.Context()) \\ e.Context() &\rightarrow (e, e_1.Context(), \dots, e_n.Context()) \end{aligned}$$

Эта рекурсивная формулировка приводит к расширяющейся сети ситуативных концептов для базового концепта или его экземпляра. Такие сети могут быть представлены оргграфом без петель, который описывает геопространственный случай или дополнительно контекстуализирует концепт. Однако такие графы являют собой достаточно сложные конструкции. Упрощенный контекст, который можно назвать интерпретацией, уменьшает эту сложность, ограничивая широту контекста единственным путем через граф.

$$\begin{aligned} o.Interp() &\rightarrow o \\ i.Interp() &\rightarrow (X.i, X.i.o, X.Interp(), X.i.e.Interp()) \\ X.Interp() &\rightarrow (X, X.e.Interp()) \\ e.Interp() &\rightarrow (e, e_j.Interp()) \end{aligned}$$

Основная задача баз геоданных – хранение структуры и объяснение «концептов» модуля карты, которые маркируют области на тысячах карт. Также важны структура и научное объ-

яснение этих концептов и областей. Эти элементы собираются главным образом из легенд цифровых геологических карт; информация об определенных геопространственных проявлениях также существенна, но это второстепенный вопрос, поскольку такую информацию часто трудно получить.

Концепты модуля карты и их описательный язык используются гетерогенно: оба типа терминов могут иметь различные описания в различных географических областях и даже среди людей, и различные термины часто имеют идентичные значения [1,2]. Решения этой проблемы разрабатывают и в нисходящих, и в восходящих режимах: нисходящие нормативные определения разрабатываются для многих из терминов; в то же самое время в восходящем подходе существующие термины вводятся в базы данных в целях обнаружения эмпирической регулярности в использовании терминов и координирования их с определениями. Цель состоит в том, чтобы сохранить локальные термины и характеристики, поскольку они применяются непосредственно к картам, а также собрать эти термины в однородную систему в целях функциональной совместимости. Следовательно, ситуативный характер информации как таковой и динамический характер геопространственной онтологии требуют создания системы, которая может обеспечить обработку контекстов, чтобы облегчить понимание концептов и в конечном счете объектов карты.

5. Проблема соотношения геоописаний

Геоописания объектов, формируемые на основе географических концептов, характеризуются большим объемом, сложностью, взаимозависимостями и динамизмом. Эти описания могут существовать в несопоставимых форматах из-за наличия разнообразных источников данных и программных систем. Соотнесение геоописаний в согласованную и унифицированную форму считается критическим мероприятием для успешного принятия решений на их основе [3]. К сожалению, большинство разработанных в последнее время программных средств функционируют как автономные системы с ограниченной возможностью совместного использования геопространственной информации с другими системами, что привело к возникновению так называемых «островов информации» и появлению противоречивых моделей геоданных в несопоставимых программных продуктах.

В большинстве реализаций ГИС до настоящего времени геоданные сохранялись и обрабатывались в персональных или ведомственных базах геоданных, которые ограничивали совместное использование и редактирование. Возрастающие требования к совместной обработке геоданных для различных приложений выявили острую потребность в масштабируемости ГИС и созданию различных моделей соотношения геоописаний, которые при этом должны гарантировать

согласованность и целостность геоданных и объединить различные форматы во всестороннее и непротиворечивое геоописание.

При соотношении геоописаний необходимо учитывать явные и латентные перекрестные ссылки и отношения между различными уровнями детализации, обеспечивающими взаимодействия между сорасположенными или накладывающимися объектами [3]. Это позволит обеспечить функциональную совместимость и эффективное совместное использование геоданных при решении задач разной детализации.

Отдельной проблемой представляется преодоление мультилингвальности геоописаний, когда требуется построить согласованное унифицированное геоописание на основе интеграции информации из геоописаний с использованием различных естественных языков. На рис. 3 перечислены задачи, требующие решения при соотношении геоописаний.



Рисунок 3. Задачи соотношения геоописаний

Соотношение геоописаний позволяет:

- повысить информативность;
- лучше осмыслить геоописания;
- оценить качество геоописаний;
- улучшить согласованность экспертов;
- выработать способы сопоставления геообъектов;
- апробировать формализмы трансфера геоописаний;

База геоданных (ГБД) содержит геоданные в четырех представлениях [3], требующие специальных методов и приемов для их отображения в реляционной среде:

- векторные данные для представления пространственных объектов,
- растровые данные для представления непрерывных полутонных изображений, сеточных тематических данных и поверхностей,
- нерегулярные триангуляционные сети (TINs) для представления поверхностей,
- адреса и локаторы (locators) для нахождения географического положения.

Помимо этой информации при формировании геоинформационного портала в ГБД необходимо обеспечить хранение и сопровождение огромного объема атрибутивной информации, включающей разнообразные тексты и документы. В рамках системы концептов А.А. Лютого геоинформаци-

онный портал можно представить как электронную библиотеку с геотекстами на разных естественных языках.

Таким образом, геоинформационный портал представляется как семиотически неоднородный по языковой принадлежности его текстов. Наряду с моноязычными вербальными текстами в нем могут присутствовать поли- и кроссязычные тексты. Аналогично и геотексты в нем могут быть моноязычными, поли- и кроссязычными. Соответственно, одной из центральных задач здесь является извлечение релевантной картографической информации из этих геотекстов. На рис. 4 показана примерная схема из блоков, участвующих в интеллектуальном анализе геоданных, представленных в виде геотекстов.

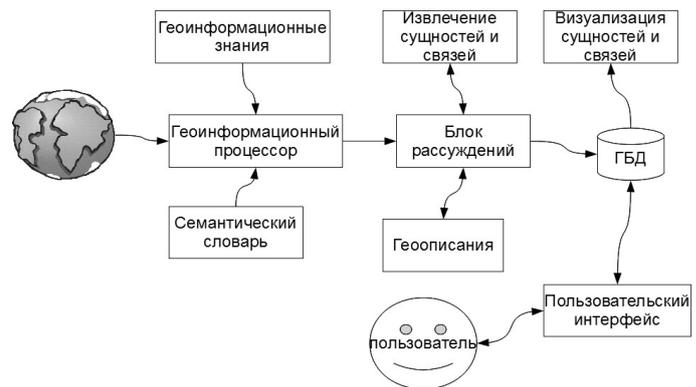


Рисунок 4. Извлечение картографической информации из геотекстов

Пространственная информационная системная среда формирования геоописаний может быть представлена объединением ГИС с внешними программами и специальными прикладными программами, обеспечивающими выборку необходимых геоданных. Особую важность здесь представляет инструмент взаимодействия с репозиторием геоданных, который позволяет адекватно пополнять существующие геоописания за счет соотношения с другим геоописанием того же объекта (Рис. 5).

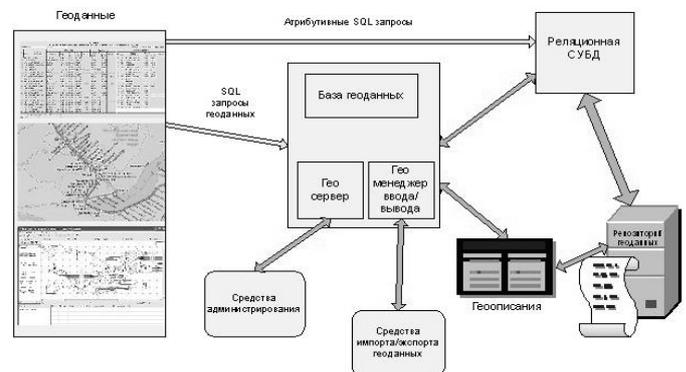


Рисунок 5. Схема формирования геоописаний

6. Трансфер геоописаний

Под задачей трансфера геоописаний будем понимать процесс анализа и соотношения геоописаний на двух или более языках для извлече-

ния и сопоставления релевантной информации. Этот процесс является крайне необходимым при пополнении репозитория геоданных, так как позволяет получить наиболее подробное и разностороннее представление описываемых в системе геообъектов.

Можно заметить, что задача трансфера геоописаний сильно коррелирует с задачей перевода текстов на естественном или искусственном языке на основе межязыкового трансфера. Межязыковой трансфер применяется либо при переводе сильно формализованных текстов на естественном языке, либо при переводе текстов на искусственном языке [3]. Выбранный авторами настоящей работы геоязык, на котором сделано геоописание, является сильно формализованным искусственным языком, что позволило методы и средства, реализующие межязыковой трансфер, успешно применить и при трансфере геоописаний.

Одним из подходов к реализации трансфера, предложенным в работе [4], является использование в качестве аналитической машины языка функционального программирования. Это позволяет решить задачу проектирования аналитической машины, допускающую грамматические правила трансфера геоописаний. Такие грамматические правила необходимо задавать в виде функций в математическом смысле.

Следует отметить, что аналитическая машина, в основе которой лежит функциональный подход, ориентирована, в первую очередь, на анализ нормализованных геотекстов. Под нормализованным геотекстом понимается такой геотекст, который был обработан синтаксическим и/или морфологическим анализатором.

Подход к описанию правил грамматики, как к заданию математической функции (с ее областью определения и областью значения), позволил применить парадигму функционального программирования при технической (программной) реализации аналитической машины. Другими словами, имея грамматику геоязыка (заданную в виде функций) и среду функционального программирования (например, Erlang или Haskell [4]), мы получили аналитическую машину, позволяющую проводить анализ геотекстов согласно заданной грамматике. Кроме того, использование среды функционального программирования как аналитической машины позволило проектировщику применить такие технические средства, как атомы языка и кортежи для представления группирования атрибутивных характеристик.

Остановимся на задании атрибутивных характеристик. В случае использования кортежей и атомов функционального языка проблема обработки атрибутивных характеристик перестала быть заданием базы геоданных, что позволяет переложить эту проблему на язык функционального программирования. Таким образом, обработка и контроль целостности атрибутивных характеристик выполнена на уровне функционального языка, а не на уровне геоинформационной мо-

дели. Это преимущество значительно упростило построение аналитической машины для обработки геоописаний, так как позволило вынести атрибутивные характеристики за рамки модели.

На представленной на рис. 6 схеме видно, что трансфер геоописаний проходит почти те же стадии обработки, что и межязыковой трансфер. Как и любой язык, геоязык имеет синтаксис и морфологию, соответственно, в системе трансфера геоописаний наличие морфологического и синтаксического анализатора является обязательным условием. После обработки отмеченными анализаторами получается нормализованный геотекст. Такой геотекст подается на вход системе функционального программирования, которая, используя функциональные грамматические правила, представляет геоописание в функциональном виде. Дальнейшая обработка полученного геоописания сводится либо к синтезу геоописания на другом геоязыке, либо к пополнению и обновлению данных в репозитории геоданных.

Таким образом, в результате работы системы трансфера геоописаний, пользователь геоинформационной системы получает возможность сопоставления геоописаний на разных геоязыках с возможностью пополнения и обновления системного репозитория геоданных.

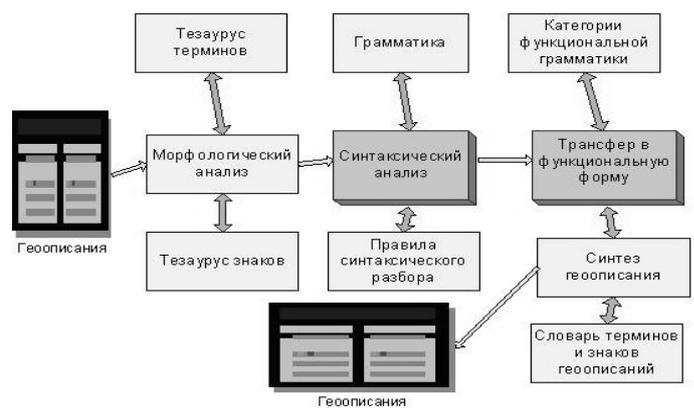


Рисунок 6. Функциональная схема трансфера геоописаний

Заключение

В работе представлен подход к построению ГИС, позволяющий учитывать как ситуативный характер геоконцептов, так и семантику геообъектов. При моделировании геоконцептов использовались понятия концепта, класса и категории в терминах географических описаний с учетом развития ситуаций и структуры для представления ситуативных компонентов.

Можно указать основные черты предлагаемого подхода:

- необходимо, чтобы геопространственные среды, содержащие знание, формировались на основе абстрактной схемы базы геоданных, смоделированной на эпистемологических примитивах, типа концептов, а не на концептах конкретной области. Разработка схемы и сложность при этом уменьшаются, однако такие гибкость и абстракция требуют более строгой

онтологической техники представления знаний, которая может не соответствовать принятым действиям в существующих геопространственных дисциплинах, но которые, тем не менее, могут привести к лучшей семантике и улучшенной функциональной совместимости баз геоданных;

- целесообразно использовать четыре функции, интегрирующие концепты: классификация, кластеризация, реализация и категоризация;

- введение ситуативной категории приводит к усовершенствованию терминологии: группа экземпляров концепта поддерживает расширение семантики концепта, позволяя формировать категорию концепта; а группа примеров, иллюстрирующих концепт, позволяет сформировать его класс. Это вносит определенный вклад в понятие динамической геопространственной онтологии;

- расширение географического контекста реализуется как многоуровневый набор релевантных ситуативных концептов, связанных с базовыми географическими концептами.

Можно использовать этот механизм, чтобы проследить за развитием концепта, стимулируя выявление неявного знания, связанного с концептом;

- схема базы геоданных разрабатывается с учетом моделирования взаимодействия между концептами, примерами и ситуативными концептами, представляя реализацию схемы в контексте симбиоза базы геоданных и геологических онтологий;

- для согласования геоконцептов [5] используется механизм трансфера геоописаний, позволяющий выполнить соотнесение геоописания на разных геоязыках, а также пополнять и обновлять репозиторий геообъектов. Для технической реализации системы трансфера геоописаний выбрана среда функционального программирования, что позволило решить задачу трансфера геоописаний аналогичным с трансфером межъязыковых текстов образом.

Список литературы

1. Rodríguez M. A., Egenhofer M. J. Comparing geospatial entity classes: an asymmetric and context dependent similarity measure. – *International Journal of Geographical Information Science*, 18(3): 2004, pp. 229–256.
2. Brodaric, B. and Hastings, J. An Object Model for Geologic Map Information. In: *Proceedings of the Spatial Data Handling 2002 Symposium*, Ottawa, Canada, 2002, pp. 113-117.
3. Ермаков П.В., Кожунова О.С. Применение средств функционального программирования в задачах представления языковых и межъязыковых структур // Сборник докладов конференции «Первая школа молодых ученых ИПИ РАН». – М.: ИПИ РАН, 2010. – С.15-22.
4. Дулин С.К., Ермаков П.В. Функционально-вычислимые грамматики в задачах анализа текстов на естественном языке – М.: ВЦ РАН, 2011. – 22 с.
5. Dulina N., Kozhunova O. Information monitoring system: a problem of linguistic resources consistency and verification // Третья международная конференция «Проблемы кибернетики и информатики» (PCI'2010) – Баку: Elm, 2010. – С. 56-58.

УДК: 517.977.1, 656.02

СИТУАЦИОННАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

**Охотников А.Л.**

Заместитель начальника Департамента – начальник Отдела стратегического развития, АО «НИИАС», E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация

В статье исследуется новая технология ситуационной маршрутизации с обоснованием введения такого понятия. Современное состояние транспортных сетей характеризуется ростом числа подвижных объектов и сложности управления, а также наличием вариабельности, и в этих условиях традиционные методы маршрутизации становятся неэффективными. Приведены примеры использования ряда методов для решения задач оптимизации маршрутов транспортной сети, и в качестве альтернативы предлагается ситуационная маршрутизация. Вводятся четыре типа информационных ситуаций, применяемых в транспортной сети, использование которых является основой для ситуационной маршрутизации. Показано, что редукция сети на информационные ситуации уменьшает размерность матрицы оптимизации и снижает время вычислений для проведения анализа. Введены две структуры сети: физическая структура и структура потоков. В сложных транспортных сетях необходимо различать две топологические модели или топологии: структурную и пропускную. При возникновении внешних воздействий на сеть возможно рассогласование между ними. Ситуационная маршрутизация устраняет такое рассогласование и позволяет решать задачу оптимизации для новых условий. Отмечена возможность использования мета-моделирования для оптимизации маршрутизации в транспортной сети.

Ключевые слова:

Управление перевозками, транспортная сеть, оптимальная маршрутизация, информационная ситуация, сетевая ситуация, нечеткая ситуация.

SITUATIONAL ROUTING IN A TRANSPORT NETWORK

Okhotnikov A.L. Deputy Head of Department, Head of Strategic Development, JSC «NIIAS», E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia

Abstract

The article studies a new technology of situational routing with the substantiation of the introduction of such a concept. The current state of transport networks is characterized by an increase in the number of moving objects and the complexity of control, as well as the presence of variability, and in these conditions, traditional routing methods become ineffective. Examples of using a number of methods to solve problems of optimizing transport network routes are given, and situational routing is proposed as an alternative. Four types of information situations used in the transport network are introduced, the use of which is the basis for situational routing. It is shown that reducing the network to information situations reduces the dimension of the optimization matrix and reduces the computation time for analyzing. Two network structures are introduced: physical structure and flow structure. In complex transport networks, it is necessary to distinguish between two topological models or topologies: structural and throughput. When external influences occur on the network, a mismatch between them is possible. Situational routing eliminates such a mismatch and allows solving the optimization problem for new conditions. The possibility of using metamodeling to optimize routing in the transport network is noted.

Keywords:

Transportation management, transport network, optimal routing, information situation, network situation, fuzzy situation.

Введение

Современная транспортная система характеризуется ростом скоростей и интенсификацией транспортных потоков, ростом сложности управления движением, воздействием внешней среды на движение. Эти факторы требуют оптимизации маршрутов в транспортной сети (ТС), которая включает [1]: динамическую маршрутизацию транспортных объектов (средств); формирование моделей для всех возможных маршрутов [2]; оптимизацию всех маршрутов, исходя из параметров движения и потоков на текущий момент времени; моделирование потоков транспортной сети [3]; оптимизацию потоков по текущим условиям движения; ситуационный анализ транспортной сети [4] с целью выявления аномалий движения; применение информационного и метамоделирования при анализе транспортных потоков [5]; применение распределенного управления на транспорте.

Все указанные элементы необходимо применять комплексно в рамках единой транспортной политики (ЕТП) при управлении транспортом [6]. Без совершенствования методов анализа и управления транспортными сетями развитие ЕТП невозможно. Доминирующей технологией в управлении маршрутами является информационное моделирование.

Современное информационное моделирование глобальных систем использует интегральную модель информационного поля [7,8]. Информационное поле содержит большие объемы полезной информации, включая явную и неявную информацию. Вместе с тем оно содержит информационную неопределенность и нечеткость [9,10]. Для устранения информационной неопределенности необходимо применять специальные методы ее устранения. Исходным материалом для управления транспортом служат фактофиксирующие пространственные и динамические модели [11].

Можно констатировать, что в современных транспортных сетях растет сложность и масштаб сети. При этом вследствие возрастания скоростей появляется требование более оперативного принятия решений. Чем сложнее и масштабнее сеть, тем больше вариантов маршрутов содержатся в ней и их необходимо смоделировать. Большое число вариантов маршрутов определяет более длительный процесс их анализа и оптимизации. Как инструмент поиска маршрутов в условиях сложных сетей для их оптимизации применяют мультиагентные системы (MAS) [12]. Ярким примером применения такой системы на железной дороге является единая интеллектуальная система управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ) – управляющая система на основе адаптивного планирования с помощью преимущественно мультиагентных технологий.

Модели в транспортной сети

Современные транспортные сети характеризуются наличием различных внешних воздействий и динамикой внутреннего состояния в сети. Несмотря на наличие бессветофорного регулирования движения поездов и технологии цифровой железной дороги (ЦЖД) физические узлы на железной дороге (как сети) сохранились [13]. Если раньше узлы определялись по сигнальным блокам, то теперь узлы сохранились как некие отрезки дистанции и точки остановки, погрузки и выгрузки.

Обеспечение быстрого и безопасного движения между узлами транспортной сети в условиях жестких требований к задержкам – одна из важнейших транспортных проблем. Для повышения качества транспортных операций необходимо применение новых моделей, технологий, алгоритмов и методов для маршрутизации транспортных потоков. Все эти нововведения должны адаптивно модифицировать маршруты в соответствии с изменением внешних условий транспортных потоков в сети. Широкое применение информационных технологий [5] в управлении транспортом привело к созданию и применению специальных информационных моделей. В первую очередь это модель информационной конструкции [14], которая является обобщенной параметрической топологической моделью. Она моделирует структуру сети и имеет вид либо простой топологической модели, либо модели, в которой топология дополнена качественными параметрами.

Другой важной моделью является модель информационной ситуации [15], которая служит основой ситуационного анализа [4]. Модель информационной ситуации редуцирует информацию и фактически является кластером. Следующей важной моделью является модель взаимосвязей информационных понятий [16], которая обеспечивает баланс между информационными моделями и ресурсами.

Эффективность сходимости сети зависит от фактического набора маршрутов и поиска наилучшего маршрута при внесении изменений (перенаправления потоков). Это заключается в отправке трафика на резервный путь, если транспортная сеть перегружена. В этом случае стандартная транспортная задача не может быть использована для маршрутизации, поскольку она дает только единственное решение с фиксированными параметрами. Поэтому в современных условиях для решения этой задачи используется набор маршрутов (сценариев) на случай возможных изменений. Реальная информация о сети содержит информационную неопределенность и характеризуется вариативностью условий внешней среды.

Решения задачи маршрутизации в нечеткой ситуации

Использование ситуационного подхода в задачах оптимизации маршрутов транспортной сети

предполагает принятие управляющего решения только на основе анализа возникшей ситуации на маршруте [17]. Данная задача усложняется в условиях нечеткой ситуации. Существует ряд методов для решения данной задачи.

Основанный на определении связанного маршрута графа, который определяет начальное состояние транспортной сети, широко применяется метод нечеткой ситуационной сети [18]. В данном случае используется имитационная модель маршрута с целью анализа различных сценариев маршрута и принятия оперативных решений при возникновении нештатных ситуаций на определенных узлах в текущее время, чтобы своевременно скорректировать опорный план и выбрать новый маршрут (см. рис.1).



Рисунок 3. Задачи соотнесения геоописаний

В основе метода анализа иерархий заложена математическая обработка оценок экспертов. Экспертные оценки далее используются для матричных вычислений и дальнейшей свертки критериев [19]. В данном методе иерархия является одним из способов представления структуры принятия решений и служит для структурирования сложных задач с количественной оценкой вариантов маршрутизации. Одним из этапов решения задачи маршрутизации является декомпозиция задачи путем определения ее компонентов и связей между ними для формирования иерархической структуры решения задачи.

Одним из наиболее перспективных направлений для задач маршрутизации в слабоструктурированных системах является применение теории нечетких множеств. Одним из методов для анализа альтернатив в условиях неопределенности можно признать математическую модель *FuzzyTECH* с использованием набора правил [20]. Если ввести степень, которая будет соответствовать термам, то полученные значения будут обработаны в соответствии с правилом, основанным на таких переменных, как расстояние и время прохождения участка, пропускная способность. Сформированные значения будут выводиться с указанием достоверности правила в виде значений 1 (истина) или 0 (ложь) для каждого маршрута.

Существуют также методы формализации экспертной информации при выборе ситуационной модели при принятии решения. К таким методам относят:

- Модель максиминной свертки (ММС);
- Модель абсолютного решения (МАР);

- Модель основного параметра (МОП);
- Модель компромиссного параметра (МКП);
- Модель эталонного сравнения (МЭС).

Анализируя применение вышеперечисленных методов, можно сделать промежуточный вывод:

1. Нечеткие модели, на которых основаны методы решений, позволяют объективно оценить набор альтернатив с учетом различных критериев. Оценка альтернатив использует ранее ранжированный порядок набора переменных.

2. Все нечеткие методы принятия решений зависят от различных факторов и критериев, используемых в математической модели, что позволяет повысить надежность принимаемого решения за счет смягчения или устранения несоответствий и ошибок в исходных данных.

3. Различные методы, использующие разные подходы, показывают разные результаты; каждый подход имеет свои особенности и ограничения. Для их применения необходимо понимать все условия их использования.

Ситуационный анализ транспортной сети

Построение и оптимизация маршрутов транспортных объектов происходит в пространственной структуре, которую обозначают как «транспортная сеть». Транспортной сетью принято называть топологическую схему, имеющую один узел входа и один узел выхода. Такую модель применяют не только в транспортных сетях, но и в информационно-вычислительных сетях. Транспортные сети часто бывают гетерогенны. Международные транспортные коридоры служат иллюстрацией гетерогенных ТС. Задачу снижения гетерогенности решают за счет применения модели информационной ситуации.

Для формирования маршрутов и их модификации целесообразно применение ситуационного анализа [21, 22]. Такой анализ использует понятие информационной ситуации в пространстве [23] и может использовать модель параметрической информационной ситуации [24]. Информационная ситуация в простейшем варианте устраняет гетерогенность.

Для ситуационного анализа ТС целесообразно введение типов информационной ситуации. Первый тип информационной ситуации – это окружение объекта до начала движения. Это статическая информационная ситуация. Второй тип информационной ситуации – это скользящее окружение при движении объекта. Это динамическая информационная ситуация [25].

Третий тип ситуации – это пространственная ситуация, в которой транспортный объект перемещается на протяжении всего маршрута. Эта ситуация еще может называться маршрутной. Четвертый тип ситуации – это пространственная ситуация, в которой перемещается транспортная киберфизическая система или объект ЦЖД [26]. Это динамическая вариативная информационная ситуация, которая представляет собой часть транспортного графа. Управлением такой

ситуацией и движением транспортного объекта в такой ситуации занимается вычислитель с использованием искусственного интеллекта. В этом случае движение транспортного объекта контролирует диспетчер из ситуационного центра с помощью интеллектуальной транспортной системы или автоматизированной (автоматической) системы.

Декомпозицию информационных ситуаций можно продолжать. Но остановимся на указанных основных четырех типах. Промежуточный вывод: функционирование реальных ТС характеризуется динамикой ситуаций в сети и информационными ситуациями.

Анализ динамики транспортной сети

Главными причинами динамики ТС служат ситуация типа 2 и изменения на участках сети. Эти изменения влекут изменение пропускной способности участков сети. Высокая пропускная способность между транспортными узлами при обеспечении высокоскоростных режимов [27, 28] и нормативных ограничений движения является важной проблемой для высокоскоростного транспорта, особенно для полностью автоматических режимов управления. С целью обеспечения прогнозного режима движения на маршруте необходимо разрабатывать и применять специальные алгоритмы и модели, которые могут изменять маршрут движения в зависимости от оперативной информационной ситуации ТС.

Анализ сетевой динамики включает в себя пространственный анализ и анализ ситуационной информации. Методы геоинформатики позволяют осуществлять пространственный анализ. Методами построения маршрутов определяют эффективность работы сети. Классическая задача движения не включает условия, которые могут быть использованы на практике в динамической сети. Ситуация ТС типа 4 содержит неопределенности, устранение или уменьшение которых представляет собой дополнительную проблему. Мы используем ситуационный пространственный подход для анализа маршрутов ТС. Это предполагает применение пространственной информационной ситуации (SIS), параметры которой приведены в (1):

$$SIS = F[P1(t), Str, VP(t), M(t), L(t)] \quad (1)$$

Формула (1) включает следующие параметры: тип 2 информационной пространственной ситуации SIS ; $P1(t)$ – статическая информационная ситуация типа 1; Str – информационная конструкция сети; $VP(t)$ – динамическая информационная ситуация тип 2, $M(t)$ – маршрут; $L(t)$ – длина маршрута, которая в общем случае зависит от ситуации и условий движения.

Оперативной информационной ситуацией (ISN) является окружение объекта по мере его движения. В начале движения ISN определяется

начальными условиями движения:

$$ISN = SIS(t_0) \quad (2)$$

В сложных транспортных сетях необходимо различать две топологические модели или топологии: структурную и пропускную. Структурная топология (TIC) описывает структуру сети. Она моделируется топологической информационной конструкцией или неориентированным графом $TIC = G(V, A)$. TIC показывает физическую структуру сети. Пропускная топология (BW) – это топология потоков. Она моделирует динамическую перевозку грузов (пассажиров) в текущее время осуществления перевозки. Этот граф, в отличие от TIC является ориентированным, т.е. указывает на направление перевозки. Ориентированность графа первое отличие BW от TIC .

$$TIC = G(V, A) \quad (3)$$

$$BW = (V, A, IF, s, t), \quad (4)$$

Второе отличие в том, что BW (4) есть взвешенный граф с весом IF , который характеризует интенсивность потока на участке или звене сети. Остальные параметры общие для BW и TIC . Общими параметрами являются вершины V и дуги A . В графе BW (4) для описания динамики используют пространственные метки s и временные метки t . Метки являются дополнительным параметрическим описанием маршрутов. Маршрутизация перевозки грузов решает задачи динамики звеньев и отказов узлов сети. Таким отказам соответствуют аварии на железной дороге и пробки на автомобильной дороге. В связи с отказами узлов возникает задача по модификации маршрутов или замене маршрутов.

Архитектура ТС [29] для своего анализа требует значительных вычислительных и временных ресурсов. Эти ресурсы возрастают при росте узлов сети. Информационные ситуации преобразуют совокупность точек сети в совокупность кластеров сети. Исходная сеть точек преобразуется в редуцированную сеть кластеров. Это преобразование уменьшает затраты на анализ и на ресурсы. Редуцированную часть сети следует считать информационным кластером или SIS . В информационно-вычислительных сетях применяют методы программной конфигурации (ПКС) или реконфигурации сетей [30]. ПКС применимы в транспортных сетях типа BW (4). ПКС создает адаптивность сети, т.е. возможность адаптивной маршрутизации.

Основная идея построения маршрутов в транспортной сети состоит в том, чтобы модифицировать BW , не изменяя TIC . Это означает модификацию динамики перевозки путем переключения маршрута и в редких случаях – изменение пропускной способности звеньев. Реализация этой идеи возможна за счет двух альтернатив.

Первая альтернатива состоит в использо-

вании методов управления за счет ПКС [30]. Вторая альтернатива состоит в использовании имитационного информационного моделирования [31] и метамоделирования [32]. Первая альтернатива включает создание ПО для адаптации к информационной ситуации типа 2 при наличии динамики сети. В этом случае управление потоком осуществляется с помощью метода ПКС с последующей оптимизацией. Метод конфигурации помогает модернизировать маршрут в зависимости от изменяющихся условий сети, а метод оптимизации позволяет строить оптимальные маршруты [33,34]. Последующая оптимизация с ПКС открывает возможность компьютерного моделирования или интеллектуального управления маршрутами и транспортом. По сути это одна из реализаций адаптивной маршрутизации.

Для *BW* в случае адаптивной маршрутизации обеспечиваются оптимальные условия для маршрута при изменении параметров сети. Недостатком метода является необходимость в режиме онлайн информировать о ситуации типа 2.

Применение фиксированной маршрутизации при динамике условий функционирования сети является невозможным. Это обосновывает разработку заранее резервных маршрутов, а также возможные их комбинации (сценарии). Другим видом резервирования является модификация за счет включения в нее резервных узлов или исключения неэффективных узлов. Этот подход позволяет повысить гибкость ТС и ее адаптивность. В комплексе это расширяет возможные допустимые условия перевозки. Адаптивная маршрутизация ТС позволяет осуществлять поиск новых оптимальных маршрутов при изменяющихся условиях перевозки.

Это реализуется за счет информационного подхода и использования информации о *BW*. Если обозначить текущий маршрут как M_0 , то модификация опишется как

$$\Delta BW \Delta Con \rightarrow (M_0 + \Delta M) \oplus M_1 \quad (5)$$

В выражении (5) ΔBW – изменение пропускной способности сети; ΔCon – изменение условий перевозки; ΔM – модификация старого маршрута; M_1 – создание нового маршрута.

Модификация старого маршрута требует пересчета условий оптимальности при использовании информации для ситуации типа 2. В зависимости от определения оптимального маршрута существует связь с величиной транспортного потока в ТС.

Для реальных условий одновременного городского использования и внегородского сложно определять оптимальный маршрут движения потока в связи с основным ограничением – расчетом времени.

Классические методы маршрутизации потоков используют для оптимизации критерий минимальной задержки (КМЗ). Следует отметить, что при оптимизации маршрута и решении оптимальной задачи можно использовать разные кри-

терии оптимизации: по длине маршрута, по минимальной стоимости перевозки или перевозок (при групповом движении); по минимальной задержке (при множестве маршрутов); по минимальному риску (при перевозке опасных грузов); по максимальной интенсивности загрузки ТС и другие. В сложных условиях всегда возникает задача адаптивной маршрутизации. Дополнительно возникает задача многокритериальной оптимизации и задача оптимизации при нечетких условиях. В сложной транспортной сети нечеткость возникает всегда.

Все перечисленные задачи используют модели информационной ситуации. За счет этого уменьшается объем информации, необходимой для нахождения оптимальных маршрутов и, соответственно, уменьшается время вычислений. По существу метод ситуационного анализа ТС реализует идею когнитивных карт, которая успешно зарекомендовала себя в управлении сложными маршрутами. Применение модели информационной ситуации при оптимизации транспортных маршрутов дает основание ввести новое понятие «ситуационная оптимизация». Ситуационная оптимизация сокращает время вычислений и время поиска новых маршрутов при вариативности сети.

Заключение

Использование одного варианта маршрута перевозок в современных условиях – недопустимое ограничение для вариативных ситуаций в ТС. Кроме того, в процессе перевозки формальная топология сети *TIC* становится несогласованной с изменением топологии *BW*. Так как топология *BW* динамична, то всегда зависит от параметра времени. Размерность оптимизационной матрицы пропорциональна количеству узлов. В случае редукции сети к информационной ситуации размерность оптимизационной матрицы уменьшается вдвое, а скорость вычислений возрастает до четырех раз, что приводит к резкому сокращению времени анализа. Это обусловлено переходом от точечной модели к кластерной. Такой переход означает редукцию частных параметров, при этом ключевые параметры не меняются.

Использование метода ситуационной маршрутизации для оперативного анализа означает кластеризацию сети и применения информационного морфизма [35] для преобразования структурной топологии ТС в пропускную топологию ТС. Исходная модель может быть представлена как стационарная топология *TIC*, которая согласована с *BW*. Динамика внешней среды приводит к тому, что периодически то или иное звено сети меняет пропускную способность. В силу этого реальная ТС не соответствует теоретической. В этих условиях происходит рассогласование между *TIC* и *BW*, что обосновывает перемаршрутизацию.

Предложенный метод маршрутизации трансформирует традиционную многоточечную струк-

туру в более простую кластерную сетевую структуру. Такая сеть обеспечивает надежность работы на коротких временных интервалах, а долгосрочная надежность обеспечивается сетеподобной структурой. *TIC* обеспечивают долгосрочную надежность, а *SIS* – локальную.

Список литературы

1. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Оптимизация движения в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2022. – Т. 6. №3 (23). – С.10-19.
2. Дышленко С.Г. Модели построения маршрутов в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – Т.2. – 4(8). – С.48 -56.
3. Рогов И. Е. Моделирование транспортных потоков // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – Т.3. – 3(11). – С.26-38.
4. Дышленко С. Г. Ситуационный анализ в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – Т.2. – 1(5). – С.26-33.
5. Лёвин Б.А. Информационное моделирование при управлении транспортом // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3 (27). – С.50-54.
6. Розенберг И.Н. О единой транспортной политике // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 1 (1). – С.22-26.
7. Кудж С.А. Информационное поле: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 97 с.
8. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №1-3. – С.455-456.
9. Матчин В.Т. Неопределенность в информационном поле // Перспективы науки и образования. – 2017. – №3 (27). – С.7-12.
10. Охотников, А. Л. Управление автоматическими транспортными объектами в стохастической ситуации / А. Л. Охотников, В. Я. Цветков // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 2. – С. 37-41. – DOI 10.34649/AT.2021.2.2.002.
11. Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9-3. – С.487.
12. Рогов И. Е. Применение мультиагентных систем в управлении транспортом мегаполиса // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – Т.4. – № 1(13). – С.26-36.
13. Егунов М. М., Шувалов В. П. Анализ структурной надёжности транспортной сети // Вестник СибГУТИ. – 2012. – №. 1. – С.54-60.
14. Лотоцкий В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. – 2017. – № 2 (16). – С.39-44.
15. Цветков В.Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 5. – С.4- 11.
16. Соловьев И.В., Цветков В.Я. О содержании и взаимосвязях категорий «информация», «информационные ресурсы», «знания» // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. – №6 (48). – С.11-21.
17. Фараонов, А. В. Разработка ситуационной модели задачи маршрутизации при необходимости изменения опорного плана на основе нечеткой ситуационной сети / А. В. Фараонов // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16–19 июля 2014 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 5101-5113.
18. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990.
19. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000.
20. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 739 с.
21. Титов Е. К. Ситуационный анализ транспортных кибер-физических систем // Наука и технологии железных дорог. – 2022. – Т. 6. – №. 2 (22). – С. 23.
22. Рябенко Д. О. Ситуационный анализ в государственном и муниципальном управлении региона // Эффективное государственное и муниципальное управление как фактор социально-экономического развития территорий. – 2021. – С. 148-150.
23. Павлов А.И. Пространственная информационная ситуация // Славянский форум, –2016. –№4 (14). – С.198-203.

24. Плотников С.Б. Параметрическая и пространственная информационная ситуация // ИТ – Стандарт. 2021. 3(28). С.40-45.
 25. Охотников, А. Л. Транспортный объект как элемент системы автоматического управления / А. Л. Охотников // Наука и технологии железных дорог. – 2022. – Т. 6, № 3(23). – С. 45-52.
 26. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – № 3 (76). – С. 50-61.
 27. Ходосевич А. М. Увеличение скоростного режима подвижного состава на железнодорожном транспорте // Молодежная наука. – 2023. – С. 239-242.
 28. Цветков В.Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // Мир транспорта. – 2013. – № 5 (49). – С.6-9.
 29. Егунов М. М., Шувалов В. П. Анализ структурной надёжности транспортной сети // Вестник СибГУТИ. – 2012. – №. 1. – С. 54-60.
 30. Корячко В.П., Перепелкин Д.А. Анализ и проектирование маршрутов передачи данных в корпоративных сетях. – М.: Горячая линия –Телеком, 2012 – 236с.
 31. Elnabawi M. H. Building information modeling-based building energy modeling: investigation of interoperability and simulation results //Frontiers in Built Environment. – 2020. – Т. 6. – С. 573971.
 32. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов Е.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. –2020. – №1. – С.112-119.
 33. Андреев К. П., Терентьев В. В. Информационное моделирование в проектировании транспортных сетей городов //Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – №. 117-2. – С. 108-110.
 34. Бабищева Т. С. и др. Двухстадийная модель равновесного распределения транспортных потоков //Труды МФТИ. – 2015. – Т. 7. – №. 3. – С. 31-41.
- Охотников, А. Л. Информационный морфизм в информационном поле / А. Л. Охотников // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 4(28). – С. 7-11.

УДК: 656.001.57

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Болбаков Р.Г.**

к.т.н., доцент, зав. кафедрой, Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), E-mail: antaros05@yandex.ru, Москва, Россия.

Аннотация

В статье описываются результаты исследования информационного пространства для цифровой железной дороги. Автоматизация процессов обмена данными осуществляется через информационное пространство цифровой железной дороги. Информационное пространство представляет собой эффективный способ оптимизировать коммуникацию и способствовать бесперебойной работе отдельных операций в системе транспорта. Раскрывается связь между цифровой железной дорогой и цифровой коммуникацией. Описана структура цифровой железной дороги с учетом информационного пространства. Показана связь информационного пространства цифровой железной дороги с геоинформационным пространством и с координатным пространством. Обоснована необходимость применения геоинформатики в информационно пространстве цифровой железной дороги. Описаны основные технологические компоненты цифровой железной дороги, показана роль информационного пространства в развитии цифровой железной дороги.

Ключевые слова:

Транспорт, цифровые технологии, цифровая трансформация, цифровая железная дорога, сложные системы, цифровое управление.

INFORMATION SPACE OF THE DIGITAL RAILWAY

Bolbakov R.G.

Ph.D.(Tech.), Assistant professor, Head of the Department, Russian Technologies University (RTU MIREA), E-mail: antaros05@yandex.ru, Moscow, Russia

Abstract

The article describes the results of the study of the information space used for the digital railway. The development of the digital railway serves as the basis for the formation of a multimodal transport system. The information space is an effective way to optimize communication and facilitate the smooth operation of individual operations in the transport system. The relationship between the digital railway and digital communication is revealed. The structure of the digital railway is described taking into account the information space. The relationship of the information space of the digital railway with the geoinformation space and the coordinate space is shown. The need to use geoinformatics in the information space of the digital railway is substantiated. The main technological components of the digital railway are described. The role of the information space in the development of the digital railway is shown.

Keywords:

Transport, digital technologies, digital transformation, digital railway, complex systems, digital control.

Введение

Цифровизация и инновационные технологии становятся важными инструментами в развитии транспортной системы. Они позволяют оптимизировать мощности, повысить производительность, улучшить качество, обеспечивая при этом гибкость всей системы. Цифровая трансформация процессов, внедрение новых технологий, современное управление транспортом основано на использовании информационных пространств [1]. Информационное пространство включает координатное пространство [2]. Информационное пространство также включает геоинформационное пространство [3]. В совокупности все пространства образуют киберпространство [4,5], которое применяют для управления.

Цифровые технологии перестраивают сферу транспорта и цифровая железная дорога (ЦЖД) является одним из следствий цифровой трансформации [6]. Как показывают исследования цифровая трансформация является синонимом цифровизации, которую в России трактуют двояко: как процесс дискретизации данных и как процесс использования информационно-цифровых технологий в промышленности и управлении. Цифровая трансформация связана с цифровой логистикой [7], цифровой коммуникацией [8], цифровым бизнесом [9], цифровым менеджментом [10]. Поэтому ЦЖД [11-13] есть комплексная система, включающая сложные технологические системы, сложные организационные системы, коммуникационные системы. С системных позиций ЦЖД есть сложная система систем, которая требует применения информационного пространства для управления.

Структура информационного пространства

Цифровая трансформация транспорта и автоматизация транспортной инфраструктуры проводятся по мере и необходимости. Речь идет не только об управлении, но и прежде всего об устойчивости всех транспортных процессов. Самый быстрый способ повысить эффективность работы транспортной системы заключается в рациональной автоматизации комплекса процессов с использованием цифровых технологий глобального и локального управления. Перенос процессов в информационное пространство решает глобальные и локальные задачи. Автоматизация процессов управления в информационном пространстве объединяет технологии локального и глобального управления в единую систему. Это ставит задачу исследования и разработки информационного пространства как средства поддержки управления транспортной системой.

Для решения подобной задачи целесообразно использовать системный подход. Он дает возможность рассматривать информационное пространство как сложную систему и применять к ней методы системного анализа. Как сложная система информационное пространство (ИП)

взаимодействует с другими системами и компонентами. В структуре ИП можно выделить системный уровень, технологический уровень и уровень компонент.

Системный уровень ИП включает распределенные системы, робототехнические системы, цифровые системы, сетевые системы и интегрированные системы, например, система интеллектуальной логистики [14]. Робототехнические системы все шире применяют на транспорте в сфере погрузочных работ, включая наземные и воздушные роботы (Рис.1). На рис.2 показана структура информационного пространства.



Рисунок 1. Воздушный робот-погрузчик



Рисунок 2. Структура информационного пространства

Распределенные системы используют в сфере управления потоками. Технологический уровень включает технологии Интернета вещей и технологии субсидиарных систем и моделей. Технологии Интернета вещей обеспечивают коммуникации и физически технологическую связь. Субсидиарные системы и модели обеспечивают адаптивность ИП и возможность его саморазвития. С системных позиций субсидиарные системы

и модели позволяют получать эффект эмерджентности от ИП.

Компонентный уровень является открытым, как и все ИП. Он включает: сетевые коммуникации; параллельные вычисления (как средство преодоления «больших данных»); интеллектуальный анализ (как средство преодоления сложности); сетевое управление (как средство устранения недостатков иерархического управления и возможности субординированного управления).

Компоненты ЦЖД

На рис. 3 приведена структурная схема ЦЖД

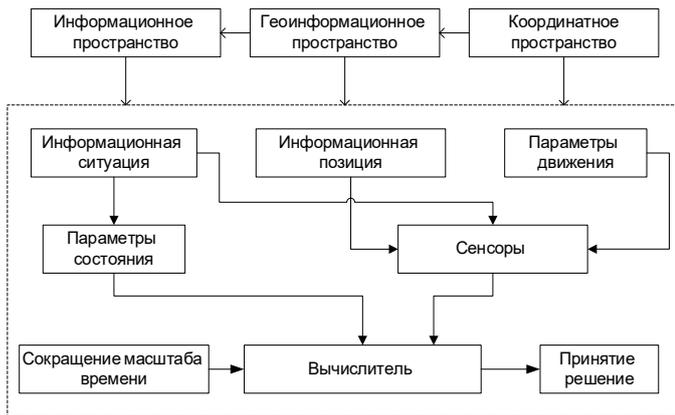


Рисунок 3. Структурная схема ЦЖД

Структурная схема ЦЖД вложена в интегрированное пространство, которое включает координатное пространство (привязка к реальному миру), геоинформационное пространство (координация объектов и управленческих действий) и информационное (описательное) пространство. Конкретный объект находится в информационной ситуации и имеет в ней определенную информационную позицию по отношению к другим подвижным и неподвижным объектам. Часть параметров передается напрямую, часть передается на сенсоры, где они дополнительно обрабатываются.

При этом следует заметить, что параметры формируют в виде фактофиксирующих моделей [15]. В современной ЦЖД в настоящее время действует негативный фактор сокращение масштаба времени принятия решений. Это означает сжатие времени на принятие решений. Этот фактор обусловлен повышением скоростных режимов и возрастанием объемов информации. Этот фактор требует принятия решений в более короткие сроки и при этом обрабатывать большие объемы информации, чем при обычном движении. Это означает отказ от старых методов и алгоритмов (медленных) управления. С учетом всех перечисленных факторов вычислитель ЦЖД должен сформировать решение надежное решение в короткие сроки.

Цифровая коммуникация [8] является обязательной для ЦЖД. Ее основой является цифровая связь, которая более помехоустойчива по сравнению с аналоговой связью.

Цифровая коммуникация (рис.4) создает возможности дополнительного наблюдения в дополнение к наблюдению в обычном транспорте.

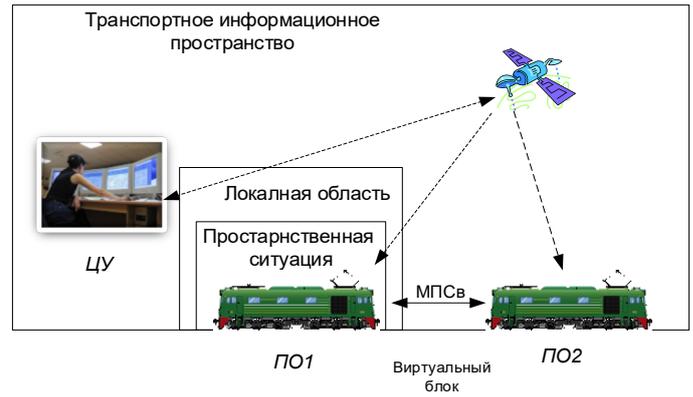


Рисунок 4. Цифровая коммуникация и цифровое наблюдение.

На рис. 4 показано цифровое наблюдение. Для реализации этой технологии вся трасса железной дороги должна быть оборудована станциями поддержки спутниковой навигации или радиорелейными станциями [16]. В такой технологии подвижный объект (ПО) всегда находится в зоне цифрового наблюдения. Цифровая коммуникация повышает информационную безопасность. Она обеспечивает снижение умышленных воздействий. Она проводит контроль действий человека и в случае необходимости либо прерывает его действия, либо посылает запрос в центр управления. Следует отметить, что ручное управление поездами становится менее эффективным в силу того, что человек при управлении осуществляет рецепцию [17,18] информации. Это когнитивный процесс, который тормозится не только требованиями малого времени, но и сложностью принимаемой визуальной информации. Для обеспечения цифровой коммуникации подвижные средства должны быть обеспечены приемниками GPS/ГЛОНАСС. Пути должны быть оборудованы сетью электронных меток. Для снижения информационных рисков и повышения кибербезопасности используют субординированные системы как средство активной борьбы с внешними угрозами.

ЦЖД использует новую цифровую технологию управления [19]. Развитием технологии ЦЖД создало возможность взаимодействия поездов методом виртуальных блоков (виртуальной сцепки) [20]. Метод не требует физического сцепления поездов, а реализует этот процесс в информационном пространстве (рис.4). В этой технологии поезда находятся в виртуальном пространстве, а физически удалены друг от друга на переменную дистанцию. Эта дистанция физически зависит от скорости и внешних условий, но в виртуальном пространстве она четко связывает разделенные поезда. Эта технология повышает пропускную способность и применима только в ЦЖД.

ЦЖД расположена в реальном пространстве, поэтому требует применения пространственной логики для анализа. ЦЖД требует использования

комплекса пространственных технологий: геомониторинга геоинформационного моделирования, дистанционного зондирования земли, космического мониторинга транспорта, экологического мониторинга, мониторинга путей. ЦЖД требует применения технологий комического наблюдения и комплексного пространственного мониторинга [21].

Объекты ЦЖД всегда находятся в ситуации (рис.4), в силу этого в ЦЖД необходимо проводить ситуационный анализ и ситуационное управление. Ситуационное управление включает два типа ситуаций: «скользящую» и стационарную. Ситуации управления скоростным транспортом исключают принятия оперативных действий человека. Управление ЦЖД в условиях повышенной сложности требует применения искусственного интеллекта или интеллектуальных транспортных систем.

Взаимодействие человека с ЦЖД повсеместно присутствует в современном управлении. Оно осуществляется за счет переноса общения в информационное пространство и подключения методов искусственного интеллекта к управлению.

Железнодорожная отрасль приняла цифровизацию и взаимосвязанность, внедрив информационно-коммуникационные технологии в традиционную операционную технологическую инфраструктуру. Эта конвергенция принесла многочисленные преимущества, включая улучшенную видимость, надежность, эксплуатационную эффективность и лучший опыт пассажиров. Но она также внесла новые киберриски [22] и усилила существующие в цифровых железных дорогах и всей цепочке поставок.

Информационное пространство ЦЖД повышает безопасность движения. Это вытекает из того, что оно повышает осведомленности об инцидентах, которые можно рассматривать как события в сложной системе обработки событий в информационном пространстве. Главной особенностью такой возможности является метод обнаружения аномалий в сети, использующий связь локальных и глобальных событий в информационном пространстве.

Влияние на нормальную работу и соответствующие решения безопасности обеспечивает таксономия безопасности, которая формируется в информационном пространстве в разных масштабах.

Технологически эта реализация использует метамоделирование или гармонический анализ телекоммуникационного трафика и принятие решений при известных инцидентах об аномалиях в ЦЖД. Это соответствует основным требованиям к услугам цифровой железнодорожной сети нового класса, таким как большие объемы трафика данных и осведомленность о ситуации в реальном времени.

Заключение

Цифровые технологии вообще и ЦЖД в частности предоставляют железнодорожному сектору возможность достичь социальной, экономической и экологической устойчивости при правильном внедрении. Однако раскрытие полного потенциала цифровых технологий требует учета многих факторов. Отметим три важные особенности. Информационное пространство дает возможность связывать глобальное и локальное управление, связывать локальные и глобальные события. Оно дает возможность накапливать опыт и повышать надежность эксплуатации транспортных систем.

В некоторых публикациях о ЦЖД эту систему называют моделью. ЦЖД не модель, а сложная система систем. Управление системой ЦЖД также может быть рассмотрено как сложная управленческая система. Еще одной массовой ошибкой в описании ЦЖД является то, что в ней не уделяют внимание специальной организации данных для ЦЖД как для системы. Напомним, что по стандартам ISO/IEC 9126-1:2001 и ГОСТ 28195-89 организация данных в информационных и сложных системах связана с организацией сразу трех компонентов: данных, программного обеспечения и технологий обработки. Только такое оптимальное объединение обеспечивает качество информационной или сложной системы. Третья особенность в том, что применительно к российским ЖД в рамках глобального управления упускают необходимость координатных преобразований. Для стран типа UK эта проблема не существует в силу небольших размеров. Для стран большой площади и несколькими зонами координатные преобразования необходимы при переходе из одной зоны в другую.

Физические активы в системе ЦЖД связаны с цифровыми активами, максимально используя данные и моделирование. Трансформационное лидерство, основанное на системной инженерии, будет необходимо для реализации процесса изменений, необходимого для инноваций на протяжении всего жизненного цикла цифровой железной дороги. Каждый из этих элементов цифровой железной дороги – технология, данные, моделирование, трансформационное лидерство и системная инженерия – представляет собой проблемы, которые необходимо преодолеть. По существу ЦЖД реализуют концепцию интеллектуальных транспортных систем. Они более адаптивные, чем нецифровые дороги, и более ресурсные.

Информационное пространство в сочетании с цифровизацией становятся незаменимыми инструментами для ожидаемой и желаемой трансформации транспортной системы. Они позволяют оптимизировать мощности, повысить производительность, улучшить качество, обеспечивая при этом гибкость всей цепочки перевозки грузов и пассажиров. Информационное пространство цифровой железной дороги формирует основу для устойчивой

цифровой железной дороги, чтобы удовлетворить растущие потребности общества.

Список литературы

1. Ознамец В.В. Информационное управляющее транспортное пространство // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – С.43-50.
2. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.62-68.
3. Бучкин В.А. Геоинформационное пространство в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 2(14). – С.34-44.
4. Цветков В.Я. Киберпространство транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т. 7. №2 (25). – С.30-34.
5. Нестеров Е. А., Цветков В. Я. Транспортная кибербезопасность // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 103-109.
6. Тягунов А.М. Цифровая трансформация в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №2 (18). – С.13-21.
7. Borisova V. V., Tasueva T. S., Rakhimova B. K. State support for digital logistics //Institute of Scientific Communications Conference. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – С. 631-638.
8. Sneps-Snepp M. et al. Digital Railway and the transition from the GSM-R network to the LTE-R and 5G-R-whether it takes place? //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – V. 5. – №. 1. – p. 71-80.
9. Brousseau E., Pénard T. The economics of digital business models: A framework for analyzing the economics of platforms //Review of network Economics. – 2007. – V. 6. – №. 2. – p.81-114
10. Цветков В.Я. Электронный менеджмент в отраслях//E-Management. 2023. Т. 6, № 4. С. 14–21
11. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.69-79.
12. Tsvetkov V. Ya., Shaytura S.V., Ordov K.V. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
13. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – №3 (76). – С. 50-61.
14. Булгаков С.В. Интеллектуализация логистики // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т.8. №2(30). – С.23-26.
15. Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №9-3. – С.487.
16. Ознамец В.В. Интервальное управление в радиорелейном информационном пространстве // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т.8. №1 (29). – С.27-31.
17. Цветков В.Я. Рецепция информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – 1 (13). – С.121-129.
18. Джорова С.М. Рецепция, перцепция и апперцепция при интерактивной обработке в геоинформационных системах // Славянский форум. 2022, 4(38). С.25-33.
19. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – С.11-24.
20. Оленцевич В. А., Упырь Р. Ю., Антипина А. А. Эффективность внедрения интервального регулирования движения поездов по системе «виртуальная сцепка» на участке //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – №. 2 (66). – С. 182-189.
21. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.14-21.
22. Нестеров Е.А., Цветков В.Я. Информационные коммуникационные риски цифрового развития // Транспортное право и безопасность. 2023. № 2 (46). С. 58-65.

КОНТАКТЫ

Редакция

+7 (916) 433-60-72
journal@vniias.ru

Контакты

АО «НИИАС» Россия, Москва, 109029,
Нижегородская ул., д. 27, стр.1

+7 (495) 967-77-06
info@vniias.ru



НИИАС