

Стратегия развития железных дорог

Розенберг И.Н., Цветков В.Я.
«Человеко-машинные системы
в транспортной сфере»

Интеллектуальные системы
и технологии на транспорте

Розенберг Е.Н., Озеров А.В., Бересток Н.О.
«Центры управления перевозками:
эволюция и целевое состояние»

Андреева О.А.
«Интервальная обработка информации
при управлении транспортом»

Геоинформационные технологии и
системы на транспорте

Ознамец В.В.
«Влияние цифровой трансформации
на геодезическое
обеспечение транспорта»

Булгаков С.В.
«Геоинформатика транспорта в
условиях цифровой трансформации»

Цифровые методы
на железнодорожном транспорте

Соколов С.В., Охотников А.Л.,
Соколова О.И.
«Синтез цифро-аналоговых
преобразователей для перспективных
бортовых вычислителей локомотивов
на основе оптических технологий»

Леонтьев Б.П.
«Шаблоны проектирования
операций импорта для подсистемы
обеспечения технологических
процессов справочными данными»

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



3 стр.

Стратегия развития железных дорог

«Человеко-машинные системы
в транспортной сфере»
Розенберг И.Н., Цветков В.Я.

9 стр.

**Интеллектуальные системы
и технологии на транспорте**

«Центры управления перевозками: эволюция и целевое состояние»
Розенберг Е.Н., Озеров А.В.,
Бересток Н.О.

15 стр.

**Интеллектуальные системы
и технологии на транспорте**

«Интервальная обработка информации
при управлении транспортом»
Андреева О.А.

21 стр.

**Геоинформационные технологии
и системы на транспорте**

«Влияние цифровой трансформации
на геодезическое обеспечение
транспорта»
Ознамец В.В.

28 стр.

**Геоинформационные технологии
и системы на транспорте**

«Геоинформатика транспорта в условиях цифровой трансформации»
Булгаков С.В.

38 стр.

**Цифровые методы на
железнодорожном транспорте**

«Синтез цифро-аналоговых преобразователей для перспективных бортовых вычислителей локомотивов на основе оптических технологий»
Соколов С.В., Охотников А.Л.,
Соколова О.И.

42 стр.

**Цифровые методы на
железнодорожном транспорте**

«Шаблоны проектирования операций импорта для подсистемы обеспечения технологических процессов справочными данными»
Леонтьев Б. П.

3

УДК: 004.9

Стратегия развития железных дорог

Человеко-машинные системы в транспортной сфере

Human-machine systems in the transport sector

Розенберг И.Н. д.т.н., профессор, Научный руководитель, АО «НИИАС», E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия

Цветков В.Я. д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, АО «НИИАС», E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия

Rosenberg I.N D.ofSci.(Tech), Professor, Scientific director, JSC «NIIAS», E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia

Tsvetkov V.Ya. D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC «NIIAS», E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье описывается применение человеко-машинных систем в сфере транспорта. Вводится ряд новых понятий: транспортные человеко-машинные системы, информационные человеко-машинные системы, статическая и динамическая информация человеко-машинной системы. Показано, что информационная человеко-машинная система является более адаптивной по сравнению с алгоритмической системой и позволяет решать большее число задач. Показано существенное отличие человеко-машинной системы от других систем, которое состоит в наличии и использовании человеческих ресурсов. Статья показывает значение информационных взаимодействий для деятельности человеко-машинных систем. Описаны два основных взаимодействия - технологическое и информационное. Описаны принципы информационных взаимодействий в человеко-машинной системе, показано, что человеко-машинная система является самоорганизующейся.

Ключевые слова: транспорт, человеко-машинная система, информационное взаимодействие, технологическое взаимодействие, информационные ситуации, человеческие ресурсы.

Annotation. The article describes the application of man-machine systems in the field of transport. The article introduces a number of new concepts: transport man-machine systems, information man-machine systems, static and dynamic information of a man-machine system. It is shown, that the information man-machine system is more adaptive in comparison with the algorithmic system and allows solving a larger number of problems. The essential difference of the human-machine system from other systems is shown, which consists in the availability and use of human resources. The article shows the importance of information interactions for the activity of human-machine systems. Two main interactions, technological and informational, are described. The article describes the principles of information interactions in a human-machine system. The article shows that the human-machine system is self-organizing.

Keywords: transport, human-machine system, information interaction, technological interaction, information situations, human resources.

4

Введение

Первоначально термином «человеко-машинная система» обозначали систему «человек-техника» [1]. С появлением ЭВМ — это понятие расширили на систему «человек-ЭВМ» [2]. В настоящее время к этим системам можно отнести некоторые виды робототехнических систем, а также систем управления. Современные человеко-машинные системы широко применяют информацию, информационные модели и информационные технологии. Понятием человеко-машинная система (ЧМС) в настоящее время обозначают разнообразные системы, в которых взаимодействует человеческий интеллект и техническая или информационная система. Взаимодействие «человек – система» является главным фактором, определяющим эффективность ЧМС. Человеко-машинная система включает три компонента: человека (группу людей), машину или систему, связывающую среду или интерфейс. Факторы окружающей среды по-разному влияют на эти компоненты. Это различие влияний должно быть учтено и сбалансировано. С разных позиций ЧМС сравнивают с разными системами. С позиции организации ЧМС сравнивают со сложной организационно-технической системой (СОТС) [3]. С позиции информационных потоков ЧМС сравнивают с гетерогенной сетью. Человек и система имеют разную пропускную способность. ЧМС имеет разные входы и выходы, которые должны быть сбалансированы. Это одна из главных задач оптимизации ЧМС. С позиции контроля ЧМС сравнивают с системой геотехнического мониторинга. Человеко-машинные системы широко применяют в сфере транспорта. В сфере транспорта ЧМС включает разные системы: водитель – автотранспортное средство; машинист – поезд; диспетчер – машинист – поезд; диспетчер – автоматизированное рабочее место (АРМ); проектировщик – САПР; диспетчер – база

данных прецедентов; измеритель – информационно – измерительная система; оператор переезда – шлагбаум и другие. ЧМС могут быть трехзвенными (диспетчер – машинист – поезд) и двухзвенными (водитель – автотранспортное средство).

Обобщенная схема ЧМС транспортного средства.

ЧМС управления транспортным средством является частым видом man-machine system (MMS) [4]. Обобщенная ЧМС управления транспортным средством приведена на рис.1.

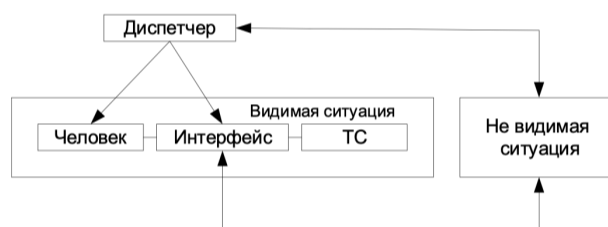


Рисунок 1. Обобщенная схема управления транспортным средством

На рис.1 ЧМС представлена тремя компонентами: человек – интерфейс – транспортное средство (ТС). Эта ЧМС дает основание человеку управлять транспортным средством. В современных ТС существует возможность геотехнического мониторинга [5] невидимой зоны или не видимой ситуации [6]. Эта возможность реализуется через интерфейс. Значение интерфейса (Human-Machine Interface) при управлении транспортным средством велико и этому вопросу посвящено много публикаций [7]. Схема ЧМС управления транспортным средством будет неполной, если в нее не включить условного диспетчера или ситуационный центр, который контролирует движение и осуществляет общее управление. Диспетчер контролирует состояние технического средства, состояние машиниста и соответствие движения графику. Благодаря системам тран-

спортного мониторинга диспетчер имеет возможность контролировать невидимую зону движения. Совокупность этих параметров можно обозначить как ситуация движения. Эта ситуация движения трансформируется в информационную ситуацию, которая является информационной моделью применяется при компьютерном анализе и обработке. Машинист осуществляет операционные действия. В большой степени влияние диспетчера является индикационным. Это дает основание применять методы интер-вальной математики [8] для анализа видимой и невидимой ситуации. В целом анализ схемы на рис.1 говорит о том, что современные человеко-машинные системы на транспорте нельзя сводить к простым схемам. Современная ЧМС на транспорте относится к классу сложных систем и включает несколько систем.

Виды ЧМС на транспорте.

Главной задачей ЧМС в транспортной сфере является управление транспортными средствами. Это выделяет вид ЧМС «управление транспортными объектами». Виды ЧМС на транспорте приведены на рис.2



Рисунок 2. Основные виды ЧМС в транспортной сфере

5

Управление отдельно взятым транспортным средством является операционным. Общее управление осуществляет диспетчерский центр, который также является видом ЧМС. Диспетчерское управление - это управление потоками. Транспорт осуществляет и сервисные функции для пассажиров. Продажа билетов и справочно-информационное обслуживание реализуются через ЧМС электронных услуг.

В транспортной отрасли осуществляется систематическая и регулярная переподготовка специалистов. Человеко-машинные системы широко применяют в обучении и подготовке. Это задает вид человеко-машинных систем, связанных с обучением и переподготовкой специалистов транспортной сферы [9]. Особенностью этого вида ЧМС является широкое применение виртуальных моделей и виртуального моделирования [10].

Состояние пути и объекты на трассе контролируют с помощью специальных служб, которые осуществляют геотехнический мониторинг. Железная дорога есть геотехническая система и ее мониторинг является геотехническим. Это определяет вид ЧМС геотехнического мониторинга. В современных условиях на машиниста выпадает большая нагрузка. От его состояния зависит безопасность движения и правильность решений по вождению транспортным средством. Поэтому в современном транспорте вводят системы биотехнического мониторинга [11] состояния машинистов, диспетчеров воздушных линий и пилотов. Это определяет вид

ЧМС как эргатическая система.

ЧМС использует взаимодействие человека и техники, и, следовательно, относится к классу эргатических систем [12, 13]. Для эргатических систем важно технологическое и информационное взаимодействие «человек-

система». В транспортных ЧМС существуют разные виды взаимодействий: когнитивное, технологическое, информационное [14]. Когнитивное взаимодействие [15] – слабо предсказуемое и определяется накопленным опытом и прецедентами функционирования системы. Технологическое взаимодействие строится на нормативах и правилах. Информационное взаимодействие строится на информационных описаниях ситуации и системы. Структура транспортной человеко-машинной системы изображена на рис.3.



Рисунок 3. ЧМС как эргатическая система

Основное назначение транспортной человеко-машинной системы управление реальным объектом в реальной ситуации. Поэтому на первом этапе функционирования ЧМС как эргатической системы осуществляют сбор информации об объекте в реальной ситуации. На основе сбора информации формируют модель информационной ситуации. Модель информационной ситуации включает транспортный объект или объекты и саму ситуацию как часть внешней среды. Информационная ситуация является селективной моделью. Она исключает информацию, бесполезную для управления.

В последующем на основе модели информационной ситуации формируют управленческие модели с помощью имеющихся ресурсов ЧМС. Для этого используют человеческие ресурсы, методы, технологии, алгоритмы или

правила. Использование человеческих ресурсов является качественным отличием эргатических систем от других систем.

В эргатических системах важным является технологическое и информационное взаимодействие. Обеспечение информационного взаимодействия происходит за счет использования интерфейса пользователя. Обеспечение технологического взаимодействия происходит за счет использования специального транспортного интерфейса. Совместное обеспечение информационного и технологического взаимодействия происходит за счет использования специального мониторинга или геотехнического мониторинга.

Обработка информации в транспортной ЧМС поддерживается с помощью визуальной модели. В настоящее время в качестве таковых применяют виртуальные модели [10] и модели смешанной реальности [16]. Особенностью транспортной человеко-машинной системы является использование пространственной информации. Часто в качестве системы поддержки выступает ГИС или другие методы геоинформатики. В силу этого в схеме на рис.1 существует информационное преобразование «объект, ситуация - модель».

Особенность использования пространственной информации состоит в ее специальной подготовке для анализа и принятия решений. Подготовка пространственной информации включает три этапа. На первом этапе разнообразные данные преобразуют в геоданные [17]. На втором этапе создают общую интегрированную информационную основу ГИС [18]. На третьем этапе, при постановке конкретной задачи на основе интегрированной информационной основы создают конкретную информационную модель ГИС [19]. Информационная ситуация (рис.1) описывает объект во внешней среде. При этом сбор информации является не произвольным, а целенаправленным.

6

Пользователь на основе поставленной задачи формирует модель данных сбора информации. Эта модель может быть рассмотрена как преобразование формальных условий задачи в фактические условия реальности или собираемые данные. Критерием правильности сбора является информационное соответствие между формальными и фактическими условиями. Этот процесс можно рассматривать как инфологическое моделирование. Если информационное соответствие не достигнуто, то пользователь повторно собирает информацию и формирует новую модель данных. Эта процедура может быть рассмотрена как инкрементное моделирование.

Инкрементное моделирование состоит в формировании информационной модели и информационной ситуации адекватно условиям задачи и обеспечении информационного соответствия между формальными и фактическими условиями задачи.

При создании транспортной человеко-машинной системы как эргатической системы, человеческий фактор, требует организации эргономического обеспечения. Основной задачей эргономического обеспечения является оптимизация взаимодействия между человеком и системой. Это определяет требования при построении интерфейса пользователя.

Информационное взаимодействие в ЧМС.

Информационное взаимодействие в ЧМС дополняет технологическое взаимодействие и предшествует ему. Инкрементное моделирование на этапе сбора можно рассматривать как этап информационного взаимодействия. Информационное взаимодействие использует информационные стандарты и протоколы передачи информации. Протоколы передачи информации [20] обеспечивают достоверность передачи информации между средой и человеком

и человеком и транспортным средством. Протокол - это правило, определяющее условия корректного информационного взаимодействия. Логическое описание информационного взаимодействия (II) в ЧМС имеет вид:

$$II(dIS, dOS) \rightarrow A(OS) \vee A(IS) \quad (1)$$

В выражении (1) OS - состояния объекта; IS - информационная ситуация; dOS - изменение состояния объекта; dIS - изменение информационной ситуации; A(IS) - воздействие на информационную ситуацию; воздействие на состояние объекта A(OS). Выражение (1) означает, что информационное взаимодействие влечет воздействие на информационную ситуацию или воздействие на состояние объекта в ситуации. Информационное взаимодействие является циклическим. Цикл взаимодействия определяется размером звена.

При организации информационного взаимодействия в ЧМС используют две основные категории информации: статическая и динамическая. Статическая информация является условно неизменной. Например, система координат, карта, норматив и т.д. Динамическая информация характеризует изменения. Она связана со временем или с определенным интервалом времени. Динамическая информация часто описывает динамику ситуации или перемещение транспортного объекта. Она может быть описана функцией некоторых временных параметров. Динамическая информация отображает перемещение объекта на фоне или изменение ситуации, в которой находится объект. Динамическая информация также может отображать изменение состояния объекта.

Наличие динамической информации, характерной для транспортной сферы, приводит к понятию динамической информационной ситуации. В транспортной сфере ЧМС работает в основном с динамическими

информационными ситуациями, поскольку большинство объектов является подвижными. Существуют принципы организации информационного взаимодействия в ЧМС:

Принцип минимизации затрат. Он заключается в минимизации затрат и ресурсов со стороны пользователя. Пользователь (машинист, диспетчер) должен выполнять работу, которая необходима. Не должно быть повторений уже сделанной работы.

Принцип максимального информационного соответствия. Информационное взаимодействие ЧМС должно соответствовать поставленной задаче. Содержательно информационное взаимодействие должно переносить необходимые управляющие воздействия и не переносить избыточной повторяющейся информации. Информационная управляющая модель не должна требовать дополнительной интерпретации.

Принцип минимума времени взаимодействия. В процессе информационного взаимодействия должно быть использовано минимальное количество операций, или операций, требующих минимального времени.

Принцип когнитивного соответствия. Пользователь ЧМС должен обладать квалификацией и интеллектом для принятия решений и выполнения адекватных действий. Когнитивное соответствие означает соответствующий уровень интеллекта человека для восприятия ситуации и выполнения необходимых действий.

Ресурсы ЧМС.

Всякая система располагает ресурсами. Ресурсы необходимы для ликвидации непредвиденных ситуаций или изменения условий действия. Человеко-машинная система также должна иметь ресурсы. Ресурсы определяются компонентами ЧМС. Основные ресурсы - это человеческие ресурсы [21], технические ресурсы, технологические ресурсы. В более широком рассмотрении ресурсами

7

ЧМС являются: человеческие ресурсы, информационные ресурсы, методы, технологии, алгоритмы, правила, нормативы, протоколы, стандарты, инструкции. Ресурсы ЧМС являются комплементарными [22] и дополняют друг друга. Включение человеческих ресурсов в состав ресурсов ЧМС является качественным отличием эргатических систем и ЧМС от технических и технологических систем. В первых технических и вычислительных ЧМС употребляли термин «оператор», рассматривая его как звено следящей системы или системы управления. В настоящее время вместо этого термина применяют термин «пользователь предметной области» (машинист поезда, диспетчер). Термин «пользователь» является обобщением, поскольку одна и та же ЧМС может быть использована в разных областях. Например, ГИС применяют в геоинформатике, кадастре, транспорте, медицине, экологии и других областях. В современных ЧМС велика роль информационной составляющей. Поэтому ресурсом ЧМС являются информационные модели. В ГИС, рассматриваемой как ЧМС основой взаимодействия является и ресурсом также является информационная модель. Современную человеко-машинную систему следует рассматривать как сложную систему, которая содержит организационный комплекс. Поэтому в число ресурсов ЧМС следует включать организационные ресурсы.

Человеческие ресурсы влияют на эффективность ЧМС. Опыт машиниста и когнитивный фактор (условия работы), его ментальное состояние влияют на результат работы ЧМС. Факторы состояния человека: внимательность, оперативность мышления, концентрация внимания, усталость, слабость, плохое самочувствие – влияют на результат работы ЧМС.

Из этого следует, что для поддержания ресурсов ЧМС на высоком уровне и, в частности, человеческих ресурсов специалисты транспорта должны проходить регулярную перепод-

готовку для повышения уровня компетентности. Для обладания внимательностью, оперативностью мышления, концентрации специалисты транспорта должны проходить регулярную проверку здоровья и регулярно отдыхать для восстановления нервной энергии.

К числу специальных ресурсов ЧМС относят информационные ресурсы и информационные модели. В частности, информационная модель может описывать саму ЧМС, объект управления, процессы взаимодействия.

Информационная модель ЧМС может быть представлена в виде двух вариантов: высоко формализованной и неполной и слабо формализованной, но полной. В первом случае модель включает часть четких параметров. Во втором случае она включает все параметры, но часть из них являются либо интервальными, либо нечеткими.

Заключение

Современная ЧМС на транспорте относится к классу сложных систем и включает несколько видов. Основной задачей ЧМС на транспорте является управление транспортными средствами, причем не одним, а несколькими. ЧМС может быть описана двумя разными в аспекте формализации моделями: формализованной, не учитывающей человеческий фактор, и слабо формализованной, учитывающей человеческий фактор. Обе модели дополняют друг друга. Наличие и использование человеческих ресурсов в ЧМС является ее отличием от других сложных систем. Это ставит ряд дополнительных задач по балансу взаимодействий «человек система». На транспорте применяют разные виды ЧМС, среди которых можно выделить информационные ЧМС. Информационные ЧМС, такие как ГИС, выполняют функции поддержки управления транспортными объектами. Рост и значение информационных

ресурсов и технологий приводит к тому, что в современных ЧМС информационная модель служит основой информационного взаимодействия [23]. В человеко-машинных системах, в отличие от систем компьютерной обработки информации, информационное взаимодействие в сочетании с технологическим взаимодействием обеспечивает результат работы системы. В вычислительных системах алгоритмическая обработка информации без участия человека обеспечивает результат работы системы. Такая обработка является быстрой, но «жесткой», так как исходная информация должна быть «жестко» подогнана под требования алгоритма. Информационное взаимодействие в ЧМС обеспечивает гибкость обработки и адаптацию к разнообразным задачам.

Информационное взаимодействие в ЧМС создает адаптивность обработки и позволяет при наличии ошибок измерений исправлять их в процессе обработки. Это свойство широко применяют в ГИС, что создает ее преимущество перед рядом информационных систем. Набор допустимых первичных информационных моделей данных и условий задач более широкий в ЧМС, чем в алгоритмических системах. Адаптивность в человеко-машинных системах в общем снижает быстродействие ЧМС. Однако она повышает надежность результата обработки информации и расширяет число допустимых задач. Информационное взаимодействие в ЧМС позволяет накапливать опыт как человеческий ресурс и повышать ресурсный потенциал ЧМС. Таким образом, ЧМС можно рассматривать как самоорганизующуюся систему. Информационные ЧМС имеют более широкие возможности по решению задач и устранению ошибок в сравнении с алгоритмическими ИС. Информационное взаимодействие более сложно по технологии, но создает больше возможностей и повышает надежность результатов обработки.

8

Список литературы

1. Буков В. Н. Оптимизация человеко-машинных систем на основе прогнозирования функционального состояния оператора// Автоматика и телемеханика. – 1995. – № 12. – С. 124-137.
2. Омельченко А. С. ГИС как человеко-машинная система и семь принципов академика Глушкова//Геодезия и аэрофотосъемка. 2006.- №3 - С.127-133.
3. Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами./под ред. В.И. Якунина - М.: Феория, 2010. – 248 с.
4. Gu Y. et al. WiONE: One-Shot Learning for Environment-Robust Device-Free User Authentication via Commodity Wi-Fi in Man-Machine System//IEEE Transactions on Computational Social Systems. – 2021. – Т. 8. – № 3. – С. 630-642.
5. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг//Науки о Земле. - 2012. - №4. - С.054-058.
6. Андреева О.А. Беспилотное субсидиарное управление//Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 3(15). – С.44-52.
7. Enjalbert S. et al. Human-Machine Interface in Transport Systems: An Industrial Overview for More Extended Rail Applications// Machines. – 2021. – Т. 9. – № 2. – С. 36.
8. Левин В. И. Интервальная математика и приближенные вычисления//IT-Технологии: развитие и приложения. – 2018. – С.305-312.
9. Розенберг И.Н. Построение автоматизированной системы дистанционного обучения для специалистов//Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. - №2. – С.4-8.
10. Tsvetkov V. Ya. Virtual Modeling//European Journal of Technology and Design, 2016, 1(11), pp. 35-44.
11. Преображенский Ю. С. и др. Устройство для контроля психофизиологического состояния машиниста. – Авторское свидетельство SU 1421304, год публикации 1988, дата регистрации 19.12. 1986.
12. Зараковский Г. М., Павлов В. В. Закономерности функционирования эргатических систем. – Радио и связь, 1987.
13. Павлов А.И. Эргатические системы//Славянский форум. -2019. – 1(23). - С.153-159.
14. Бахарева Н.А. Информационное взаимодействие в автоматизированных системах мониторинга и кадастра//Славянский форум. - 2012. – 1(1). - С.58-62.
15. Tsvetkov V. Ya. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information//European Journal of Technology and Design. - 2015, 4 (10), С.149-158.
16. Болбаков Р.Г., Мордвинов В.А., Сеницын А.В. Смешанная реальность как образовательный ресурс//Образовательные ресурсы и технологии. – 2020. – № 4 (33). – С. 7-16.
17. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс//Качество, инновации, образование. - 2006. - №1. - С.12- 14.
18. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС//Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №4. - С.150-154.
19. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС//Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. -2005. - №2. - С.118-122.
20. Жарлыкасова А. Н., Муслимова А. З. Сравнительный анализ протоколов передачи данных и преимущества протокола MQTT //Тенденции развития современного естествознания и технических наук. – 2017. – С.75-78.
21. Cooke F. L., Schuler R., Varma A. Human resource management research and practice in Asia: Past, present and future//Human Resource Management Review. – 2020. – Т. 30. – № 4. – С. 100778.
22. Цветков В.Я. Комплементарные отношени//Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. -2019. – 2(75). - С.101-114.
23. Матчин В.Т. Информационная модель в человеко-машинной системе//Перспективы науки и образования- 2014. - №6 (12). – С.14-18.

9

УДК: 001.895; 629.066; 656.029; 656.3

Интеллектуальные системы и технологии
на транспорте

Центры управления перевозками: Эволюция и целевое состояние

Operations control centres: Evolution and expectations

Розенберг Е.Н., Д.т.н., профессор, Первый заместитель Генерального директора АО «НИИАС», E-mail: Info@vniias.ru, Москва, Россия

Озеров А.В., Начальник Международного управления, АО «НИИАС», E-mail: A.Ozerov@vniias.ru, Москва, Россия

Бересток Н.О., Главный технолог Центра, АО «НИИАС», E-mail: N.Berestok@vniias.ru, Москва, Россия

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

Ozerov A.V. Head of International Department, JSC «NIIAS», E-mail: A.Ozerov@vniias.ru, Moscow, Russia

Berestok N.O. Senior process engineer of the Centre, JSC «NIIAS», E-mail: N.Berestok@vniias.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье описаны этапы эволюции центров управления железнодорожными перевозками, целевое состояние их развития и вызовы в условиях цифровой трансформации железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, центр управления перевозками (ЦУП), автоматическая установка маршрута (АУМ), система управления (ERTMS), стандарт железнодорожной радиосвязи (FRMCS), адаптивное планирование, предиктивная аналитика, Data science, Big data.



Annotation. This paper addresses the railway operations control centres (OCC) key functional coverage, general design and construction principles, evolution and life cycle stages, as well as the future development and challenges in the context of the digital transformation of railway transport.

Keywords: railway transport, Operations Control Centres (OCC), Centralized Traffic Control (CTC), automatic route setting (ARS), Railway Traffic Management System (ERTMS), Railway Mobile Communications Systems (FRMCS), adaptive planning, predictive analytics, Data science, Big data.



10

Введение

Центр управления перевозками (ЦУП) – это технологический комплекс, призванный обеспечить оперативное управление процессом перевозок и работой железнодорожной инфраструктуры. Основные задачи ЦУП – организация и контроль перевозочного процесса, обеспечение следования пассажирских и грузовых поездов, технического обслуживания железнодорожной инфраструктуры и проведения плановых работ по её ремонту, управление парками подвижного состава, взаимодействие с аналогичными центрами управления (или структурами, выполняющими их функции) других железных дорог, а также со службами экстренного реагирования и другими государственными органами. В зависимости от структуры управления перевозками на железных дорогах той или иной страны, выделяют сетевой (национальный) диспетчерский центр управления и дорожный (региональный) ЦУП.

Современная концепция ЦУП сложилась в конце 1990-х – начале 2000-х годов в связи с масштабным переводом железнодорожных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (электрической централизации (ЭЦ), автоблокировки (АБ), диспетчерской централизации (ДЦ), теледиагностики и мониторинга (СТДМ) и др.) на микропроцессорную технику, массовым внедрением автоматизированных рабочих мест (АРМ) на базе высокопроизводительных персональных компьютеров и строительством сетей передачи данных с высокой пропускной способностью на основе волоконно-оптических линий. Последнее обеспечило принципиально иной уровень автоматизации сбора и передачи информации и, как следствие, позволило добиться значительно большей централизации диспетчерского контроля и управления с концентрацией оперативного диспетчерского персонала в дорожных

(региональных) центрах, объединяющих диспетчерские участки в рамках одной или нескольких дорог.

Очевидно, что уровень технологической зрелости современных диспетчерских центров в значительной степени определяется уровнем технической оснащённости железных дорог. Вместе с тем, справедливо и то, что ЦУП во многом является «витриной» железнодорожной компании, демонстрирующей уровень ее технологического развития, и это в свою очередь может также стимулировать техническое перевооружение железных дорог в целом. В современном представлении железнодорожный ЦУП – это, как правило, просторный и хорошо освещенный диспетчерский зал с рядами автоматизированных рабочих мест диспетчеров, расположенных амфитеатром или горизонтально и ориентированных относительно большой «видеостены» – табло коллективного пользования (ТКП), на котором выводится большой объем оперативной информации о перевозочном процессе, наложенной на схему сети или отдельной железной дороги. Каждое рабочее место оснащено современным персональным компьютером с рядом мониторов, телефонными аппаратами или универсальным сенсорным пультом диспетчера и имеет эргономичный дизайн. Как правило, ЦУП занимает отдельное здание, а в главном диспетчерском зале размещается единая диспетчерская смена, которая осуществляет управление движением поездов 24 часа 7 дней в неделю 365 дней в году.

Для иллюстрации представлены фотографии – Рис. 1,2,3 – главных диспетчерских залов Центров управления железных дорог, расположенных на разных континентах: ЦУП американской железнодорожной компании BNSF в г. Форт-Уэрт, штат Техас (размеры центра сопоставимы с размерами футбольного поля), ЦУП

австралийской компании Sydney Trains в южной части Сиднея, ЦУП ОАО «РЖД» Южно-Уральской железной дороги в г. Челябинск.

Эволюция центров управления перевозками

Если воспользоваться терминологией, предложенной в статье Йозефа Доппельбауэра [1], то с учетом современного уровня технологической зрелости железных дорог и предлагаемых задач цифровизации целевое состояние развития центров управления перевозками на среднесрочную перспективу можно определить – как ЦУП 4.0. В настоящее время разные страны находятся на разных этапах развития диспетчерских центров управления – от ЦУП 1.0 до ЦУП 3.0. Зачастую данные модели развития сосуществуют в рамках одной и той же сети железных дорог ввиду неравномерности реализуемых программ модернизации и технического перевооружения и будут сосуществовать в течение еще многих лет в силу экономических причин. Вместе с тем, быстрое устаревание программного и аппаратного обеспечения, появление новых цифровых технологий и технических решений в области автоматизации производственных процессов вынуждают ведущие железнодорожные компании регулярно проводить модернизацию и техническое перевооружение своей инфраструктуры и диспетчерских центров управления в направлении нового целевого состояния.

11



Рисунок 1. ЦУП американской компании BNSF



Рисунок 2. ЦУП австралийской компании Sydney Trains

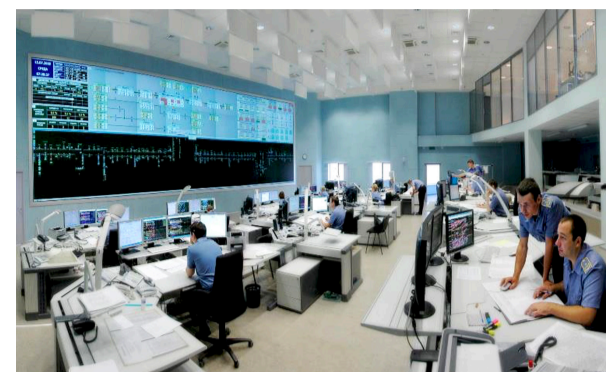


Рисунок 3. ЦУП ОАО «РЖД» в Челябинске

Диспетчерское управление движением поездов возникло в начале 20 века и было обусловлено задачей повышения безопасности движением поездов в условиях отсутствия развитых технических средств контроля. Его появлению в немалой степени способствовало изобретение телеграфа и телефона.

Диспетчерский центр первого поколения (ЦУП 1.0) представлял собой индивидуальное помещение поездного диспетчера, в котором располагался рабочий стол с отрисованным графиком движения поездов, служебный телефон и переговорное устройство селекторной связи. Протяженность диспетчерского участка под управлением одного диспетчера составляла от 30 до 50 км.

Развитие средств связи и компьютерной техники в 60–70 годах 20 века во многом изменило систему диспетчерского управления и позволило создать центры управления перевозками второго поколения (ЦУП 2.0) на базе диспетчерской централизации и диспетчерского контроля железнодорожных станций. Протяженность диспетчерского участка увеличилась в некоторых случаях до 150 км.

Другой важной вехой стало внедрение оптоволоконных линий связи на железных дорогах в конце 90-х гг. 20 века. Это позволило создать диспетчерские центры третьего поколения (ЦУП 3.0), не зависящие от железнодорожных линий связи и способные управлять участками большей протяженности. Теперь центры управления перевозками стали формироваться по дорожно-

му признаку с размещением в зданиях, расположенных достаточно близко к зданиям управлений железных дорог. На этом этапе происходит укрупнение диспетчерских участков, а протяженность одного диспетчерского участка может составлять до 300 км.

ЦУП 3.0 характеризуется наличием специализированных компьютерных программ, автоматизирующих рутинные операции диспетчера, включая ведение графика движения поездов, а также наличием компьютеризированных информационно-справочных систем, обеспечивающих оперативное взаимодействие с различными подразделениями железнодорожной компании и диспетчерскими центрами управления других железных дорог, а также со службами экстренного реагирования и другими государственными органами. Происходит интеграция с центрами управления инфраструктурой и центрами управления тяговыми ресурсами для решения задач планирования и построения вариантного графика движения поездов. В ЦУП появляются электронные табло коллективного пользования с визуализацией информации о перевозочном процессе, необходимой для принятия оперативных решений, и элементами прогнозной аналитики на основе статистических данных по выполнению показателей перевозочного процесса.

На этапе ЦУП 3.0 также происходит автоматизация процесса увязки графика движения поездов с диспетчерской централизацией, а диспетчерские участки оборудуются устройствами автоматической установки маршрутов на станциях. Активное развитие в этом направлении в сочетании с внедрением принципиально новых методов обра-

ботки информации в режиме реального времени создает предпосылки для дальнейшего перехода к целевой модели ЦУП 4.0.

Разумеется, указанный переход может занять не один десяток лет и будет означать преодоление тех проблемных моментов в организации перевозочного процесса, которые отмечаются в разных странах [2]. Сюда относится слабая интеграция существующих информационно-управляющих систем, а также фрагментарная автоматизация цикла управления, при которой ключевые функции выбора и принятия управляющего решения по-прежнему остаются за диспетчером и зависят от его личного опыта и не до конца формализованных знаний (эвристических правил). Существующий цикл управления ЦУП 3.0 можно условно разделить на следующие этапы – прогнозирование, планирование, управление тяговыми ресурсами, оперативное управление, график исполненного движения (ГИД), анализ эксплуатационной деятельности. Общий цикл управления представлен на схеме (Рис. 4):

12

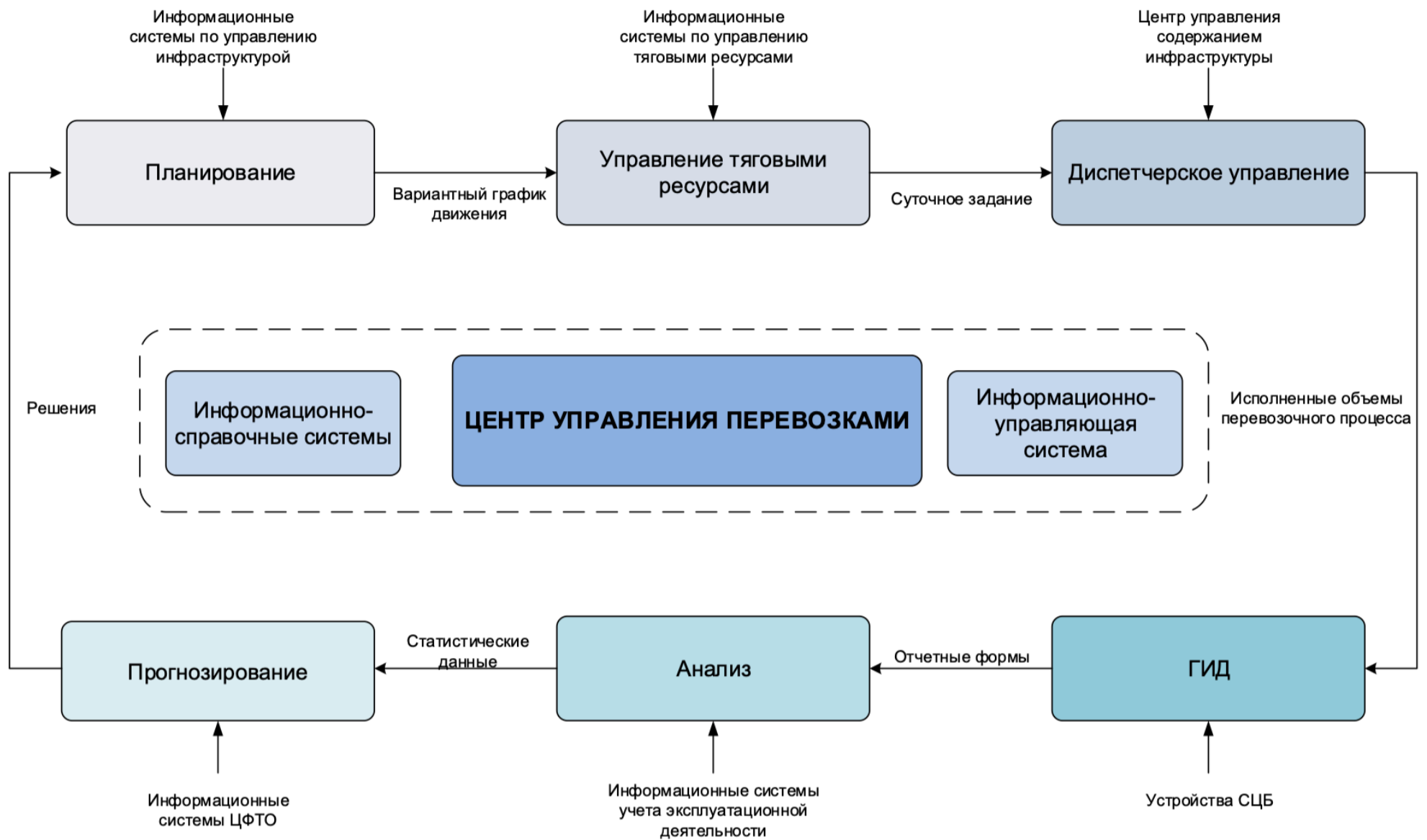


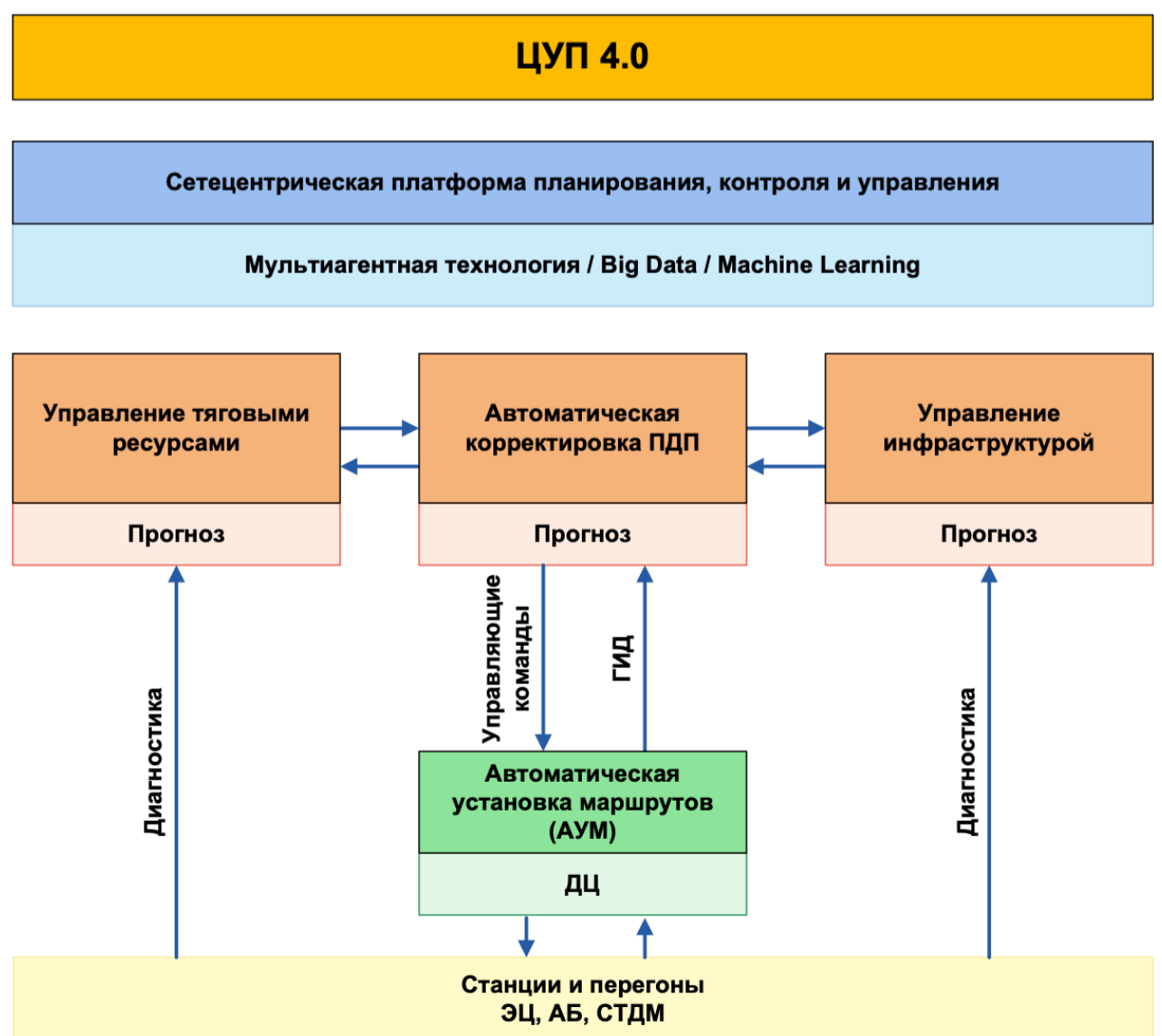
Рисунок 4. Цикл управления перевозочным процессом в рамках модели ЦУП 3.0

Целевое состояние ЦУП 4.0

Чем характеризуется данное целевое состояние? К отличительным особенностям, вероятно, следует отнести следующее (Рис. 5):

- Облачные хранение и обработка данных;
- Адаптивное планирование на основе методов машинного обучения и «цифрового двойника»;
- Единая мультиагентная программно-аппаратная платформа с тесной программной интеграцией модулей планирования, построения, ведения и корректировки графика движения поездов с учетом конфликтов и сбойных ситуаций, управления тяговыми ресурсами, локомотивными бригадами, инфраструктурой и т.д.;
- Реализация режима оперативного управления за счет интеграции с системами АУМ;
- Интеграция с бортовыми локомотивными средствами автоведения.

Рисунок 5. ЦУП 4.0. Принципиальная схема



13

Большую роль в достижении целевого состояния будет, очевидно, играть успешная верификация и валидация на железнодорожном транспорте тестируемых в настоящее время технологий адаптивного управления с обратной связью и предиктивной аналитики с использованием методов машинного обучения и обработки «больших данных» (Big Data) [3-4]. Речь в том числе идет о новом подходе к построению и корректировке графика движения поездов в режиме реального времени на основе алгоритмов Data Science, с учетом задач автоматического выявления и разрешения конфликтов.

Очевидно, что при реализации указанных принципов ЦУП 4.0 продолжится дальнейшее укрупнение существующих центров управления с возможным переходом к иным моделям диспетчерского управления, не привязанным к географическим границам железных дорог (с протяженностью зоны управления до 1500 км).

Отдельно следует сказать, что большое значение для дальнейшей эволюции центров управления перевозками (по крайней мере, в Европе) может иметь развитие слоя ETML (European Traffic Management Layer) европейской системы управления ERTMS, отвечающего за управление движением поездов по графику, с учетом ведущейся работы по тестированию и стандартизации функций и оборудования автоведения «ATO поверх ETCS» и ожидаемого перехода к уровням автоматизации управления движением поездов GoA 3-4 (т.е. к беспилотному управлению) [5]. Национальные системы управления в некоторых странах также развиваются в данном направлении. Немалое значение для дальнейшего развития будет иметь внедрение нового поколения стандарта железнодорожной радиосвязи FRMCS.

Необходимо также отметить, что

при активном внедрении режима АУМ и беспилотного вождения поездов все большая часть функций ответственной системы, связанной с безопасностью движения поездов, может переноситься в ЦУП, в связи с чем может возникнуть вопрос о необходимости обеспечения соответствующего уровня функциональной безопасности управляющего программно-аппаратного комплекса. В разных странах к такому комплексу могут предъявляться разные требования с точки зрения полноты обеспечения функциональной безопасности SIL (Safety Integrity Level), начиная от SIL0 и заканчивая SIL4. Данные требования в настоящее время не стандартизированы на международном уровне, но неизменно обсуждаются в рамках проектов европейской программы инновационного развития железнодорожного транспорта Shift2Rail, направленных на разработку и тестирования указанных технологий [6].

Возможно, что в долгосрочной перспективе – на горизонте 2050 года – придется говорить уже о новой парадигме ЦУП 5.0, которая в настоящее время выглядит весьма футуристично. Это модель адаптивного управления на основе Big Data со множественной обратной связью, в которой речь, по сути, может идти об автоматическом формировании и оптимизации рыночного спроса (как в грузовом, так и в пассажирском сегменте) на основе анализа исторических данных и тесной интеграции с различными системами сбора и агрегации данных о клиентах и реализации функции оповещения и информирования (вплоть до индивидуального) пассажиров и грузоперевозчиков/грузоотправителей об оптимальных маршрутах, предлагаемых услугах, скидках и пр. [7].

Другими словами, речь идет о практической реализации декларируемой концепции «мобильность как услуга» – передвижение по запросу с автоматическим нахождением оптимального решения задачи равномерного распределения нагрузки

на сеть путем сглаживания амплитуды клиентских запросов и оптимизации маршрутов по времени и пути следования. Вероятным сценарием при такой парадигме может стать исчезновение понятий «планирование» и «нормативный график».

На смену традиционному диспетчерскому центру управления может прийти распределенная система искусственного интеллекта со множественной обратной связью, функционирующая в режиме реального времени с постоянным анализом исторических данных, самообновлением и самообучением, при этом диспетчер, возможно, будет использоваться в качестве дополнительного контура обучения искусственной нейросети и для принятия решений в нестандартных ситуациях.

Барьерами на пути указанной трансформации могут быть ограничения, связанные с выбранной моделью управления, вычислительными мощностями, пропускной способностью каналов связи, киберуязвимостью, а также с задачами обеспечения транспортной безопасности и эвакуации людей, грузов и техники в местах аварии или отказа роботизированной техники.

Заключение

Функциональные задачи центров управления перевозками на железных дорогах разных стран могут существенно отличаться и в значительной степени зависят от структуры перевозок (пассажирские, грузовые, смешанные) и модели диспетчерского управления (централизованное, децентрализованное). Вместе с тем, базовые принципы создания ЦУП остаются одними и теми же в разных странах и включают на данный момент применение человеко-ориентированного подхода при проектировании, автоматизацию рутинных операций диспетчера и обеспечение

14

поддержки принятия решений в сбойных ситуациях за счет использования компьютеризированных информационно-управляющих систем. Нынешний этап развития центров управления железнодорожными перевозками можно определить, как ЦУП 3.0. Он характеризуется тенденцией к комплексному управлению поездопотоками, тяговыми ресурсами, инфраструктурой и транспортной безопасностью. Тем не менее, на данном этапе развития пропуск поездов и решение конфликтных ситуаций зависят в основном от квалификации и опыта диспетчерского персонала.

Дальнейшая эволюция центров

управления перевозками с учетом целевого состояния ЦУП 4.0 предусматривает автоматизацию интеллектуальных функций управления, т.е. внедрение управляющих систем реального времени на основе искусственного интеллекта (машинного обучения), методов обработки «больших данных» (Big Data) и предиктивной аналитики.

ЦУП 4.0 – это, по сути, модель управления с постоянной обратной связью, и достижение целевого состояния будет происходить путем расширения обратной связи и повышения оперативности и достоверности информации за счет использования различных средств контроля, мониторинга и диагностики, в том числе мобильных (напри-

мер, беспилотных летающих аппаратов типа дроны, оснащенных техническим зрением и иными средствами видео- и фотофиксации) и стационарных устройств (комплексы технического зрения на пассажирских и грузовых станциях, интегрированные посты диагностики и мониторинга подвижного состава на сортировочных станциях, системы виброакустического контроля по ВОЛС и т.д.). В данной парадигме также большое значение имеет дальнейшее развитие мобильных средств контроля поездного положения («географическая логика управления») на основе ГНСС и цифровых устройств компьютерного зрения в комбинации с наземными комплексами видеоидентификации подвижных объектов.

Список литературы

1. Doppelbauer J. Command and Control 4.0. // IRSE News, Issue 246, July/August 2018.
2. Ерофеев А.А. О состоянии и перспективах развития интеллектуальных систем управления перевозками на Белорусской железной дороге // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». №1, 2021.
3. Розенберг Е.Н., Лысиков М.Г., Озеров А.В., Ольшанский А.М. О переходе к предиктивному управлению транспортными системами с использованием Big Data // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2018. № 1 (41). С.32-37.
4. Озеров А.В., Ольшанский А.М., Куроптева А.П. Предиктивная аналитика с использованием Data Science на железнодорожном транспорте // Наука и технологии железных дорог. 2020. №4. С.63-76.
5. Озеров А.В. Европейская система интервального регулирования // Автоматика, связь, информатика. 2019. №6. С.14-15.
6. Озеров А.В. Эволюция европейской системы управления движением поездов // Железные дороги мира – 2018, №3. С.64-73.
7. Озеров А.В., Лысиков М.Г., Ольшанский А.М. График движения поездов в составе адаптивной системы управления будущего // Наука и технологии железных дорог. 2021. №1. С.50-64.

15

УДК: 528.9: 004.94

Интеллектуальные системы и технологии
на транспорте

Интервальная обработка информации при управлении транспортом

Interval information processing in traffic management

Андреева О.А., Соискатель, МИИГАиК, E-mail: andreeva_olga@inbox.ru, Москва, Россия

Andreeva O.A., Postgraduate student, MIIGAiK, E-mail: andreeva_olga@inbox.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье исследуется интервальная обработка информации при управлении транспортом. Интервальная обработка информации состоит в замене точечных значений аргумента интервальными значениями аргумента. Интервальная обработка информации обусловлена в основном временными задержками в процессе управления. В силу этого, орган управления получает не точечное значение положения объекта, а интервальное. Статья вводит понятие интервальное управление транспортом и точечное управление транспортом. Механизм перехода от точечного управления к интервальному обусловлен переходом информации от точечного положения к множественному. Статья дает основные расчетные формулы интервальной математики, применимые при управлении транспортом.

Ключевые слова: транспорт, управление, точечное управление, интервальное управление, пространственное моделирование, информационное поле, информационное пространство.

Annotation. The article examines interval information processing in transport management. Interval information processing consists in replacing the point values of the argument with the interval values of the argument. Interval information processing is mainly due to time delays in the control process. Due to this, the control receives not a point value of the object position, but an interval value. The article introduces the concept of interval traffic control and point traffic control. The mechanism of the transition from point control to interval control is due to the transition of information from a point position to a multiple one. The article gives the basic calculation formulas of interval mathematics that are applicable in transport management.
Keywords: transport, control, point control, interval control, spatial modeling, information field, information space.

16

Введение

Интервальная математика, вместо точечного значения аргумента, представляет значение аргумента как интервал возможных значений. Интервальная обработка информации (ИОИ) при управлении транспортом является необходимым условием. Интервальная обработка информации состоит в замене точечных значений интервальными значениями. Это влечет использование интервальной математики [1, 2]. Интервальная математика применяется при замене точечного аргумента интервальным или множественным. Можно выделить три направления применения интервальной обработки информации на железнодорожном транспорте. Управление подвижными объектами, особенно на ВСМ [3]. Целочисленная обработка информации [4] при обработке изображений в интеллектуальных транспортных системах и системах беспилотного управления [5]. Решение задач размещения транспортной инфраструктуры с применением теории нечетких множеств [6, 7]. Управление транспортом основано на применении разнообразных моделей, включая метамодел и мета-моделирование [8]. Большая часть управленческих моделей связана с информационным полем и информационным пространством [9]. Значительная часть управленческих моделей является пространственными моделями. Пространственные модели транспортной инфраструктуры обладают разной степенью сложности и формируются из информационных пространственных единиц [10]. Пространственные модели нельзя сводить к геометрическим моделям. Они включают семантику, когнитивные факторы [11], вероятностные характеристики, пространственную логику [12], топологию [13].

Особенности пространственного интервального моделирования.

Существуют разные виды пространственного моделирования. Среди них следует выделить пространственное интервальное моделирование как качественно отличный вид. Оно различается для низкоскоростных объектов и высокоскоростных объектов.

При моделировании стационарных или низкоскоростных объектов (НСО) положение объекта определяет точка в координатном пространстве.

$$НСО \rightarrow M(x, y, z) \quad (1)$$

Выражение (1) говорит о том, что положению низкоскоростного объекта соответствует определенная точка в пространстве $M(x, y, z)$. В этой ситуации считают, что задержки времени на измерение положения, анализ положения и состояния объекта ничтожно малы. Выражение (1) является четким. Таких точек может быть много, но все они четкие и жестко привязаны к пространству. В пространстве координат [14] НСО характеризуется одной точкой. Выражение (1) характеризует движение, которое можно назвать «точечным». Соответственно, такое управление можно назвать точечным или функциональным.

При моделировании высокоскоростных объектов (ВСО) начинают работать факторы задержки времени на измерение и анализ. Это приводит к тому, что за время измерения и анализа объект смещается и находится в другой точке по сравнению с первичным измерением. Соответственно это приводит к тому, что положение объекта определяется не точкой в пространстве, а интервалом или множеством точек.

Выражение (2) говорит о том, что

$$ВСО \rightarrow IM(\Delta x, \Delta y, z) \quad (2)$$

высокоскоростному наземному объекту соответствует интервал точек в пространстве IM , который для железнодорожного транспорта характеризуется интервалами плановых координат $(\Delta x, \Delta y)$. Для воздушного транспорта значимым становится и интервал высот (Δz) . Выражение (2) является нечетким. Поясним ситуацию применительно только к координате x . Выражение (2) характеризует движение которое можно назвать «интервальным». Соответственно, такое управление можно назвать интервальным или нечетким.

На рисунке 1 показана функция позиции объекта Pos , показана ее эквивалентность к функции принадлежности.

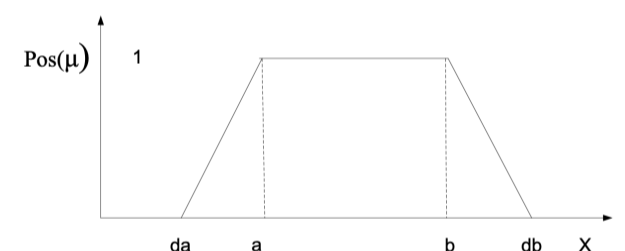


Рисунок 1. Интервальная модель позиции высокоскоростного объекта.

Рисунок 1 показывает, что для лица, принимающего решение, или для автоматизированной системы управления исходная информация из точечной переходит в интервал. Этот интервал может быть прямоугольным (a, b) или трапециевидным (da, a, b, db) . При четких условиях интервал или трапецию заменяет точка на плоскости. На рис.1 по вертикали отложена позиция или функция принадлежности.

При переходе к пространственной траектории вместо одной линии траектории получают область траекторий. На рис. 2 приведена плановая траектория движения и интервал возможных траекторий.

17

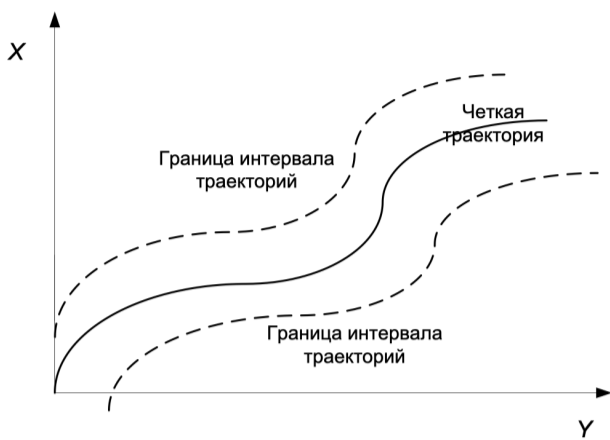


Рисунок 2. Траектория движения при низкоскоростном движении и множество траекторий при скоростном движении

На рис. 2 траектория точечного движения НСО показана сплошной линией. Эта линия формируется, когда движение четкое и соответствует выражению (1). Замена точки на интервал (рис.1) создает множество возможных траекторий. Это граница сверху и граница снизу. В теории геоинформатики [15] это называется буферная зона. Интервал траекторий есть ареальное множество вокруг линейного множества точечной траектории. В дополнении к рисунку 2 можно построить график пройденного пути в зависимости от времени. На рисунке 3 приведен график движения, где L – расстояние, а t – время.

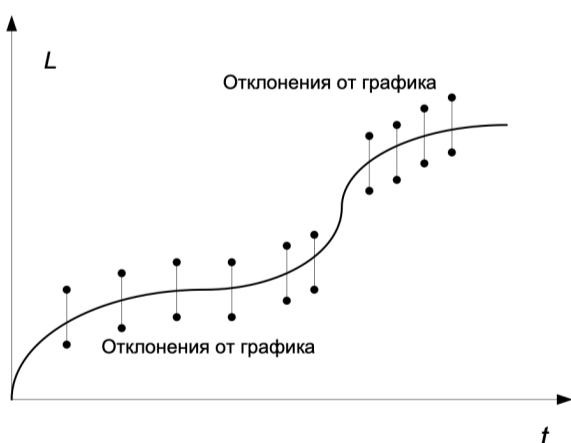


Рисунок 3. График движения по пройденному пути и отклонения от графика.

На рис. 3 плановая траектория движения показана сплошной линией. Эта линия формируется, когда движение четкое и соответствует выражению (1). Если положение объекта определяется не точкой в пространстве, а интервалом в соответствии с выражением (2), линия заменяется на ареальное множество. Замена точки на интервал (рис.1)

создает множество отклонений от плановой траектории движения. Отклонения от графика показаны вертикальными отрезками. Рис.2 и рис. 3 показывают, что четкие методы анализа неприменимы к интервальным ситуациям.

Рис.3 выполняет двойную функцию. Вертикальные линии можно рассматривать как допуски. При точечном движении они показывают допустимый интервал отклонения от графика. Допуски показывают допустимое отклонение от графика. Если график движения (сплошная линия) выходит за рамки допусков – это сигнал нештатной ситуации и надо принимать меры по ее устранению. При управлении ОТ, кроме моделей на рис.2 и рис.3, учитывают скорость и ускорение. На рис.4 приведен график движения, связывающий V – скорость t – время. На рис.4 допуски для скоростей существенно различаются.

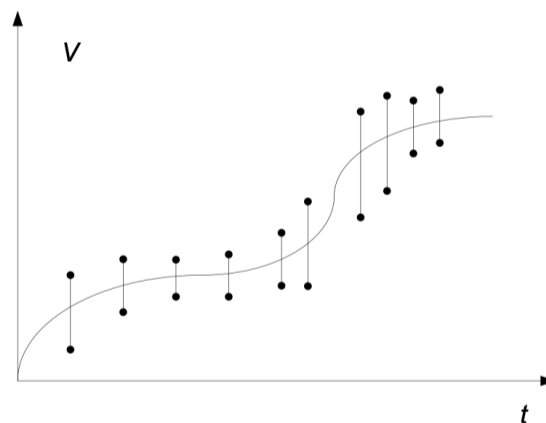


Рисунок 4. Допуски при движении для скоростей.

Это обусловлено тем, что штатная и возможная скорость ОТ зависит от плановой конфигурации трассы. На прямолинейных участках скорость выше, а на поворотах она снижается. Соответственно и увеличение скорости также зависит от конфигурации трассы. Ускорения в меньшей степени чем скорость подвержены вариациям. Однако для ускорения появляется дополнительный фактор экстренное торможение при появлении объектов на трассе движения. На рисунке 5 приведена зависимость или модель интервального движения для ускорений.

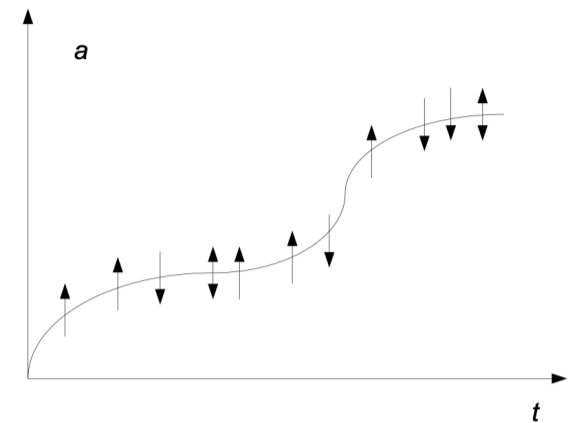


Рисунок 5. Допуски для ускорений при интервальном движении.

На рис.5 (а) - ускорение t – время. Для ускорения важным параметром является направление ускорения. В одном случае оно связано с увеличением скорости, в другом с ее снижением. Этот фактор отражен стрелкой. Размер стрелки характеризует величину ускорения, направление стрелки характеризует направление ускорения подвижного объекта.

Рассмотренные факторы входят в динамическую модель геоданных [16, 17]. Они характеризуют интервалы и интервальное движение. При комплексной обработке все факторы объединяются в информационную модель [18, 19].

Определение Pos, ОТ осуществляется с помощью спутниковых систем или радиорелейного информационного пространства.

Моделирование движения в интервальных ситуациях.

Моделирование движения ОТ реализуют с помощью разных технологий. В первую очередь это геоинформационные технологии, технологии автоматизированного проектирования [20], технологии математического моделирования, фотограмметрические технологии и технологии мобильного лазерного сканирования [21, 22]. Процесс интервального управления осуществляется ситуационно. Сравнивается плановая и текущая информационная ситуация. При превышении допусков требуется вмешательство ЛПР.

18

При интервальном управлении основой является не линия, а ареал, то есть множество. Сравнивается точка, соответствующая объекту с допустимым множеством ареалов. Если все находится в допуске, то движение является нормальным. Объекты транспорта (ОТ) являются объектами реального пространства. Моделирование этих объектов происходит в информационном поле [23] и в геоинформационном пространстве [24]. Для управления ОТ используют координатное пространство и системы координат. Модели ОТ могут быть представлены в виде систем или являться частями систем. Для моделирования окружения ОТ применяют модели информационных ситуаций [25, 26]. Многообразие ОТ дает основание использовать разные категории для их описания: ОТ есть объекты информационного поля (ИП), ОТ есть объекты информационной ситуации (ИСит).

$$ОТ1 \in ИП \quad (3)$$

$$ОТ2 \in \underline{ИСит} \quad (4)$$

Выражения (3, 4) говорят, что существуют разные типы объектов транспорта. ОТ первого типа (1) - есть элементы информационного поля. ОТ второго типа (2) - есть элементы информационной ситуации.

Выражения (3, 4) можно рассматривать категориальное описание ОТ единиц. Выражение (3) задает полевые или субстанциональные свойства. Выражение (4) задает ситуационные или переменные свойства. Следует отметить, что методически интервальные вычисления близки методам геоинформатики. Например, буферизация - это процесс формирования множества вокруг точечного или линейного объекта.

Основная проблема интервальной математики - это организация вычислений на основе правил. Это сближает эти методы с методами искусственного интеллекта [27].

Методически, вместо того, чтобы

работать с неопределенным значением аргумента, интервальная математика работает с концами интервала (a, b) (рис.1), внутри которого этот аргумент находится. Следовательно, предварительным этапом вычислений является определение границ интервалов для всех значений, участвующих в вычислении. Дальнейшие операции проводят с границами интервалов. Обобщенно арифметическая операция * на двух интервалах типа сложение, вычитание или умножение, определяется в логической записи так:

$$[x_1, x_2] * [y_1, y_2] = \{x * y \mid x \in [x_1, x_2] \wedge y \in [y_1, y_2]\} \quad (5)$$

Выражение (5) говорит о том, что операции с интервальными числами сводятся к операциям с границей интервалов. В результате набор всех возможных значений переменных находятся в соответствующих им новых интервалах. Записывая все комбинации трех арифметических выражений, можно дать их общее описание:

$$[x_1, x_2] * [y_1, y_2] = [\underline{\min} \{x_1, y_1, x_1, y_2, x_2, y_1, x_2, y_2\}, \underline{\max} \{x_1, y_1, x_1, y_2, x_2, y_1, x_2, y_2\}]; \quad (6)$$

при условии, что $x * y$ определено для всех $x \in [x_1, x_2]$ и $y \in [y_1, y_2]$

Выражение (6) дает эвристический механизм поиска интервала значений аргумента, который легко реализуется методами искусственного интеллекта. Для практических применений выражение (6) можно упростить:

Дополнение:

$$[x_1, x_2] + [y_1, y_2] = [x_1 + y_1, x_2 + y_2] \quad (7)$$

Вычитание:

$$[x_1, x_2] - [y_1, y_2] = [x_1 - y_2, x_2 - y_1] \quad (8)$$

Умножение:

$$[x_1, x_2] \bullet [y_1, y_2] = [\underline{\min} \{x_1 y_1, x_1 y_2, x_2 y_1, x_2 y_2\}, \underline{\max} \{x_1 y_1, x_1 y_2, x_2 y_1, x_2 y_2\}] \quad (9)$$

Выражения (7-9) реализуются при практических расчетах. Многообразие методов управления и моделей управления ОТ требует систематизации их моделей. Для этой цели применяют типологизацию, систематику, типизацию и классификацию. Наиболее простым

методом среди перечисленных является типологизация, которая осуществляется как практический метод формирования совокупности моделей на упорядоченные группы с помощью выбранного критерия. Систематика является более сильной процедурой [28]. Она включает качественный [29] и сравнительный анализ [30]. Ее трактуют в широком смысле как строгий метод упорядочения или структуризации совокупностей моделей или объектов на основе обоснованного научного критерия. Однако типологизация предшествует систематике и систематизации.

Типизация и классификация применяются только при наличии заранее созданной системы типов или системы классов и типов. Классификация является более сильной процедурой. Типизация [31] - процедура качественного отнесения объектов или моделей к известным типам. Она может быть сильной по большому числу типов и слабой по небольшому числу типов. Классификация - процедура качественного и количественного отнесения объектов или моделей к известным классам, подклассам, типам.

Интервальный анализ имеет сходство с геотехническим мониторингом [32, 33], точнее с одним из его видов - индикационным мониторингом. Индикационный мониторинг не ставит задачей точный расчет показателя, а индицирует ситуацию соответствия или не соответствия допускам или графику движения.

Заключение

Интервальный анализ или интервальные вычисления представляет собой раздел математики, учитывающий погрешность измерения или допуски в реальной практике. Интервальные вычисления используют численные методы и гарантируют надежные результаты, когда точечные методы не применимы. Особенно необходим Интервальный анализ в управлении высокоскоростным движением.

19

Недостатком анализа является то, что он трудно воспринимаем человеком, привыкшим к точечной математике. Поэтому данный метод реализуем в основном в вычислительных системах и в интеллектуальных системах. Интервальный анализ и интервальные вычисления основаны на переходе от точечных значений к множествам.

Поэтому они осуществляются в два этапа. На первом этапе определяют границы множеств, на втором осуществляют манипуляции внутри множеств. Интервальный анализ и интервальные вычисления применимы и для точечного управления объектами транспорта. Если ввести понятие допуска, то механизм интер-

вальных вычислений будет индексировать соответствие допуску или не соответствие при точечном управлении транспортом. Направление интервальных вычислений пока мало применяется на транспорте и требует дальнейших исследований и развития.

Список литературы

1. Левин В. И. Интервальная математика и приближенные вычисления // ИТ-Технологии: развитие и приложения. – 2018. – С.305-312.
2. Орлов А. И. Системная нечеткая интервальная математика-основа математики XXI века // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 165. – С.111-130.
3. Цветков В.Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // Мир транспорта. - 2013. - № 5 (49). - С.6-9.
4. Филиппов В.И. Целочисленное разложение функций в пространствах L_p // Математические исследования и информационные технологии в цифровой экономике. – 2020. – С.15-18.
5. Андреева О.А. Беспилотное субсидиарное управление // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4. – 3(15). – С.44-52.
6. Розенберг И.Н., Старостина Т.А. Решение задач размещения с нечеткими данными с использованием геоинформационных систем. - М. Научный мир, 2006. - 208с.
7. Ознамец В.В. Размещение пространственных объектов с использованием теории массового обслуживания // ИТНОУ. 2018. № 3. С.95-100.
8. Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P. Metamodelling in the information field // Amazonia Investiga. 2020. Т. 9. № 25. С. 395-402.
9. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №1-3. – С.455-456.
10. Андреева О. А. Информационные единицы в моделировании транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – 1(13). – С.57-68.
11. Tsvetkov V. Ya. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information // European Journal of Technology and Design. - 2015, 4 (10), pp. 149-158.
12. Aiello M. et al. (ed.). Handbook of spatial logics. – Dordrecht : Springer, 2007.
13. Насонов А. Н., Сметанин В. И. Топологическое моделирование природно-техногенных систем // Природообустройство. – 2013. – №. 1. – С.5 -11.
14. Розенберг И.Н., Цветков В. Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009. -67с.
15. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформатика как система наук // Геодезия и картография. – 2013. - №4. - С.52-57.
16. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.50-51.
17. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Создание динамической пространственно-временной модели управления железной дорогой // Геодезия и картография. – 2010. - №8. – С.48-51.
18. Маркелов В.М. Геоинформационное ситуационное моделирование // Науки о Земле. - №4-2012.- С.72-76.
19. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. -2005. - №2. - С.118-122.
20. Каган П. Б., Гудков П. К. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением САПР // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 9.
21. Андреева О.А. Применение мобильного лазерного сканирования для мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – 3(11). – С.61-74.
22. Андреева О.А. Инфологическое моделирование при мобильном лазерном сканировании // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – С.51-62.
23. Tsvetkov V. Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. 2014. № 8-1(80). p.1416-1422.

20

24. Матчин В.Т. Интегрированное геоинформационное пространство // Славянский форум. -2018. – 3(21). - С.21-27.
25. Буравцев А.В. Пространственные модели ситуаций как метод анализа и познания // Науки о Земле. – 2019. - №2. – С.13-22.
26. Шлапак В. В., Лонский И. И. Цифровое моделирование ситуаций зубчатой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 2(6). – С.54-64.
27. Tsvetkov V. Ya. Conclusions of Intellectual Systems // Modeling of Artificial Intelligence. – 2014. - № 3 (3). - pp.138-148.
28. Номоконов И.Б. Систематика дескриптивных информационных систем // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. - 2019. - № 1(11). – С.85-93.
29. Раев В.К. Качественный анализ с использованием теории предпочтений// Славянский форум. -2019. – 2(24). - С.57-64.
30. Кудж С.А. Методы сравнительного анализа // Славянский форум. -2019. – 3(25). - С.140-150.
31. Кузьма А. С., Сипайло С. В. Систематизация и типизация декоративных изображений для автоматизации процесса их создания на стадии допечатной подготовки //Труды БГТУ. Серия 4: Принт-и медиатехнологии. – 2019. – №. 1 (219).
32. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. - 2012. - №4. - С.054-058.
33. Булгаков С.В. Геотехнический мониторинг транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №1 (17). – С.42-49.

21

УДК: 528.02; 528.06

**Геоинформационные технологии и системы
на транспорте**

Влияние цифровой трансформации на геодезическое обеспечение транспорта

Impact of digital transformation on geodetic support of transport

Ознамец В. В. к.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),

E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

Oznamets V. V. PhD, Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK),

E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье исследуется развитие геодезического обеспечения транспорта, в условиях цифровой трансформации общества. Дается анализ цифровой экономики по модели, введенной Д. Тапскоттом. Анализируются признаки цифровой трансформации экономики, связанные с цифровой экономикой. Цифровая трансформация экономики рассмотрена в аспекте развития транспорта. Показано различие между определением геодезического обеспечения как система и как процесс. Отмечено, что сведение геодезического обеспечения к процессу является ошибочным. Статья показывает, что цифровая трансформация геодезического обеспечения транспорта является инновационным комплексом технологией, повышающим эффективность транспорта.

Ключевые слова: транспорт, информационные технологии, цифровые технологии, цифровая экономика, геодезическое обеспечение, геодезическое транспортное обеспечение.

Annotation. The article examines the development of geodetic support of transport, in the context of the digital transformation of society. The analysis of the digital economy is given according to the model introduced by D. Tapscott. The signs of digital transformation of the economy associated with the digital economy are analyzed. The digital transformation of the economy is considered in the aspect of transport development. It is noted that the reduction of geodetic support to the process is erroneous. The article shows that the digital transformation of geodetic support of transport is an innovative technology complex that increases the efficiency of transport.

Keywords: transport, information technology, digital technologies, digital economy, geodetic support, geodetic transport support.

22

Введение

С 90-х годов развивается цифровая экономика, которая сопровождается цифровой трансформацией общества. Эти тенденции имеют место и для транспорта [1]. Наиболее ярким проявлением цифровой трансформации является цифровая железная дорога [2, 3] и интегрированная логистика [4]. Менее заметным признаком цифровой трансформации является создание и появление специализированных информационных пространств [5, 6]. Характерным признаком цифровой трансформации является синтез понятий «информационное поле» и «информационное пространство» [7, 8]. Информационное пространство, например, координатное пространство [9] выполняет роль оболочки и функции координирования. Информационное поле [10] выполняет содержательные функции. Появление технологии Интернета вещей привело к созданию киберпространства [11]. Все эти новации являются следствием цифровой трансформации общества. Цифровая экономика привела к появлению цифрового управления [12] и информационного управления [13]. Использование пространственной информации в цифровой экономике породило пространственную экономику [14]. Пространственная экономика применяется на транспорте и основана на применении геоинформационных систем и методов геоинформатики. В российской литературе не существуют разноречивая интерпретация понятия «цифровая экономика». О цифровой экономике много говорят, но четкого определения не дают. Еще более запутанная ситуация с понятиями «цифровая трансформация общества» и «цифровизация». Понятия «Цифровая экономика» и «цифровая трансформация» появились за рубежом на десять лет раньше, чем в России, и поэтому развитие и применение этих понятий необходимо с учетом зарубежного опыта. Также следует отметить аморфное

употребление термина «цифровизация». В транспортной литературе его употребляю в каждой третьей публикации. Но содержательно боятся дать четкое определение и раскрыть содержание термина. Контекстуально в российских транспортных публикациях цифровизацией часто обозначают цифровые технологии и цифровые методы обработки или управления. Это полное несоответствие зарубежной трактовке термина цифровизация. Более подробно это будет рассмотрено ниже.

Понятие «геодезическое обеспечение» также претерпело изменение под влиянием цифровой трансформации общества. Цифровая трансформация общества существенно повлияла на развитие содержания геодезического обеспечения. С технологических позиций она привела к интеграции содержания. С экономических позиций она привела к коммерциализации содержания. В период «до цифровой трансформации» геодезическое обеспечение на железнодорожном транспорте сводилось к набору независимых геодезических работ. В период «цифровой трансформации» геодезическое обеспечение стало рассматриваться как комплекс, система и часть бизнеса. На изменение содержания «геодезическое обеспечение» повлияло применение геодезии и геоинформатики в других сферах. Следует отметить геодезическую астрономию [15], космическую геодезию [16] и космическую геоинформатику [17]. Методы этих наук повлияли на наземное геодезическое обеспечение. Трансформация общества делает актуальными аналитические исследования трансформации геодезического обеспечения на транспорте.

Анализ содержательности понятия геодезическое обеспечение транспорта.

Существует понятие «геодезическое обеспечение». В сфере транспорта следует ввести понятие «геодезическое обеспечение транспорта». Пока следует отметить, что оно является разновидностью геодезического обеспечения вообще. Определение будет дано по завершению анализа и данного раздела.

Большое количество нормативных документов и публикаций сводит геодезическое обеспечение к только геодезическим работам. В настоящее время, особенно в условиях развития геоинформатики, геодезическое обеспечение включает методы геоинформатики и пространственной обработки информации. В условиях развития геодезического приборостроения и новых методов измерений геодезическое обеспечение включает расширенный набор методов обработки информации и расширенный набор методов моделирования. Геодезическое образование в настоящее время охватывает фотограмметрию, геодезию, геоинформатику, картографию, астрономию геодезию. Наземное геодезическое обеспечение включает методы фотограмметрии, геодезии, методы геоинформатики.

В паспорт специальности 25.00.32 «геодезия» входит пункт области исследования геодезии: «Разработка принципов и технологий создания геоинформационных систем различного назначения по геодезическим данным». Это естественно связывает геодезическое обеспечение с геоинформатикой. Существует технология геотехнического мониторинга [18], Комплексная технология включает набор комплементарных технологий. Технология включает технологи-

23

ческие операции. Технологические операции включают процессы. Отождествление процесса с технологией или м комплексной технологией - грубая ошибка. Тем не менее, в интернет существует множество подобных некорректных определений. Можно было бы не обращать на неточности в Интернет. Однако существует практика, когда отдельные доктора наук в области геодезии используют такие некорректные определения как канонические и противопоставляют их научно обоснованным дефинициям геодезического обеспечения.

Но не все определения в Интернет некорректные. В качестве положительного примера можно привести понятие «Система геодезического обеспечения государства». Этот термин введен Росреестром в Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 г. [21]. В этом понятии геодезическое обеспечение трактуется не как процесс или технология, а как «система».

Такая система геодезического обеспечения РФ раскрывается содержательно как информационная совокупность параметров. К таким важным параметрам относят: фундаментальные параметры фигуры Земли [21] и фундаментальные параметры внешнего гравитационного поля Земли, реализуемые на территории государства через государственную координатную основу и через систему или структуру государственных сетей.

Главным в данном определении является системный аспект. Геодезическое обеспечение в этом подходе рассматривается как совокупность систем. Первая система, как отмечено в концепции, образуется как естественная система фактических фундаментальных параметров фигуры Земли и фундаментальных параметров внешнего гравитационного поля Земли. Фундаментальные параметры должны быть измерены, оценены и обладать целостностью, комплементарностью [22] и полнотой. Это приводит к понятию второй искусственной системы - «си-

стемы оцененных параметров». Между первой и второй системой должно существовать информационное соответствие. Еще одна система в геодезическом обеспечении возникает при рассмотрении государственной координатной основы. Государственная координатная основа представляет собой совокупность систем координат, связанных между собой и обладающих полнотой при решении задач геодезического обеспечения. Полнота, целостность и связанность приводят к понятию система.

Четвертая система в этом определении заключается в системе или структуре государственных сетей. Всякая система имеет структуру. Структура государственных сетей предполагает их согласованность, целостность и полноту, то есть также приводит к понятию система.

Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, (распоряжение Правительства РФ от 17.12.2017 № 2378-р), планирует создание «новой» высокоэффективной системы геодезического обеспечения. Отметим цели создания «новой» системы геодезического обеспечения являются. Которые имеют прямое отношение к транспорту: повышение точности геодезических работ, повышение эффективности геодезической деятельности, создание информационных систем хранения геоданных пунктов государственных и специальных сетей, развитие спутниковых методов и технологий измерения, расширение применения системы «ГЛОНАСС» во все сферы экономики Российской Федерации.

Это широкое и системное определение отрицает узкое частное определение [20]. Тем не менее, оба определения сосуществуют в Интернете, что говорит о том, что источники интернет замусорены недостоверной и не четкой информацией. Любой студент двоечник или любой неквалифицированный специалист может написать в Интернет свою информацию и даже включить ее в Википедию. Ви-

кипедия не рецензируется и не контролируется. Все обсуждения имеют характер свободной дискуссии без третьей стороны. Если определение слишком некорректное, то специалисты его не обсуждают.

Можно дать краткий анализ зарубежных подходов к анализу понятия термина. «геодезическое обеспечение». В английском языке переводом русского термина «геодезическое обеспечение» является словосочетание «geodetic support», что буквально означает «геодезическая поддержка». Во французском языке переводом термина «геодезическое обеспечение» является словосочетание «support géodésique», что буквально означает «геодезическая поддержка». Отметим, что поддержка не означает какой-то отдельный процесс как в [20], а подразумевает совокупность действий, включая технологические, технические и организационные.

В немецком языке переводом русского термина «геодезическое обеспечение» является термин «geodätische Unterstützung», что буквально означает геодезическое сопровождение. В испанском языке термину «геодезическое обеспечение» соответствует термин «apoyo geodésico» что как и в немецком также означает геодезическое сопровождение. Сопровождение не означает отдельный процесс как в [20], а подразумевает совокупность технологических, технических и организационных действий.

Аналогичная ситуация с другими языками. Большинство зарубежных определений трактуют геодезическое обеспечение как поддержку или сопровождение, но не как единичный технологический процесс. Следовательно, определение [20] противоречит зарубежным точкам зрения и отечественным определениям. В английской литературе существует производный термин «geodetic support» в виде «Geodetic Coordinate Support» «геодезическая координатная поддержка» [23]. Это имеет прямое отношение к железной дороге, которая

24

нуждается в первую очередь в координатной поддержке. При этом данный термин трактуют дополнительно как «рациональную и полную обработку геодезических координат с учетом кривизны поверхности Земли [24]. В работе [23] сужают понятие геодезическая координатная поддержка» и привязывают его к вычислениям с помощью программных продуктов Oracle/ Spatial и Graph. В широком смысле координатная поддержка это не только вычисления, но и организационные и технологические работы по созданию специальных геодезических сетей. На железной дороге это реперные сети. На основе вышеизложенного, следует констатировать, что геодезическое обеспечение транспорта - это не процесс, не технология, и не норматив.

Геодезическое обеспечение транспорта – это распределенная система технологий, которая может решать разные задачи и включать разные технологические процессы. но объединена общими нормативами и ОСТами, а также стандартами цифровой экономики и методами трансформации экономики. Геодезическое обеспечение транспорта включает и структурно опирается на методы геоинформатики и пространственные цифровые модели как в проектировании, так и в производственных работах.

Цифровая трансформация общества.

О цифровой трансформации общества много пишут, не давая определение этому понятию и каждый вкладывает свой смысл. Цифровая революция 80-х годов [25] породила новые информационные потребности и новую экономику, которую назвали сетевой экономикой. Информационные революции можно рассматривать как форму цифровой трансформации общества.

Следующим этапом развития сетевой экономики стала цифровая экономика

90-е годы. основополагающей работой в области цифровой экономики за рубежом считают книгу Дона Тапскот «Цифровая экономика: надежды и опасность в эпоху интеллектуальных сетей» [26]. Давая ключевые признаки цифровой экономики Тапскот выделяет ряд признаков цифровой трансформации: виртуализация, применение знаний, цифровизация, молекуляризация, интеграция и конвергенция, распределенные технологии, дезинтермедиация, инновационность, презумптивность.

Наиболее важный термин цифровой экономики и цифровой трансформации - цифровизация. Этот термин часто употребляют, особенно в сфере транспорта, но вкладывают в него совершенно иной смысл чем за рубежом. В российской транспортной литературе «цифровизацией» обозначают, но не определяют совокупность информационных и цифровых технологий, применяемых для повышения эффективности транспортных систем или новую степень автоматизации (даже не интеллектуализации) железнодорожного транспорта. По существу, эта новая форма автоматизации, основанная на переходе от информационных методов к цифровым.

Главным признаком и ключевым отличием в термине цифровизация от российских трактовок является получение и применение знаний. Цифровизация это группа технологий [26], в результате функционирования которых знания (а не только данные) могут храниться в цифровой форме и применяться для решения практических задач. Этим устанавливается прямая связь не с автоматизацией, как в российской литературе, а с методами искусственного интеллекта и интеллектуальным управлением.

В отличие от сетевой экономики, в которой информация была аналоговой и основанной на данных, в цифровой трансформации информация содержит не только данные, а в первую очередь знания в цифро-

вой форме. В цифровой трансформации общества цифровая информация позволяет свободно перемещать знания между предприятиями и людьми. Виртуализация является характерным признаком цифровой трансформации общества и цифровой трансформации транспорта. Виртуализация [27] в широком смысле означает возможность представления моделей, предприятий и технологий в виртуальную форму. Примером служат цифровые двойники и технологии виртуальных блоков [28] на ЦЖД. Виртуализация в узком смысле означает возможность использования виртуальных моделей в транспортном образовании или в управлении, в частности в беспилотном управлении. С виртуализацией связано понятие смешанной реальности, которое применяют на транспорте. Еще одним признаком цифровой трансформации является молекуляризация [26]. Это понятие обозначает процессы трансформации крупных информационных или структурных единиц в мелкие информационные или структурные единицы. С позиций управления этот процесс означает переход к распределенным системам и технологиям. Распределенные технологии управления заменяют централизованное управление. Молекуляризация может быть рассмотрена как процесс видоизменения структуры при переходе от крупных узлов к множеству мелких узлов.

Еще одним признаком цифровой трансформации является дезинтермедиация [26]. Эта тенденция отчасти противоречит молекуляризации и состоит в исключении или уменьшении посредников. Примером является интернет магазины или бесскладовая торговля. Эта тенденция требует обязательного применения коммуникационных технологий. Признаком цифровой трансформации является презумптивность (presumption) [26]. Это трансформационный процесс, который состоит в переходе от массового производства продукции

25

«под ключ» (например, приборов) к массовой настройке инструментальных пакетов или агрегатов «под потребности пользователя». Этим устраняются ненужные для потребителя опции и снижается стоимость продукции или услуг. Примером может служить продажа инструментальных пакетов ГИС, которые настраивают по нуждам пользователя.

Признаком цифровой трансформации является расширение использования метамоделирования [29].

Многие процессы цифровой трансформации требуют высокой информационной культуры. Например, различные электронные услуги, включая настройку ГИС, не доступны лицам со слабой компьютерной подготовкой. Следует констатировать, что некоторые признаки цифровой экономики являются признаками цифровой трансформации.

Цифровая трансформация геодезического обеспечения транспорта

Признаки цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта основаны на признаках цифровой экономики. В то же время они видоизменены применительно к транспорту и геодезическому обеспечению. Это следующие признаки: виртуализация транспортных ситуаций, применение пространственных знаний [30], применение геознаний [31], применение распределенных технологий, исключение посреднических технологий, использование методов агрегации технологий и систем.

Цифровая трансформация геодезического обеспечения имеет специальные признаки. Современное развитие общества сопровождается ростом объемов информации. Это ставит проблему селекции информации и ее уменьшения до критически полезной, что решается с помощью моделей информационной ситуации и ситуационного моделирования. Использование

модели информационной ситуации [32] является обязательным условием цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта. Например, в цифровой железной дороге информационная ситуация служит основой принятия решений и управления.

Применение пространственной информации является условием цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта. Применение пространственной информации является обязательным в интеллектуальных транспортных системах [33]. Применение пространственной информации является эффективным при использовании геоинформатики и ГИС. В свою очередь, применение информационных моделей для обработки информации в ГИС [34] является вытекающим из этого условием.

Применение моделей информационного пространства [35-37] является условием цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта. Применение геотехнического мониторинга является условием цифровой

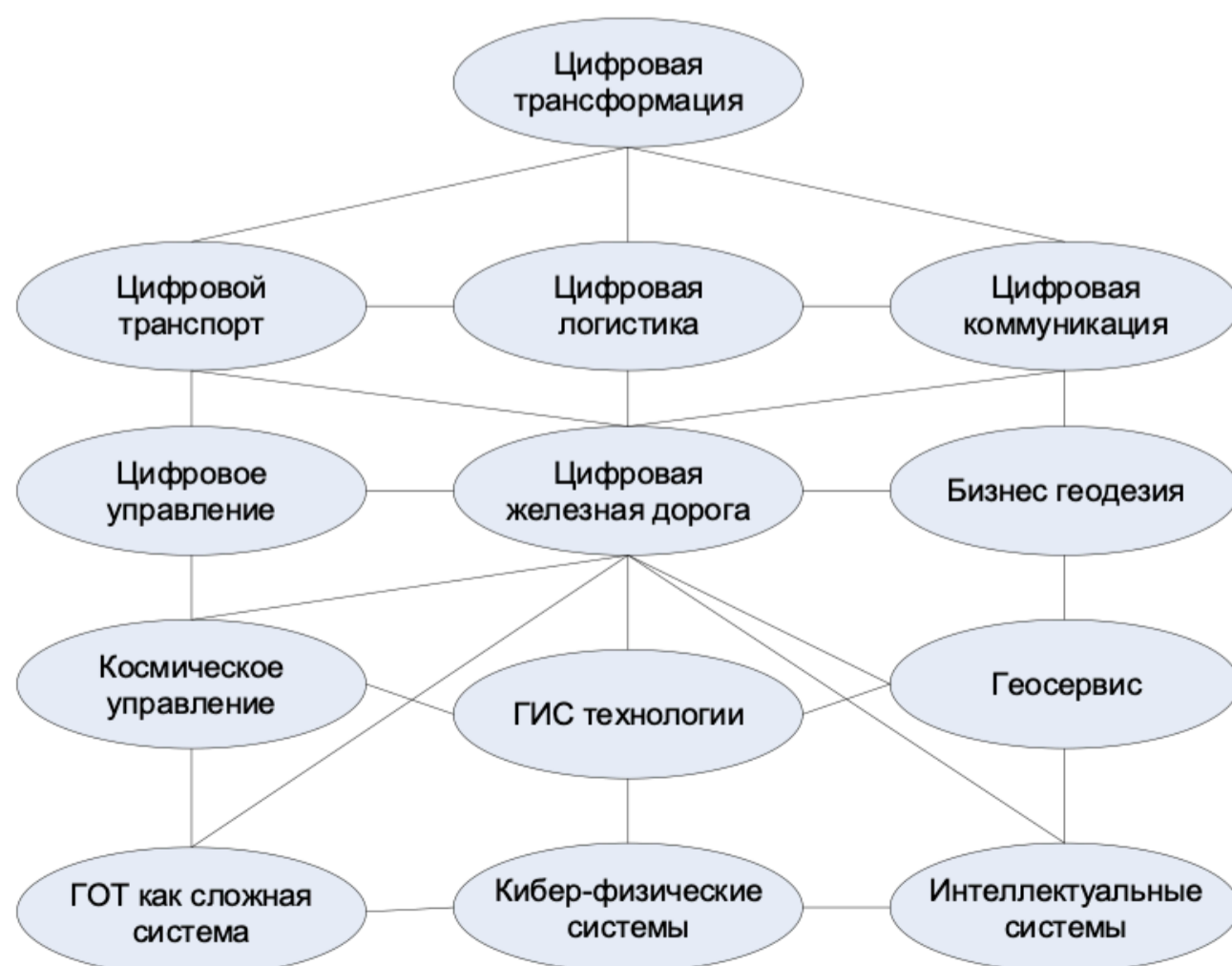
трансформации геодезического обеспечения транспорта

Цифровую трансформацию [38] интерпретируют как «совокупность процессов использования цифровых технологий для создания новых или изменения существующих бизнес-процессов, культуры и клиентского опыта в соответствии с меняющимися требованиями бизнеса и рынка. Это переосмысление бизнеса в цифровую эпоху - это цифровая трансформация».

В рамках исследования цифровой трансформации автором был введен термин «бизнес – геодезия» и проведены его исследования [39]. Этим была установлена еще одна связь между геодезическим обеспечением и цифровой трансформацией. Интересным представляется дальнейшее исследование «бизнес-геодезии» в сфере транспорта.

Как сложная технико-технологическая система геодезическое обеспечение связано с другими сложными системами. На рис. 1 приведена структура цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта.

Рисунок 1. Структура цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта



26

Важным фактором цифровой трансформации геодезического обеспечения транспорта является применение космических технологий для управления и мониторинга транспортной инфраструктуры. Еще одним направлением развития цифровой трансформации геодезического обеспечения является геосервис. Термин «geodetic support» также связывают с «поддержкой геодезических систем» и «геодезическим сервисом», а в широком смысле «геосервисом» [40, 41]. В Российской литературе такие понятия применяют мало.

Заключение

Цифровая трансформация геодезического обеспечения транспорта является инновационным комплексом технологий, повышающим эффективность геодезического обеспечения в любой стране. Она позволяет увеличить эффективность геодезического обеспечения. Цифровизация в геодезическом обеспечении включает получение и использование пространственных знаний. В процессах цифровой трансформации геодезическое обеспечение становится

сложной системой. Анализ понятия «геодезическое обеспечение» показывает, что в условиях цифровой трансформации общества оно эквивалентно понятию система. Системный аспект дает основание рассматривать «геодезическое обеспечение транспорта» как сложную организационно-техническую систему. Прикладной аспект позволяет рассматривать «геодезическое обеспечение» как распределенную прикладную систему. Цифровая трансформация общества связывает геодезическое обеспечение с бизнес-геодезией и геосервисом.

Список литературы

1. Тягунов А. М. Цифровая трансформация в сфере транспорта. // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т.5. 2(18). - С.13-21.
2. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. - 2018. Т.2.- 1(5). - С.69-79.
3. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. 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.
4. Булгаков С.В. Интегрированная логистика // Наука и технологии железных дорог. - 2018. Т.2.- 3(7). - С.57-63.
5. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства // Наука и технологии железных дорог. - 2019. Т.3.- 1(9). - С.46 -52.
6. Бучкин В.А. Геоинформационное пространство в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.- 2(14). - С.34-44.
7. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №1-3. - С.455-459.
8. Tsvetkov V. Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. 2014. № 8-1(80). p.1416-1422.
9. Розенберг И.Н., Цветков В. Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 -67с.
10. Болбаков Р.Г. Взаимодействие субъекта и объекта в информационном поле // Перспективы науки и образования. - 2017. - №1(25). - С.24-28.
11. Mueller M. L. Against sovereignty in cyberspace //International Studies Review. - 2020. - Т. 22. - №. 4. - С. 779-801.
12. Ожерельева Т. А. Цифровое управление // Славянский форум. -2020. - 3(29). -с.44-55.
13. Eroshkin S. Y. et al. Conceptual system in the modern information management //Procedia Computer Science. - 2017. - Т. 103. - С.609-612.
14. Tsvetkov V. Ya. Spatial Relations Economy // European Journal of Economic Studies, 2013, № 1(3). - p.57-60.
15. Gospodinov S. G. The Development of Geodesic Astronomy // Russian Journal of Astrophysical Research. Series A, 2018, 4(1). С. 9-33.
16. Niell A. et al. Demonstration of a broadband very long baseline interferometer system: a new instrument for high-precision space geodesy //Radio Science. - 2018. - Т. 53. - №. 10. - С. 1269-1291.
17. V. G. Bondur, V. Ya. Tsvetkov. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design, 2015, 4 (10), pp. 118-126.
18. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. - 2012. - №4. - С.054-058.
19. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.52.
20. [https://centr-geodezii.ru/inform/o-geodezii/geodezicheskoe-obespechenie.html#:~:text= Геодезическое обеспечение.](https://centr-geodezii.ru/inform/o-geodezii/geodezicheskoe-obespechenie.html#:~:text=Геодезическое%20обеспечение.)
21. <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/geodezicheskoe-obespechenie-territorii-rossiyskoy-federatsii/?contrast=Y.>

27

23. <https://docs.oracle.com/database/121/SPATL/geodetic-coordinate-support.htm#SPATL616>.
24. Болбаков Р.Г., Цветков В.Я. Учет кривизны земли при проектировании высокоточного оборудования. // ИТ – Стандарт. 2021. 3(28). С.56-59.
25. Розенберг И.Н. Информационные революции и информационные потребности // Дистанционное и виртуальное обучение. 2017. - № 4. – С.5-12.
26. Don Tapscott The Digital Economy. Promise and Peril In The Age of Networked Intelligence. Publisher: McGraw-Hill Published: 1994. - 368 p.
27. V. Ya. Tsvetkov. Virtual Modeling // European Journal of Technology and Design, 2016, 1(11), С.35-44.
28. Щенников А.Н. Применение виртуальных блоков в управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – С.17 -26.
29. Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minitaeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P. Metamodelling in the information field // Amazonia Investiga. 2020. Т. 9. № 25. С. 395-402.
30. Lin J., Cao L., Li N. How the completeness of spatial knowledge influences the evacuation behavior of passengers in metro stations: A VR-based experimental study //Automation in Construction. – 2020. – Т. 113. – С. 103136.
31. Tsvetkov V. Ya. Geoknowledge // European Journal of Technology and Design. - 2016, 3(13), pp. 122-132.
32. Цветков В.Я. Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.13-19.
33. Цветков В.Я., Розенберг И.Н. Интеллектуальные транспортные системы - Saarbrücken, 2012. - 297 с.
34. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. -2005. - №2. - С.118-122.
35. Бучкин В.А. Геоинформационное пространство в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 2(14). – С.34-44.
36. Ознамец В.В. Применение спутниковых технологий для создания информационного транспортного пространства // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №1 (17). – С.22-31.
37. Ознамец В.В. Цифровое управляющее пространство// ИТ – Стандарт. 2021. 2(27). С.35-39.
38. <https://www.salesforce.com/products/platform/what-is-digital-transformation>.
39. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Бизнес геодезия. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112с.
40. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение как геосервис // Славянский форум. -2020. – 2(28). - С.237-245.
41. Ознамец В.В. Геомаркетинг и геосервис: Монография. – Saarbruken. 2020. –177с.

28

УДК: 625. 3; 528.9

Геоинформационные технологии и системы
на транспорте

Геоинформатика транспорта в условиях цифровой трансформации

Geoinformatics of transport in the context of digital transformation

Булгаков С.В. к.т.н., доцент, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: bul@bk.ru, Москва, Россия
Bulgakov S. V. PhD, Assoc.Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: bul@bk.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье описано состояние и развитие транспортной геоинформатики в условиях цифровой трансформации. Задачей геоинформатики транспорта является нахождение пространственных отношений в сфере транспорта. Технологии сбора информации в транспортной геоинформатике выполняют важные функции контроля и мониторинга. Статья описывает геоданные как системную основу геоинформатики транспорта. Показано сходство и различие между геоинформационным и пространственным моделированием. Статья раскрывает содержание геоинформационных моделей и пространственных цифровых моделей. Отмечено что одним из важных направлений геоинформатики транспорта является управление и получение новых знаний.

Ключевые слова: транспорт, геоинформатика, пространственная информация, геоданные, геоинформационное моделирование, визуальное моделирование.

Annotation. The article describes the state and development of transport geoinformatics in the context of digital transformation. The task of transport geoinformatics is to find spatial relationships in the field of transport. Information collection technologies in transport geoinformatics perform important control and monitoring functions. The article describes geodata as a systematic basis for transport geoinformatics. Shows the similarities and differences between geoinformation and spatial modeling. The article reveals the content of geoinformation models and spatial digital models. It is noted that one of the important areas of transport geoinformatics is management and acquisition of new knowledge.
Keywords: transport, geoinformatics, spatial information, geodata, geoinformation modeling, visual modeling.

29

Введение

Как показано в [1], геоинформатика является системой наук, и одним из направлений развития геоинформатики является геоинформатика транспорта. Геоинформатика транспорта первоначально являлась развитием идей географии транспортных сетей в геоинформатике.

Де-факто транспортная геоинформатика возникла задолго до появления общей геоинформатики.

Основателем географии транспортных сетей считается немецкий географ и путешественник Иоганн Коль. Он исследовал дороги Германии, США, Великобритании, России, Франции, Голландии, Канады и Австро-Венгрии. Используя системный подход, он обобщил не только типы дорог, но и виды транспортной организации пространства в этих странах. При этом организацию пространства он обосновывал типом и структурой дорог. Таким образом задолго до появления геоинформатики И. Коль использовал геоинформационный подход организации геоинформационного пространства.

Геоинформатика транспорта [2] развивалась на основе интеграции разных наук, не только наук о Земле как традиционная геоинформатика, а на основе развития транспорта и топологии транспортных сетей. Поэтому геоинформатики транспорта включает ряд дополнительных концепций и методов. Традиционная геоинформатика в первую очередь исследует пространство, информационное поле и информационное окружение [3]. Геоинформатика транспорта в первую очередь исследует транспортную инфраструктуру и развитие транспорта в пространстве. Традиционная геоинформатика направлена на получение знаний, пространственных знаний и геознаний [4-6].

Геоинформатика транспорта направлена на получение знаний и пространственных знаний для совершенствования

управления транспортными системами. Традиционная геоинформатика в первую очередь исследует стационарные объекты и как аномалию их движение: осадки деформации. Ее можно рассматривать как геоинформатику стационарных объектов. Геоинформатика транспорта исследует подвижные стационарные объекты и как норму их движение в пространстве. Ее можно рассматривать как геоинформатику подвижных объектов. В силу этого геоинформационные системы на железнодорожном транспорте [7] становятся системами динамического анализа.

Особенности геоинформатики транспорта.

Геоинформатика транспорта, как всякая специальная геоинформатика, имеет свою специфику. Транспорт (от лат. *transporto* — перемещаю), отрасль материального производства, осуществляющая перевозки людей и грузов. Различают наземный, водный и воздушный транспорт. Наземные виды: железнодорожный, автомобильный и трубопроводный; водные — морской и речной; воздушные — авиационный. Транспорт делится также на пассажирский и грузовой. Такая дифференциация приводит к дифференциации геоинформационных моделей и геоинформационных технологий, применяемых в транспортной отрасли.

Геоинформатика, ориентированная на изучение и решение проблем транспорта и транспортной инфраструктуры, называется транспортной геоинформатикой или геоинформатикой транспорта [2, 8]. Поскольку проблемы транспорта многочисленны и разнообразны, в настоящее время транспортную геоинформатику России можно разделить на следующие направления:

- Теоретическая транспорт-

ная геоинформатика. Она направлена на использование и развитие математических методов для анализа и построения моделей транспортных сетей и транспортных потоков в сетях. Теоретическая транспортная геоинформатика направлена на обобщение и развитие научных основ геоинформатики;

- Прикладная транспортная геоинформатика. Она направлена на изучение механизмов образования транспортных потоков, сетей, сети и иерархии узлов, мониторинг состояния транспортных сетей. прикладная транспортная геоинформатика направлена на решение практических задач транспортной сферы и накоплению опыта по решению этих задач;

- Транспортная геоинформатика технологий и видов транспорта. Она изучает пространственную и потоковую специфику: железнодорожного, автомобильного, воздушного, морского, речного, трубопроводного – транспорта. Она изучает проблемы телекоммуникаций на транспорте. Транспортная геоинформатика технологий и видов транспорта основана на интеграции [8, 9];

- Геоинформатика транспортной инфраструктуры. Она изучает проблемы размещения, трехмерного моделирования, проблемы экологии и городского развития;

- Региональная геоинформатика транспорта. Она направлена на изучение механизмов развития транспорта отдельных регионов и стран;

- Социальная геоинформатика транспорта. Она направлена на изучение механизмов социального развития среды и изучение применения социальной кибернетики при развитии транспорта;

- Геоинформатика логистики. Она направлена на изучение механизмов логистики в условиях интенсификации транспортных потоков и проблемы больших данных;

30

Глобальная геоинформатика транспорта. Она направлена на изучение транспортных процессов и потоков на транснациональном пространстве в аспекте глобальных процессов и влияние развития транспорта на состояние и развития цивилизации.

Перечисленные особенности определяют геоинформатику транспорта как комплекснонаучнонаправление, требующее исследования и развития (рис.1).

На рис.1 приведены основные компоненты геоинформатики транспорта (ГТ). Теоретической и методологической основой ГТ являются: науки о Земле, география транспортных сетей, информатика и спутниковые технологии. Объектами исследования ГТ являются объекты на земной поверхности, объекты транспортной инфраструктуры и материальные и информационные потоки. Результатом обработки являются геоданные, как система данных и информационный ресурс. Приложениями ГТ являются: транспорт, социальная сфера, строительство, кадастр, экономика, управление, оборона и другие предметные области.

Ключевыми понятиями, определяющими методологию транспортной геоинформатики, являются: система, системный анализ, логика, топология, пространственные отношения [10], информационные отношения [11], метамоделирование [12], организация геоданных [13], геоинформационное и информационное моделирование, цифровые модели, визуальные и цифровые базы данных. Транспорт можно рассматривать как сложную организационно техническую систему. Отдельные управления и дороги как системы или подсистемы, в зависимости от масштаба рассмотрения. Особенностью геоинформатики транспорта является использование двух типов систем: систем данных и систем обработки информации. Одной из главных задач геоинформатики транспорта

Рисунок 1. Основные компоненты геоинформатики транспорта



является нахождение и установление пространственных отношений [10] между процессами, явлениями и объектами в сфере транспорта. Эта задача решается двумя методами: методом координатных систем [14] и методом классификаций [15].

Метод координатных систем основан на установлении пространственных отношений на основе количественных признаков между геометрическими объектами и их элементами на основе геометрии, алгебры, теории множеств, логики, топологии, математического анализа дифференциальной геометрии и других математических дисциплин. При этом в геоинформатике используют разные координатные системы, но в единой среде, что позволяет переходить при необходимости от одной к другой.

Метод классификаций основан на установлении пространственных отношений на основе качественных признаков между объектами и их элементами и дополняет метод координатных систем в геоинформатике. В совокупности оба метода обеспечивают полноту анализа.

Особенностью развития геоинформатики транспорта является то, что она возникла и развивается

на основе интеграции наук и благодаря этому является инструментом междисциплинарного переноса знаний. Процесс интеграции основан на системном подходе, интеграции знаний, нахождение единства и целостности "интегрируемых" дисциплин, получение синергетического эффекта от интеграции.

Методология геоинформатики транспорта основана на использовании методов информационного и геоинформационного моделирования для получения знаний, моделей или данных, используемых в других дисциплинах. Информационное моделирование как фундаментальный метод познания [16] дает возможность сопоставления явлений на основе использования информационных моделей. Информационное моделирование дополняет и повышает эффективность использования вычислительных средств.

Визуальное моделирование наиболее полно представлено в геоинформатике транспорта. Геоинформатика включает в обработку и анализ графическое представление пространственно распределенной информации, что позволяет эффективно обрабатывать и анализировать региональную

31

информацию и делать наглядный сопоставительный анализ состояния системы образования по субъектам федерации и даже на уровне более мелких территориальных единиц. Визуальное моделирование в геоинформатике транспорта имеет развитие в виде виртуального моделирования [17] и моделирования с использованием смешанной реальности [18]

Включение в геоинформационные технологии данных дистанционного зондирования позволяет оперативно отслеживать все существенные изменения в транспортной сфере и, сопоставляя их с текущей информацией, формировать более точные управленческие решения. Геоинформатика дает инструмент анализа транспортных сетей, дополняя его визуальным. Таким образом, транспортная геоинформатика дает возможность многоаспектно и всесторонне исследовать проблемы транспорта.

Одной из особенностей транспортной геоинформатики является исследование дорог и железнодорожных путей сетевых систем, которые с одной стороны являются сложной системой, как комплекс сооружений и устройств, с другой представляют собой специфические топологические объекты. Это делает необходимым использовать теорию топологии при изучении транспортных систем методами геоинформатики.

Геоинформационный подход в геоинформатике транспорта.

Геоинформатику разделяют на общую, прикладную и специальную. В общей геоинформатике [11] и геоинформатике транспорта [2] применяют геоинформационный подход (рис.2). На рис.2 приведены основные характеристики геоинформационного подхода применительно к транспортной геоинформатике.

Первый этап геоинформационного подхода связан со сбором пространственно-временной информации. К технологиям сбора информации в геоинформатике относят: геодезические (полевые) технологии, фотограмметрические технологии, картографические методы и технологии, технологии дистанционного зондирования Земли, цифровые технологии.

Сбор информации в геоинформатике транспорта завершается формированием геоданных, как основы решения прикладных задач и основы хранения информации в разных системах: в хранилище данных, в базе пространственных данных (БПД) [20], базе геоданных (БГД) [21], в инфраструктуре пространственных данных (ИПД) [22].

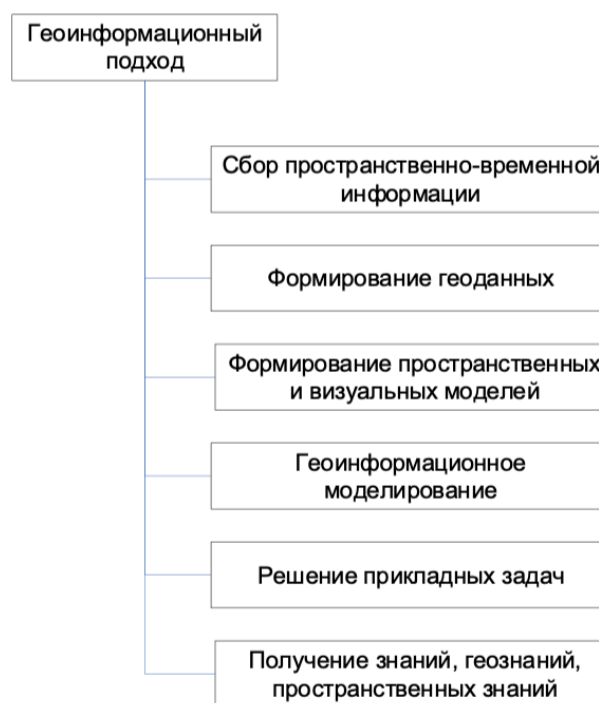


Рисунок 2. Геоинформационный подход в геоинформатике транспорта.

Источниками информации могут быть архивные данные. Для их ввода применяют цифровые методы: дигитализация, сканирование, векторизация, распознавание изображений и прочее. Автоматизированный сбор выполняется без участия человека и предполагает прямое подключение информационно-измерительной системы к измерениям. Первичные данные формируют фактофиксирующие модели [23], которые являются моделями данных.

Для обеспечения сопоставимости данных, полученных в разное время и разными приборами, используют принцип единства измерений.

Систематизация собранной информации завершается формированием геоданных. При этом применяют когнитивное пространственное моделирование [24]. С помощью геоинформационной системы (ГИС) [7] формируют цифровые модели и визуальные модели. Геоинформационное моделирование служит основой решения прикладных задач. Итогом деятельности геоинформатики транспорта является получение и накопление новых знаний, следует отметить, что в процессе получения новых знаний, которые являются явными знаниями, происходит работа по трансформации неявных знаний в явные.

Технологии сбора информации в геоинформатике транспорта

Технологии сбора информации играют важную роль в транспортной геоинформатике. Если в общей геоинформатике их основная функция сбор и накопление информации, то в транспортной геоинформатике сбор информации выполняет не менее важные функции контроля и мониторинга [25]. При этом мониторинг в геоинформатике транспорта является в основном геотехническим мониторингом [26]. Мониторинг в обычной геоинформатике выполняет в качестве основной функции - функцию наблюдения. Мониторинг в геоинформатике транспорта выполняет в качестве основной функции - функцию управления. Это обусловлено тем, что в транспортной геоинформатике исследуют подвижные объекты и динамические объекты типа пути, которые подвержены смещению в процессе эксплуатации. Одной из основных групп технологий сбора информации в геоинформатике

32

являются геодезические технологии сбора информации. К этой группе технологий относят также технологии спутникового позиционирования. В основе методов сбора информации в этой группе технологий лежат геодезические измерения. В геодезических технологиях измеряют координаты точек и собирают семантическую информацию.

Важной группой технологий сбора является группа фотограмметрических технологий сбора информации. Фотограмметрические технологии используют фотоснимки. Фотограмметрические технологии связаны с геодезическими технологиями. Современная фотограмметрия использует разные виды изображений, получаемые с помощью фотокамер, цифровых камер, телевизионных камер, сканерных съемочных систем, радиолокационных и систем мобильного лазерного сканирования и т.д.

В фотограмметрии существует три направления представления пространственной информации в виде моделей. Первое направление связано с созданием карт и планов по снимкам. В транспортной геоинформатике оно связано с созданием электронных карт. Второе направление в фотограмметрии связано с решением прикладных задач. Его называют прикладной фотограмметрией. Прикладная фотограмметрия используется на транспорте, в архитектуре, в строительстве, в земельном кадастре, при мониторинге земель, при мониторинге за осадками и деформациями сооружений и т.д. Третье направление, связанное с получением информации об объектах на земной поверхности с космических носителей, называют космической фотограмметрией [27]. Космическая фотограмметрия в геоинформатике транспорта помогает организовывать космическое управление транспортом. Результатом фотограмметрической обработки являются не только отдельные

точки, но и визуальные модели: фотосхема и фотоплан. Фотосхема есть изображение местности, полученное в результате монтажа не трансформированных плановых аэрофотоснимков по их общим точкам или по направлениям. Фотоплан есть изображение местности, полученное в результате монтажа трансформированных аэрофотоснимков.

В геоинформатике транспорта применяют сбор информации с использованием картографической информации. Исходной основой служат бумажные карты, сканированные изображения карт, электронные карты, которые переводят в цифровые карты других масштабов.

В геоинформатике транспорта широко применяют методы сбора с помощью космических методов или дистанционного зондирования. Преимущество методов дистанционного зондирования по отношению к наземным и воздушным методам наблюдений состоит в одновременном получении информации на крупные территории и удаленные объекты. Один космический снимок может охватывать территорию, которую покрывают до 1000 аэрофотоснимков. В широком смысле дистанционное зондирование (ДЗ) можно рассматривать как технологию получения неконтактными методами информацию об объектах. Поэтому наземная и воздушная фотограмметрия попадают в эту категорию. Однако, традиционно дистанционным зондированием называют получение информации с использованием аппаратуры, установленной на борту космических аппаратов. Космическая съемка – это вид дистанционного зондирования съемка Земли и небесных тел аппаратурой, находящейся за пределами атмосферы Земли и дающей изображения в различных областях электромагнитного спектра.

Геоданные в геоинформатике транспорта.

Геоданные [28, 29] являются результатом сбора и формирования [30] собранной информации в геоинформатике транспорта и общей геоинформатике. Они представляют собой стандартизованную структуру данных. С понятием геоданных связаны науки, в названии которых «гео» входит как часть: география, геология, геодинамика, геодезия, геоинформатика и др. С понятием «геоданные» связаны научные направления, в состав данных которых «гео» входит содержательно. Это: транспорт, кадастр, туризм, пространственное управление, логистика, фотограмметрия, картография и др. Области, которые содержательно используют «гео», также применяют геоданные.

Геоданные можно определить как комплексные тематические, пространственные и временные данные, описывающие свойства объектов, процессов и явлений наземной поверхности, в околоземном пространстве, под земной поверхностью. В геоинформатике геоданные (GD) обязательно структурированы. Они включают три группы данных «место», «время», «тема» и имеют вид:

$$GD = \Phi\{(C_1, C_2, \dots, C_n), (Pt_1, Pt_2, \dots, Pt_m), (A_1, A_2, \dots, A_k)\} \quad (1)$$

В выражении (1) C_i – группа «место», совокупность координатных (пространственных) параметров ($i=1..n$); Pt_i – группа «время», совокупность временных параметров ($i=1..m$); A_i – группа «тема», совокупность тематических характеристик ($i=1..k$). В зависимости от решаемых задач эти группы имеют разную детализацию. Стандартизованная структура геоданных делает их удобными для компьютерной обработки и моделирования. Общая геоинформатика применяется в разных предметных областях, что приводит к понятию «геоданные предметной области». Геоданные предметной области

33

преобразуют в цифровые карты, цифровые модели и тематические модели предметной области. Геоданные используют информационную модель как интегрированную информационную основу [31, 32]. Поэтому отличием геоданных от многих данных является интегрированная информационная основа, которая включает данные разных предметных областей. При обработке используют геоданные нужной предметной области. Геоданные не только описывают объекты, но и отражают отношения между ними. Формально это отражается объединяющим свойством геоданных, которое называется гео-референция [33]. Это свойство отражает наличие различных связей, возникающих в геоданных на основе пространственной локализации или географической локализации.

Спецификой геоданных является структуризация их на три качественных групп «место (place), время (time), тема» (topic). На рис. 3 дана структура геоданных.

На рис.3 столбцами обозначены основные группы «место, время, тема» в виде пространственных геоданных (ГД), временных геоданных, тематических геоданных. Между столбцами существуют разные виды связей, которые обозначены стрелками. Пространство и время разные понятия, следовательно, пространственные данные не включают временные, а временные не зависят от пространственных. Совокупность этих групп данных образует класс пространственно-временных данных. Эти данные связаны между собой с помощью связей «пространство-время»(СПВ). Существуют связи «тема-время» (СТВ) и связи «пространство-время-тема» (СПВТ). Геоданные (рис.3) включают связи «пространство-время-тема» (СПВТ). В геоданные не входят данные математических абстрактных пространств (МАП), таких как Гильбертово пространство. В состав геоданных земной геоинформатики не входят данные

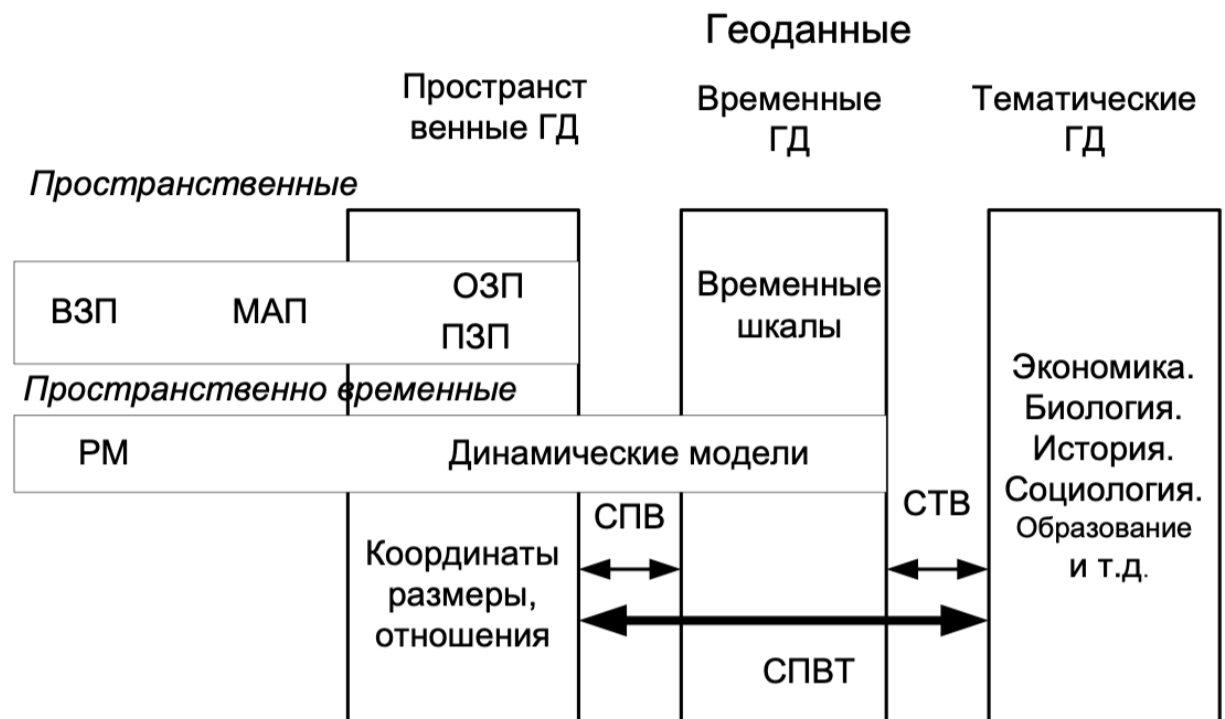


Рисунок 3. Структура геоданных

внеземных пространств. В пространственную группу входят данные об объектах в околоземном пространстве, данные об объектах на земной поверхности, данные об объектах под земной поверхностью. Это подмножество геоданных называют геопространственными данными. Геопространственные данные (ГПД) это часть пространственных данных и данных, связанных только с Землей. Геопространственные данные не могут быть на Луне или на Марсе. В отличие от этого, пространственные данные могут быть получены на Луне, на любой планете Солнечной системы. Пространственно-временная группа данных входит частично в геоданные. Данные релятивистской механики (РМ) не входят в состав геоданных. Формально совокупность геоданных (ГД) может быть описана как

$$ГД = \Phi(ГПД, ВРД, ТД, SCon, SRel) \quad (2)$$

В выражении (2) ГПД- геопространственные данные, ВРД - временные данные, ТД - тематические данные, SCon – пространственные связи, SRel - пространственные отношения. Если геоданные служат инструментом управления, что характерно для транспорта, в их состав включается параметр - время применения (Тпр). Этот параметр определяет допустимое суммарное

время получения геоданных и формирование управляющего воздействия. Геоданные позволяют связывать объекты на земной поверхности друг с другом. При компьютерной обработке в ГТ геоданные делят на такие категории:

- Экономические характеристики объектов или явлений на земной поверхности;
- Геометрические характеристики (положение и форма объектов - иногда эти данные упрощенно называют пространственными);
- Топологические характеристики (это обязательно для ГТ);
- Визуальные характеристики, такие как сигнатура, цвет, отображение;
- Топографические характеристики;
- Метаданные;
- Темпоральные характеристики.

Такое многообразие обеспечивает эффективное применение геоданных в различных областях не только пространственную категорию, но и как инструмент управления и инструмент поддержки принятия решений.

Геоинформационное моделирование в транспортной геоинформатике.

Геоинформационное моделирование

34

[34-36] относится к видам пространственного моделирования. Пространственное моделирование, как технология, представляет собой построение пространственной модели и действия с пространственной моделью. Геоинформационное моделирование может быть рассмотрено как метод научного познания. Как метод научного познания геоинформационное моделирование направлено на получение геознания и построение картины мира [37]. Геоинформационное моделирование имеет когнитивный аспект и может быть рассмотрена как форма отражения действительности в когнитивном пространстве.

Геоинформационное моделирование дает возможность переноса результатов, полученных в ходе построения и исследования моделей, на оригинал, и тем самым решает задачу переноса знаний. Главными направлениями геоинформационного моделирования являются: визуальное моделирование, эвристическое моделирование, пространственное моделирование, когнитивное моделирование, логическое моделирование и картографическое моделирование. Базисом геоинформационного моделирования являются геоданные. А результатом – геоинформационные модели. Геоинформационное моделирование может быть реализовано с использованием ГИС, с использованием ИС, с использованием САПР, с использованием вычислительных средств.

Геоинформационное моделирование имеют сходство и различие с пространственным моделированием. Сходство в том, что пространственное и геоинформационное моделирование – объективный практический критерий проверки истинности знаний. Геоинформационное моделирование направлено на получение в первую очередь пространственных знаний и геознаний. Оно создает в итоге новые информационные и гео-

информационные модели и информационные ресурсы.

Пространственное моделирование направлено на получение пространственных моделей, которые затем используют для разных целей. Пространственное моделирование создает пространственные модели, которые могут иметь разные принципы построения, разные структуры и разные связи между типами данных и разные типы данных. Геоинформационное моделирование создает и использует геоинформационные модели, которые стандартизованы, имеют общие принципы построения, имеют одинаковые структуры, имеют стандартизованные типы данных. Поэтому геоинформационное моделирование с большой легкостью реализуется в компьютерных технологиях, а геоинформационные модели с большей легкостью или меньшей сложностью обрабатываются в вычислительных системах.

В геоинформационном моделировании пространственный объект заменяется геоинформационной моделью. В модели входят множество параметров, связанных между собой. Если пространственная модель или геоинформационная модель включает информацию не только об объекте моделирования, но и информацию о его семантическом окружении [38-40], то такая модель является моделью информационной ситуации [41]. Модель информационной ситуации может быть построена с применением пространственных или геоинформационных моделей, или с помощью их комбинации.

В редких случаях пространственная модель, а геоинформационная модель всегда, обладает свойством системности и может быть рассмотрена как система. Геоданные обладают свойством системности [42], поэтому геоинформационная модель также обладает свойством системности. Для геоинформационной и пространственной модели характерно наличие жизненного

цикла. Жизненный цикл зависит от ресурсов моделирования [43]. Часть параметров геоинформационной модели определяют на основе измерений параметров пространственного объекта. Другая часть параметров определяется на основе расчетов. Поэтому информационно-измерительные технологии предшествуют процессу построения геоинформационной модели и геоинформационному моделированию.

Геоинформационное моделирование извлекает неявные знания [44, 45], фиксирует факты, интерпретирует пространственные явления и служит основой прогнозирования. Геоинформационное моделирование позволяет описывать процессы взаимодействия реальных объектов или взаимодействие объектов и внешней среды. Особенностью геоинформационного моделирования является использование пространственных отношений. Геоинформационное моделирование может выглядеть как визуальное знаковое моделирование. Знаковое геоинформационное моделирование использует наборы информационных единиц. При исследовании скрытых явлений, при выявлении латентных связей предпочтительным является математическое моделирование. Математическая модель представляет собой совокупность формальных описаний (формул, уравнений, неравенств, логических условий), отражающих реальный процесс изменения состояния объекта в зависимости от различных внешних и внутренних факторов. Особенностью геоинформационного математического моделирования является использование пространственной топологии.

При исследовании пространственных объектов широко применяют пространственное цифровое моделирование. В информатике и геоинформатике цифровое пространственное моделирование заключается в использовании

35

математических методов для моделирования пространственных объектов. Это приводит к понятию дискретная или цифровая модель. В широком смысле цифровая модель (ЦМ) - это информационная дискретная модель, сформированная для обработки на компьютере. В узком смысле цифровая пространственная модель - это модель пространственных объектов, в которой обязательными параметрами являются: координаты, размеры, габариты, точность координат, масштаб и т.д. Естественно, что эта модель предназначена для обработки в геоинформационных технологиях.

Определяющим в названии цифровая модель является то, что она сформирована в дискретном виде, который воспринимает компьютер и может проводить обработку на этой основе или хранить ее в базе данных. Цифровые модели могут храниться в базах данных, базах геоданных или в виде файлов. Наибольшее распространение цифровые модели нашли в геоинформатике, проектировании, строительстве, архитектуре, экологии и др. Цифровые модели содержат различные типы информации. По аспекту пространственных отношений выделяют метрическую и атрибутивную типы информации. По аспекту семиотического анализа выделяют метрическую, семантическую и синтаксическую составляющие. Метрическая информация определяет положение подвижного или неподвижного объекта путем задания, как правило, местных координат. Важным отличием метрической информации цифровых моделей, полученных по реальным измерениям, является погрешность построений. Она обусловлена ошибками измерений и ошибками вычислений. Эта характеристика определяет возможность применения цифровой модели в практической деятельности.

Атрибутивная информация в ЦММ

определяет свойства объекта. Она задает связи и отношения, а также условия применения. Семиотический аспект позволяет, рассматривая ЦМ как семантическую модель. Он дает основание применять известные в информатике оценки: коэффициент информативности и коэффициент содержательности цифровой модели. Семантическая часть информации определяет ее содержательную сторону, она связана с описанием пространственного объекта и его окружения. Синтаксическая информация определяет набор правил и отношений работы с цифровой моделью как с обычной информационной моделью. Она связана с классификацией и правилами построения моделей. Аспект рассмотрения структуры цифровой модели позволяет выделить в ней логическую и физическую структуры. Логическая структура ЦМ определяется как схема связи ее частей. Элементом логической структуры ЦММ является логическая информационная единица. Физическая структура ЦММ определяется способом записи или хранения ЦММ на компьютере или в базе данных. Она использует форматы данных, размеры кластеров, слов и т.д. Элементом физической структуры ЦММ является физическая запись.

Среди пространственных цифровых моделей выделяют разные типы: цифровая модель местности, цифровая модель объекта, цифровая модель явления, цифровая модель процесса. Наибольшее применение в САПР и геоинформатике находит цифровая модель местности. Цифровая модель местности (ЦММ) - информационная пространственная модель местности, предназначенная для описания местности и для обработки в компьютерных технологиях.

Геоинформационное моделирование связано со многими видами моделирования. Оно требует предобработки собранной пространственной информации. Оно использует сначала гео-

данные и затем цифровые модели. Геоинформационное моделирование может быть эвристическим при участии человека в обработке пространственной информации с помощью ГИС. Геоинформационное моделирование может рассмотрено как технологическая система, которая может быть сложной или простой в зависимости от комплекса задач и условий. Геоинформационное моделирование в широком смысле - это технология обработки пространственной информации, которая используют любые информационные системы, например Автокад. Геоинформационное моделирование применяют при геоинформационном мониторинге и геомониторинге.

Заключение

Задачами развития транспортных систем и систем управления транспортом становятся не просто получение и обработка пространственной информации, а приобретение, накопления и применение знаний. Это определяет связующую роль геоинформатики транспорта в развитии научных направлений управления транспортом. Современная геоинформатика транспорта опирается на новые информационные технологии и логико-математические методы описания и методы искусственного интеллекта.

В геоинформатике транспорта используют статистическую, социально-экономическую, экологическую, проектную, оптимизационную, теоретико-множественную, теоретико-игровую и другие виды информации. В отличие от информатики обработка данных в геоинформатике транспорта использует не идеальные данные, ареальные, содержащие погрешности. Это накладывает ряд дополнительных требований к обработке и оценке качества ее результатов.

Геоинформатика транспорта - научное направление, связанное со сбором геоданных, построением простран-

36

венных моделей и моделировании, созданием информационных ресурсов, применением этих ресурсов для управления транспортными системами и сетями.

Современная геоинформатика транспорта имеет широкое применение в различных сферах деятельности. Она связывает комплексные методы обработки информации и в первую очередь в сфере транспорта с различными

областями познания и практического применения. Ее методы, в частности геоинформационные технологии и системы могут быть использованы в органах управления транспортными системами, для оптимизации транспортных потоков и т.д. Одной из особенностей развития транспортной геоинформатики является то, что терминологически и интеграционно она тесно связана с науками о Земле,

в то время как в аспекте приложения она значительно шире используется в сфере транспорта. Применение геоинформатики транспорта позволяет по-новому решать известные задачи проектирования и мониторинга объектов сферы транспорта и создавать новые технологии обеспечения безопасности движения и повышения эффективности транспортных систем.

Список литературы

1. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформатика как система наук // Геодезия и картография. – 2013. – №4. – С.52-57.
2. Андреева О.А. Геоинформатика транспорта. – Saarbruken, 2020. –180с. ISBN 978-620-0-50592-7.
3. Tsvetkov V. Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. 2014. № 8-1(80). p.1416-1422.
4. Раев В.К. Извлечение геознаний // Славянский форум. -2020. – 4(30). – С.95-104.
5. V. Ya. Tsvetkov. Geoknowledge // European Journal of Technology and Design. - 2016, 3(13), pp. 122-132.
6. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132с.
7. Розенберг И. Н. Геоинформационные системы на железнодорожном транспорте // Науки о Земле. - №4-2012.- С.86-90.
8. Коваленко Н.И. Интеграция геоинформатики и логистики // Перспективы науки и образования- 2014. - №6. – С.26-30.
9. Булгаков С.В. Интегрированная логистика // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 3(7). – С.57-63.
10. Савиных В.П. Информационные пространственные отношения // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. - №1 (18). – С.79-88.
11. Цветков В.Я. Отношение, связь, соответствие // Славянский форум, 2016. -2(12). – С.272-276.
12. Tsvetkov V.Ya., Shaitura S.V., Minataeva A.M., Feoktistova V.M., Kozhaev Yu.P., Belyu L.P. Metamodelling in the information field // Amazonia Investiga. 2020. Т. 9. № 25. С. 395-402.
13. Кудж С. А. Организация геоданных // Вестник МГТУ МИРЭА. - 2014 - № 1 (2) - С.106-112.
14. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 -67с.
15. Елсуков П.Ю. Классификация и типизация в информатике // Перспективы науки и образования. - 2016. - №2. - С.7-11.
16. Лотоцкий В.Л. Пространственное информационное моделирование // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 3 (15). – С.114-122.
17. Tsvetkov V. Ya. Virtual Modeling // European Journal of Technology and Design, 2016, 1(11), pp. 35-44.
18. Болбаков Р.Г., Мордвинов В.А., Синицын А.В. Смешанная реальность как образовательный ресурс//Образовательные ресурсы и технологии.– 2020. – № 4 (33). – С. 7-16.
19. Цветков В. Я., Лонский И. И., Булгаков С. В. Общая и прикладная геоинформатика : учебник. – Москва: МАКС Пресс, 2021. – 200 с.
20. Матчин В.Т. Обновление баз данных с пространственной информацией // Славянский форум, 2015. - 3(9) - С.173-180.
22. Матчин В.Т. Состояние и развитие инфраструктуры пространственных данных // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №1(9). – С.137-144.
23. Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. - №9-3. – С.487.
24. Tsvetkov V. Ya. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information // European Journal of Technology and Design. - 2015, 4 (10), pp. 149-158.
25. Розенберг И. Н. Геоинформационный мониторинг транспортных объектов // Науки о Земле. - 2012.- №3. - С.20-25.
26. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. - 2012. - №4. - С.054-058.
27. V. G. Bondur, V. Ya. Tsvetkov. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design, 2015, 4 (10), pp. 118-126.
28. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование. - 2006. - №1. - С.12- 14.
29. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - С.50-1.

37

30. Матчин В.Т. Формирование геоданных // Славянский форум, 2015. - 2(8) - С.185-193.
31. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №4. - С.150-154.
32. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005. - №2. - С.118-122.
33. Forbes A., Janée G. Visually Browsing Georeferenced Digital Libraries // Geoinformatics. - 2007.
34. Андреева О.А. Геоинформационное моделирование // Славянский форум. - 2019. - 2(24). - С.7-12.
35. Булгаков С. В. Геоинформационное моделирование: учебное пособие. - Москва: МАКС Пресс, 2019. - 68с.
36. Бучкин В.А. Цифровое моделирование и геоинформационное моделирование // Славянский форум. - 2020. - 2(28). - С.15-23.
37. Бутко Е. Я. Геоинформатика как метод построения картины мира // Славянский форум. - 2017. - 1(15). - С.34-41.
38. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2014. - № 10 - С.21-24.
39. Awange J., KIEMA J. B. Environmental Geoinformatics - Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2013. - 978p.
40. V. Ya. Tsvetkov. Semantic environment of information units // European researcher. 2014, № 6-1 (76). p. 1059-1065.
41. Павлов А.И. Пространственная информационная ситуация // Славянский форум, 2016. - 4(14). - С.198-203.
42. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365-368. DOI: 10.1134/S1019331614050049.
43. Матчин В.Т., Рогов И.Е. Жизненный цикл программного обеспечения обучающих систем // Образовательные ресурсы и технологии. - 2020. - № 1 (30). - С. 49-57.
44. Цветков В.Я. Неявное знание и его разновидности // Вестник Мордовского университета. - 2014. - Т. 24. № 3. - С.199-205.
45. R. G. Bolbakov. Tacit Knowledge as a Cognitive Phenomenon // European Journal of Technology and Design, 2016, 1 (11), pp. 4-12, DOI: 10.13187.

38

УДК: 001.895, 656.25, 629.067

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Синтез цифро-аналоговых преобразователей для перспективных бортовых вычислителей локомотивов на основе оптических технологий

Synthesis of digital-to-analog converters for advanced onboard computers of locomotives based on optical technologies

Соколов С.В., Д.т.н., профессор, Главный научный сотрудник, АО «НИИАС», E-mail: s.v.s.888@yandex.ru, Москва, Россия

Sokolov S.V. Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, JSC NIIAS, E-mail: s.v.s.888@yandex.ru, Moscow, Russia

Охотников А.Л., Руководитель Центра стратегического развития, АО «НИИАС», E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия

Okhotnikov A.L. Center for strategic development, Head, JSC «NIIAS», E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia

Соколова О.И., Д.т.н., профессор, профессор кафедры, РГУПС, E-mail: sok-ol@yandex.ru, Ростов-на-Дону, Россия

Doctor of Technical Sciences, Professor, professor of the department, RGUPS, E-mail: s.v.s.888@yandex.ru, Rostov-on-Don, Russia



Аннотация. Для перспективных бортовых вычислителей локомотивов рассматривается синтез сверхбыстро оптического цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), обеспечивающего преобразование цифровой информации в аналоговую в гига- и терагерцовом диапазоне. Помимо преобразования двоичных кодов, предложенный оптический ЦАП обеспечивает возможность цифро-аналогового преобразования в цифровых системах, построенных на основе N-значной логики. Приведена функциональная схема оптического ЦАП, содержащая технологически отработанные на сегодняшний день оптические элементы, подробно описан принцип действия. Показана возможность реализации данного ЦАП с быстродействием, потенциально возможным для оптических схем обработки информации.

Ключевые слова: оптический цифро-аналоговый преобразователь, оптический транспарант, оптический сумматор, интегральная оптика

Annotation. The synthesis of an ultra-fast optical digital-to-analog converter (DAC), which provides the conversion of digital information into analog information in the giga- and terahertz ranges, is considered for promising onboard computers of locomotives. In addition to converting binary codes, the proposed optical DAC provides the possibility of digital-to-analog conversion in digital systems built on the basis of N-digit logic. The functional scheme of an optical DAC containing technologically proven optical elements is presented, the principle of operation is described in detail. The possibility of implementing this DAC with a speed potentially possible for optical information processing circuits is shown.

Keywords: optical digital-to-analog converter, optical transparency, optical adder, integrated optics.

39

Введение

Быстродействие бортовых вычислителей локомотивов, а также любой информационно-управляющей системы, особенно для решения задач автоматического управления поездом, в значительной степени зависит от мощности микропроцессорного вычислителя и быстродействия интерфейса системы, в том числе при необходимости управления киберфизическими системами или технологическими процессами в реальном масштабе времени. Структурная схема всех систем управления поездом имеет стандартную конфигурацию: система датчиков — устройство ввода — микропроцессорный вычислитель — устройство вывода — исполнительные элементы. В зависимости от решения конкретной задачи система датчиков (измерителей) передает в микропроцессорный вычислитель, работающий с N-значными кодами, необходимую информацию, которая после обработки через устройство вывода (буферное устройство) поступает на аналоговые исполнительные элементы, управляющие соответствующим оборудованием, например, тяговым.

В этом случае особое значение приобретает быстродействие буферных устройств, осуществляющих преобразование цифровой информации, вырабатываемой процессором, в аналоговую, используемую в устройствах управления локомотивов или их исполнительных элементах (далее — цифро-аналоговых преобразователей). Для многоразрядных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) с числом разрядов $N > 15$, проблема требуемого быстродействия — обработки информации в гигагерцовом (и большем) диапазоне, до настоящего времени практически не решена [1-7]. Более того, для интенсивно разрабатываемых в настоящее время инфокоммуникационных и вычислительных систем, использующих N-значную логику, обеспечивающую принципи-

ально иной уровень быстродействия по сравнению с традиционными системами [1], таких преобразователей нет в принципе.

В настоящее время известны различные виды ЦАП:

- построенные на основе использования электронных функциональных элементов [8],
- оптоэлектронные ЦАП на основе волноводных модуляторов типа Маха-Цендера [9],
- оптические ЦАП на основе использования распределенных оптических волноводов [10] и др.

Очевидными недостатками электронных ЦАП являются низкое быстродействие, еще более уменьшающееся с ростом разрядности ЦАП, и большая сложность. Эти же недостатки, обусловленные необходимостью использования в ЦАП большого числа электронных элементов (фотодетекторов, усилителей и др.) с суммарным временем срабатывания $\geq 10^{-6}$ сек, присущи и ЦАП на основе волноводных модуляторов Маха-Цендера [9]. Подобные недостатки не позволяют использовать данные виды ЦАП при обработке информации в гигагерцовом и больших диапазонах. Более того, все существующие на сегодняшний день схемы ЦАП не универсальны и могут быть использованы только для преобразования двоичных кодов, и ни в коей мере — для преобразования N-значных кодов. В то же время очевидно, что отсутствие быстродействующего интерфейса сводит на «нет» все преимущества любого вычислителя, в связи с чем разработка ЦАП, обеспечивающих буферное взаимодействие процессора (в том числе, построенного на основе N-значной логики) с исполнительными устройствами в реальном времени, является в настоящее время весьма актуальной задачей.

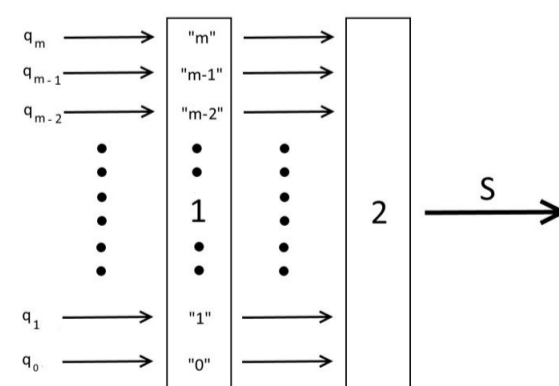
Постановка задачи

В связи с этим, рассмотрим далее возможность синтеза универсального оптического ЦАП, обеспечивающего преобразование N-значного позиционного (в том числе и двоичного) кода в аналоговый сигнал в системах управления и связи локомотивов, обработка информации в которых осуществляется в гигагерцовом и больших диапазонах.

Функциональная схема и принцип действия оптического ЦАП

На рис.1 представлена функциональная схема оптического N-значного $(m+1)$ -разрядного ЦАП. Оптический ЦАП состоит из последовательно соединенных и оптически связанных оптического транспаранта 1 и оптического сумматора 2. В свою очередь, оптический транспарант 1 состоит из $(m+1)$ участков с постоянными функциями пропускания, равными N^{i-m} , где i — номер участка ($i = 0, \dots, m$), i -м входом оптического транспаранта является вход его i -го участка, i -м выходом — выход i -го участка.

Рисунок 1. Функциональная схема оптического N-значного $(m+1)$ -разрядного ЦАП



Оптический сумматор 2 может быть выполнен в виде фокусирующей линзы (например, голографической), $(m+1)$ -входного оптического объединителя и др. Выбор схемы оптического сумматора определяется, в основном, требованиями по точности суммиро-

40

вания оптических потоков с выхода оптического транспаранта 1 и миниатюризации всего устройства.

Входами N-значного (m+1)-разрядного оптического ЦАП являются соответствующие входы оптического транспаранта 1, а выходом - выход оптического сумматора 2. Следует при этом отметить, что разрядность данного оптического ЦАП определяется не только разрядностью бортового вычислителя, но и возможностями технологий, используемых при изготовлении оптического транспаранта и оптического сумматора. В связи с тем, что в текущей и в ближайшей перспективе разрядности бортовых вычислителей не превысят 64, то использование современных нанометровых пленочных технологий при изготовлении оптического транспаранта и интегральной волноводной или голографической оптики при изготовлении оптического сумматора в состоянии полностью обеспечить потребности локомотивных бортовых вычислительных комплексов – как существующих, так и перспективных.

Устройство работает следующим образом.

На i-й вход N-значного (m+1)-разрядного оптического ЦАП – т.е. на i-й вход (i-й участок) оптического транспаранта 1, поступает оптический сигнал с амплитудой $q_i \cdot N^m$ условных единиц, где q_i - значение i-го разряда N-значного m-разрядного входного кода, подлежащего аналоговому преобразованию ($q_i \in [0, N-1]$, $i = 0, \dots, m$).

Т.к. функция пропускания i-го участка оптического транспаранта 1 равна N^{i-m} , то на его выходе – т.е. на i-м выходе оптического транспаранта 1, будет сформирован оптический сигнал с амплитудой $q_i \cdot N^i$ усл. ед. Оптические сигналы со всех выходов оптического транспаранта 1 поступают на соответствующие входы оптически с ним связанного оптического сумматора 2, на выходе которого формируется оптический сигнал с амплитудой S усл. ед., равной:

$$S = q_m \cdot N^m + q_{m-1} \cdot N^{m-1} + q_{m-2} \cdot N^{m-2} + \dots + q_i \cdot N^i + \dots + q_1 \cdot N + q_0,$$

т.е. аналоговому выражению входного N-значного m-разрядного кода

$$\{q_m, q_{m-1}, q_{m-2}, \dots, q_i, \dots, q_1, q_0\}.$$

Время прохождения сигнала через предложенную схему оптического ЦАП (время его задержки) не зависит от его разрядности и при интегральном исполнении оптического транспаранта и сумматора составляет доли пикосекунд, что на сегодняшний день не имеет мировых аналогов.

Заключение

Быстродействие данного универсального оптического ЦАП и возможность его сверхминиатюрного и простого исполнения обеспечивают возможность его широкого использования в перспективных бортовых вычислителях локомотивов и других системах обработки информации, функционирующих в гига- и терагерцовом диапазоне, в том числе, в цифровых информационных системах, построенных на основе N-значной логики. Широкое внедрение таких устройств позволит сократить время передачи данных от датчиков к управляющим устройствам, что является важным элементом для повышения безопасности движения поездов, в том числе для управления в автоматическом режиме, а также при движении поездов на высокоскоростных магистралях, где незначительный выигрыш во времени при оценке и принятии решения может предотвратить аварийную ситуацию и сберечь жизни людей.

41

Список литературы

1. Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. - М.: Высшая школа, 1988.
2. Leith E.N. The evolution of information optics. IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 2000, 6, P.1297–1304.
3. Bai J., Chandraker M., Ng T.-T., Ramamoorthi R. A dual theory of inverse and forward light transport. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision; Springer, 2010; P. 294–307.
4. Athale R.A., Collins W.C. Optical matrix–matrix multiplier based on outer product decomposition. Appl. Opt. 1982, 21, P.2089–2090.
5. Guilfoyle P.S., Rudokas R.S., Stone R.V., Roos E.V. Digital Optical Computer II (DOC-II): Performance Specifications; Opticomp Corp. Zephyr Cove Nv, 1992.
6. Goodman J.W. Introduction to Fourier optics; Roberts and Company Publishers, 2005.
7. Psaltis D., Athale R.A. High accuracy computation with linear analog optical systems: a critical study. Appl. Opt. 1986, 25, P.3071–3077.
8. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: ДМК пресс, 2008.
9. Семенов А.С., Смирнов В.Л., Шмалько А.В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. М.: Радио и связь, 1990. 176с.
10. Соколов С.В. Оптический функциональный преобразователь / Патент РФ N 2020550, 1990г.

42

УДК: 004.624

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Шаблоны проектирования операций импорта для подсистемы обеспечения технологических процессов справочными данными

Design patterns for the import operations of the subsystem for provisioning reference data to the technological processes

Леонтьев Б. П., к.т.н., главный специалист, АО «НИИАС», E-mail: b.leontyev@vnias.ru, Москва, Россия

Leontyev B. P. PhD, chief specialist, JSC «NIAS», E-mail: b.leontyev@vnias.ru, Moscow, Russia



Аннотация. В статье исследуются трудности при разработке операций импорта записей и связей нормативно-справочной информации в подсистему обеспечения технологических процессов справочными данными интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом РЖД, определяются структуры операций для импорта записей и трех типов связей – ссылок, включения, многие-ко-многим для восьми аналитических случаев. Предложен обобщенный подход к безошибочной разработке операций импорта записей и связей на основе шаблонов проектирования с абстрактными классами сущности импорта и генератора кода. Выявлены особенности сущности-цели для разных видов связей.

Ключевые слова: Транспорт, ОАО «РЖД», нормативно-справочная информация, шаблоны проектирования, операции импорта, система управления мастер-данными.

Annotation. The paper explores difficulties accompanying development of the operations intended to import records and links into the subsystem provisioning regulatory and reference information to the technological processes of the Intellectual System for Control and Automation of Technological Processes in Railway Transportation of the JSC "Russian Railways". Structures of operations to import records and links of three types, namely references, inclusion, and many-to-many are defined for eight analytic cases. A generalized approach to error-free development of the import operations for records and links on the basis of the design patterns with abstract classes of an import entity and a code generator is introduced. Features of the target import entity for three types of links are found.

Keywords: Transport, JSC "Russian Railways", regulatory and reference information, design patterns, import operations, master data management system.

43

Введение

Основными автоматизированными системами планирования перевозок в ОАО «РЖД» [1], [2], [3] должны стать ИСУЖТ и АСОУП, которые опираются на сложные нормативно-справочные данные, описывающие огромное разнообразие инфраструктуры, подвижного состава, тяговых ресурсов, нормативов и ограничений перевозочного процесса. В составе ИСУЖТ используется подсистема обеспечения технологических процессов справочными данными (ОТП СД). Она обеспечивает настраиваемые средства импорта из систем-поставщиков данных и экспорта справочных данных в онтологию, реализуемые по-

средством операций в MDM- системе. В работе [4] дана классификация данных информационных систем ОАО «РЖД», в работе [2] рассмотрены источники нормативно-справочных данных, проведен анализ качества первичных данных, дана архитектура подсистемы ОТП СД.

В настоящее время в ОТП СД разработано несколько сот таких операций тринадцати различных типов. Наиболее многочисленными операциями являются операции импорта. Некоторые из трудностей, которые сопровождают процесс разработки операций, мы приводим в таблице 1.

Для преодоления трудностей при разработке операций нужно выявлять закономерности, обобщать опыт их разработки, абстрагироваться от частных деталей реализации. Тогда можно получить такую технологию разработки операций, которая позволять многократно использовать или тиражировать типовые решения для разработки целых семейств операций. Искомый обобщенный подход, по нашему мнению, состоит в использовании шаблонов проектирования, и таким образом может быть получена единая или универсальная технология разработки операций.

В данной статье мы рассматриваем проблемы разработки операций импорта, и для их решения разрабатываем шаблоны проектирования на основе двух абстрактных классов. Рассматриваются следующие восемь аналитических случаев импорта записей и связей, Таблица 2.

Мы выделили семейства или типы операций импорта, соответствующие восьми аналитическим случаям, и особенности их реализации должны быть учтены при разработке шаблонов проектирования этих операций. Под структурой операций мы понимаем набор JSON-полей, используемых для их описания. Для определения структуры операций мы инвентаризируем поля, анализируем отдельные поля с тем, чтобы учесть их правильно при разработке шаблонов проектирования операций. Мы исходим из того, что выделение общего в структуре операций должно дать основания для использования прототипов, наследования, многократного применения одних и тех же технологических решений, одних и тех же способов построения операций для импорта данных и связей в различные реестры MDM-систем.

Таблица 1. Трудности при разработке операций импорта

№ пп	Трудность	Решение проблемы
1	Нужно хорошо знать узко специализированные предметные области в автоматизированных системах – поставщиках данных чтобы разрабатывать SQL-запросы, которые соответствуют полю joins операции и отслеживать нюансы отображения данных из систем-поставщиков данных в систему управления мастер-данными.	Нужно, чтобы прототипы SQL-запросов предоставлялись разработчиками систем-поставщиков данных.
2	Нужно хорошо знать и понимать значение большого количества параметров операций и сочетаемость параметров. Влияние некоторых параметров при разработке операций неизвестно или плохо изучено.	Можно использовать для разработки новых операций прототипы из числа ранее разработанных операций и тиражировать решения, использованные при их разработке.
3	Нужно гарантировать одинаковость типов переменных и значений сущностей импорта в операциях импорта записей и связей.	Нужно, чтобы JSON-поля для импорта сущностей связей наследовались из JSON-полей сущностей импорта, и код операции генерировался автоматически.
4	Надо уметь находить измененные данные, поступающие из систем-поставщиков данных. Данные могут поступать либо в изменениях, как из AS_CNSI, и тогда объем данных небольшой, либо в виде нескольких пакетов, как из ASOUP, например, пяти за определенные последовательные даты, и тогда объем передаваемых данных, если не находить и не использовать измененные данные, становится большим.	Нужно, чтобы операции могли выделять и импортировать только измененные данные, и здесь мы имеем два случая, которым могут соответствовать два разных шаблона операций, различающиеся принципом формирования SQL-запроса. Также нужно учесть, что для источников AS_CNSI и ASOUP UI- и D- записи будут находиться по-разному.

44

Таблица 2. Аналитические случаи для анализа операций импорта

№ пп	Случай	Особенности
Полный начальный импорт		
1	Полный начальный импорт записей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в изменениях.	Импорт всех записей таблицы. Нужно уметь выделять UIK- и D- сцепки.
2	Полный начальный импорт связей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в изменениях.	Импорт всех записей таблицы, к которым присоединяются связи. Нужно уметь выделять UIK- и D- сцепки.
3	Полный начальный импорт записей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в виде пакетов для дат.	Надо уметь выделять последний пакет, на основе которого формируется таблица для импорта.
Импорт изменений		
5	Импорт измененных записей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в изменениях.	Использование переменной времени со значением времени последнего успешного запуска операции.
6	Полный начальный импорт связей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в изменениях.	Использование переменной времени со значением времени последнего успешного запуска операции.
7	Полный начальный импорт записей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в виде пакетов для дат.	Выделение измененных записей, использование переменной времени со значением времени последнего успешного запуска операции.
8	Полный начальный импорт связей из таблиц поставщиков данных ВИВСД, поступающих в виде пакетов для дат.	Выделение измененных записей, присоединение к ним связей, использование переменной времени со значением времени последнего успешного запуска операции.

Данные из систем-поставщиков данных импортируются в реестры, которые могут быть представлены структурами данных, основными из которых являются имя, атрибуты, связи, отображение записи, качество данных, консолидация.

Можно отметить, что MDM-системы могут экспортировать модель данных в XML- файл, а модель операций в JSON- файл. Новые типы и экземпляры реестров и операций можно создавать на основе прототипов, генерировать их на основе шаблонов

проектирования, включать их в файлы экспорта, и затем импортировать для использования.

Рассмотрим атрибуты операций экспорта. Среди них находим такие поля как признак активности, тип (importDataJob), название, описание, cron-выражение, теги, jobUser, auditLevel, skipNotifications, indexTablespace, skipIndexing, skipIndexRebuild, skipMove, mergeWithPreviousVersion, blockSize, definitionContent, processingBatchCrashes, operationId, usersSelector, skipMatch-

ing, databaseUrl, skipDq, данные последнего статуса операции, данные о запуске следующей операции. Указанные атрибуты операций импорта, кроме поля definitionContent, могут использоваться для ряда операций без изменений, но специфику работы операции определяет атрибут definitionContent. Далее, говоря о структуре операций, мы будем иметь в виду теперь уже атрибуты поля definitionContent операции. Рассмотрим и прокомментируем JSON поля операций полного начального импорта сущностей, Таблица 3.

Таблица 3. Поля операции полного начального импорта сущности

№ пп	JSON- поле операции	Подполя	Роль в шаблоне проектирования
1	entities		Массив сущностей со следующими атрибутами.
2	name		Имя сущности. Сущностью, например, может быть реестр 'ПУНКТЫ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ'.
3	sourceSystem		Имя системы-поставщика данных, например, база данных централизованного ведения нормативно-справочной информации (AS_CNSI), автоматизированная система оперативного управления перевозками (ASOUP) и т.д.
4	tables		FROM часть SQL запроса в канонической форме.

45

5	importOrder		Порядковый номер импорта сущностей в данной операции. Пример, когда порядок импорта важен — это импорт UIK и D частей сцепок. Но лучше импортировать разные сущности в отдельных операциях.
6	@type		Всегда имеет значение "DB", изменять его нельзя.
7 8	unique multiVersion		Почти всегда работают в паре (кроме случая сущности-цели для связи-ссылки, когда используется только multiVersion), и важно правильно задавать их значения. Пара значений true/false предполагает, что таблицы для импорта могут включать несколько записей для одного ключа, и тогда эти записи будут импортироваться в реестр в качестве ревизий. Пара значений true/true предполагает, что таблицы для импорта должны включать только записи с уникальными значениями ключа, если это условие выполнено не будет, то импортировано не будет ничего, и каждая запись с дублирующим значением ключа будет рассматриваться как ошибка.
9	skipCleanse		Всегда false.
10	naturalKey	column alias type @type	Имя поля импортируемой таблицы, которое является первичным ключом. Всегда имеет значение "ID". Тип Java для отображения поля таблицы в атрибут реестра, например, java.lang.Integer. Правильно подобранный тип, например, Long вместо Integer может драматически изменить работу операции. Тип источникового поля для отображения в тип атрибута реестра, всегда "DB".
11	fields	name column @type value	Массив для отображения полей источниковой таблицы в атрибуты реестра. Элементы массива имеют следующие поля. Имя атрибута реестра, в который происходит отображение. Имя источникового поля отображаемой таблицы. Тип источникового поля для отображения в тип атрибута реестра, всегда "DB". Можно задать значение-константу для атрибута, например логическое false, временную константу, такую как "9999-12-31T00:00:00.000+03:00".
12	versionRange		Диапазон значений периода актуальности импортируемой записи.
		validFrom validTo	Значение левой границы периода актуальности с подполями как в п.11, но с нюансами, например, name всегда имеет значение "VALID_FROM", type для поля всегда имеет значение "java.sql.Timestamp". Значение правой границы периода актуальности с подполями как в п.11, но с особенностями, например, name всегда имеет значение "VALID_TO", type для поля всегда имеет значение "java.sql.Timestamp".
13		normalizeFrom	Можем всегда использовать false.

46

Выделенные при рассмотрении операций первого аналитического случая поля могут использоваться в качестве данных абстрактного класса сущности импорта в шаблонах проектирования.

Поля операций импорта третьего аналитического случая являются такими же.

Второй и третий аналитические слу-

чай касаются импорта связей, которые могут быть трех следующих видов — ссылка, включение, многие-ко-многим.

Пример связи-ссылки — связь 'ПУНКТЫ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ' → 'ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ'. Примером связи-включения может служить связь 'ПУНКТЫ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ' → 'ПАРКИ'. Примером связи многие

-ко-многим может служить связь 'ПУНКТЫ'→'ПУНКТЫ' с атрибутом 'эксплуатационные расстояния'.

Если операция реализует импорт связей, то в ее сущность дополнительно вводятся такие JSON поля как «processRecords»: false, «processRelations»: true, и специфические поля для описания соответствующих связей.

Таблица 4. Дополнительные поля для сущности импорта при введении связей

№ пп	JSON- поле операции	Подполя	Роль в шаблоне проектирования
1	processRecords		Со значением false.
2	processRelations		Со значением true.
3	relates	relation toSourceSystem fromNaturalKey toNaturalKey fields	Вводит связь-ссылку к справочнику. В entities и relates используется одна и та же источниковая таблица, на основе которой строятся сущности источника и цели, массив fields для этой сущности-цели не используется. Имя связи, значение берется из реестра. Система-источник данных справочника, к которому устанавливается связь. Имя поля в источниковой таблице, от которого устанавливается связь, класса поле с рассмотренными выше подполями. Имя поля в источниковой таблице, к которому устанавливается связь, класса поле с рассмотренными выше подполями. Не используется.
4	relates	relation toSourceSystem fromNaturalKey toNaturalKey fields	Вводит связь многие-ко-многим. В сущности верхнего уровня и relates используются разные таблицы. Имя связи, значение берется из реестра. Источник данных, к которому устанавливается связь. Имя поля источниковой таблицы, из которой берутся данные связи, класса поле с рассмотренными выше подполями, и от которого устанавливается связь. Имя поля источниковой таблицы, из которой берутся данные связи, класса поле с рассмотренными выше подполями, и к которому устанавливается связь. Может использоваться для задания атрибутов связи.
5	contains	relation fromNaturalKey entity	Вводит связь-включение к целевому реестру. В сущности-источнике и сущности-цели используются разные таблицы. Может содержать fields для задания атрибутов связи-включения. Имя связи, значение берется из реестра. Имя поля из таблицы верхнего уровня, от которого устанавливается связь, класса поле с рассмотренными выше подполями. Сущность с парой полей в качестве ключа, где по первому полю

47

Мы рассмотрели второй аналитический случай импорта связей трех типов. Из них наибольшим сходством по набору полей обладают связи -ссылки и связи многие-ко-многим. Мы

видим, что операции импорта связей могут быть сконструированы на основе классов-сущностей, используемых при разработке операций полного начального импорта, если использовать

наследование.

Дадим примеры операций импорта связей разных типов, на основе которых будем делать анализ, Таблица 5.

Таблица 5. Типы связей, примеры связей и операций импорта с ними

№ пп	Тип связи	Пример связи	Пример операции
1	ссылка	ПУНКТЫ→ЖД	Импорт связи-ссылки-пункты-ЖД
2	включения	ПУНКТЫ→ПАРКИ	Импорт связи-ссылки-включение-пункты-парки
3	многие-ко-многим	ПУНКТЫ→ПУНКТЫ с атрибутом эксплуатационные расстояния	Импорт связи-пункты-пункты-с-атриб-экспл-расст

Рассмотрим код операции импорта связи-ссылки-пункты-ЖД для импорта связи-ссылки с позиций объектно-ориентированного и обобщенного программирования.

```
{
  «entities»: [
    {
      «name»: «otpsd_rail_points»,
      «sourceSystem»: «AS_CNSI»,
      «tables»: [«vivsd_as_cnsi_stan»],
      «importOrder»: 111,
      «@type»: «DB»,
      «unique»: true,
      «multiVersion»: false,
      «processRecords»: false,
      «processRelations»: true,
      «orderBy»: «cortime»,
      «skipCleanse»: false,
      «naturalKey»: {
        «column»: «stanid»,
        «alias»: «ID»,
        «type»: «java.lang.Integer»,
        «@type»: «DB»
      },
      «relates»: [
        {
          «relation»: «otpsd_rail_points_rail_road»,
          «toSourceSystem»: «AS_CNSI»,
          «tables»: [«vivsd_as_cnsi_stan»],
          «joins»: [«(cortip='I' or cortip='U' or cortip='K')», «stanid=43768»],
          «@type»: «DB»,
          «orderBy»: «cortime»,
          «multiVersion»: true,
          «fromNaturalKey»: {
```

```
«column»: «stanid»,
      «@type»: «DB»,
      «alias»: «FROM_KEY»,
      «type»: «java.lang.String»
    },
    {
      «toNaturalKey»: {
        «column»: «dorkod»,
        «@type»: «DB»,
        «alias»: «TO_KEY»,
        «type»: «java.lang.String»
      },
      «versionRange»: {
        «validFrom»: {
          «column»: «datend»,
          «name»: «VALID_FROM»,
          «@type»: «DB»,
          «type»: «java.sql.Timestamp»
        },
        «validTo»: {
          «column»: «datekd»,
          «name»: «VALID_TO»,
          «@type»: «DB»,
          «type»: «java.sql.Timestamp»
        },
        «normalizeFrom»: false,
        «normalizeTo»: false
      }
    }
  ],
  «versionRange»: {
    «validFrom»: {
      «name»: «VALID_FROM»,
      «@type»: «DB»,
      «value»: «1900-09-01T00:00:00.000+03:00»
    },
    «validTo»: {
```

```
«name»: «VALID_TO»,
      «@type»: «DB»,
      «value»: «9999-12-31T00:00:00.000+03:00»
    },
    {
      «normalizeFrom»: false,
      «normalizeTo»: false
    }
  ]
}
```

Из кода мы видим, что при создании связей мы должны выделять сущность-левый конец связи или сущность-источник и сущность-правый конец связи или сущность-цель.

Далее возможно использование аббревиатуры СИ для обозначения сущности-источника и аббревиатуры СЦ для сущности-цели.

В коде операции сущность-источник имеет атрибуты name, sourceSystem, tables, importOrder, @type, unique, multiVersion, processRecords, processRelations, orderBy, skipCleanse, naturalKey, versionRange и метод relates(), который вызывает сущность-цель для создания связи.

В качестве параметров метода relates используются имя связи otpsd_rail_points_rail_road и собственно сущность-цель, данные которой частично наследуются из сущности-источника, а частично переопределяются.

Так, например, наследуется атрибут tables, @type, orderBy, multiVersion, они не переопределяются, и в сущно-

48

сти-источнике и сущности-цели должны быть одинаковыми.

Можно также наметить создание класса Key, к которому можно отнести данные naturalKey из сущности-источника, данные fromNaturalKey, toNaturalKey из сущности-цели. Можно также ввести классы Range для данных versionRange как для сущности-источника так и для сущности-цели.

Уже сейчас мы можем отметить преимущества, которые дает использование ООП при генерации кода операции. Поскольку в данном случае сущность-источник и сущность-цель являются одной и той же сущностью, хотя и выполняют разные роли, то параметры у них должны быть одинаковыми, и, если код операции генерировать, то условие равенства значений будет обеспечиваться автоматически. Это касается данных tables, @type, orderBy, multiVersion, и, если они разные, как в примере, то это является ошибкой. Кроме этого, данные NaturalKey из сущности-источника и fromNaturalKey из сущности-цели должны иметь одинаковые зна-

чения для column.@type, type, а для alias - разные.

Можно отметить, что данные fields сущностей импорта в этом случае не используются.

Аналогичным образом рассмотрим операцию связь-включение-парки для импорта связи-включения.

Связь от сущности-источника к сущности-цели задается методом contains, который имеет параметры <имя связи>, fromNaturalKey, относящиеся как к сущности-источнику, так и к сущности-цели.

Отметим, что в этом случае сущность-источник и сущность-цель являются разными сущностями, но, тем не менее, между ними задается связь. Например, данные NaturalKey, fromNaturalKey сущности-источника и первое поле данных NaturalKey сущности-цели, которое является составным, должны быть одинаковыми, например, иметь значение stanid (идентификатор ЦНСИ пункта). Одинаковыми у них также должны быть атрибуты column, type,@type.

Также одинаковым для сущно-

сти-источника и сущности-цели должен быть атрибут системы источника данных sourceSystem.

Кроме этого, сущность цели должна иметь массив данных fields для представления атрибутов связи, которые отображаются из системы-источника в реестр MDM-системы.

Далее рассмотрим операцию связь-пункты-пункты-с-атриб-экспл-расст для импорта связи многие-ко-многим с атрибутом 'эксплуатационные расстояния'.

Связь многие-ко-многим вводится методом relates с одним аргументом – именем сущности-цели. Отметим, что соответствующими полями между сущностью-источником и сущностью-целью являются поле naturalKey сущности-источника и поле fromNaturalKey сущности-цели, у них должны быть одинаковые атрибуты column.@type, type. Данные fields используются для задания атрибутов связи.

Сведём различия между классами сущностей для операций импорта связей разного типа в таблице 6.

Таблица 6. Типы связей, примеры связей и операций импорта с ними

№ пп	Тип связи	Связь сущности-источника и сущности-цели	Метод создания связи	Данные fields в сущности-цели
1	ссылка	Данные naturalKey сущности-источника и fromNaturalKey сущности-цели – это одно и то же поле.	relates(<имя связи из сущности-источника>, <сущность-цель>)	Не используются
2	включение	Данные naturalKey, fromNaturalKey сущности-источника и первое поле данных NaturalKey сущности-цели, которое является составным, должны соответствовать друг другу.	contains(<имя связи из сущности-источника>, <fromNaturalKey из сущности-источника>, <сущность-цель>)	Для задания атрибутов связи.
3	многие-ко-многим	naturalKey сущности-источника и поле fromNaturalKey сущности-цели должны соответствовать друг другу.	relates(<имя связи из сущности-источника>, <сущность-цель>)	Для задания атрибутов связи.

Для задания разного типа связей в иерархии классов можно использовать полиморфный метод relates_contains с разными сигнатурами, Таблица 7.

Сигнатуры операций импорта связей для типов связи ссылка и многие-ко-многим одинаковы, но, из-за полиморфности метода relates_contains, его вызовы будут различимы.

Классы операций для аналитических случаев три и четыре отличаются от аналитических случаев один и два только SQL запросами, которые входят в данные классов сущностей импорта tables, и которые всегда выделяют только последний пакет.

Особенность следующих четырех аналитических случаях состоит в том, что

в них используется переменная времени со значением времени последнего успешного запуска операции, которая входит в поле данных joins класса сущностей импорта. Также в них для источника ASOUP конструируются SQL запросы, которые из последовательных по времени пакетах выделяют только изменённые или UI и D записи.

49

Таблица 7. Сигнатуры метода `realates_contains()` для разного типа связей

№ пп	Тип связи	Сигнатура
1	Ссылка	<имя связи из сущности-источника>, <сущность-цель>
2	Включение	<имя связи из сущности-источника>, <сущность-цель>, <from-NaturalKey из сущности-источника>
3	Многие-ко-многим	<имя связи из сущности-источника>, <сущность-цель>

Мы обращаем внимание на общность нашего подхода, который состоит в том, что всё многообразие операций импорта рассматривается на основе одного абстрактного класса сущности импорта и одного абстрактного класса фабрики импорта, который мы вскоре введем.

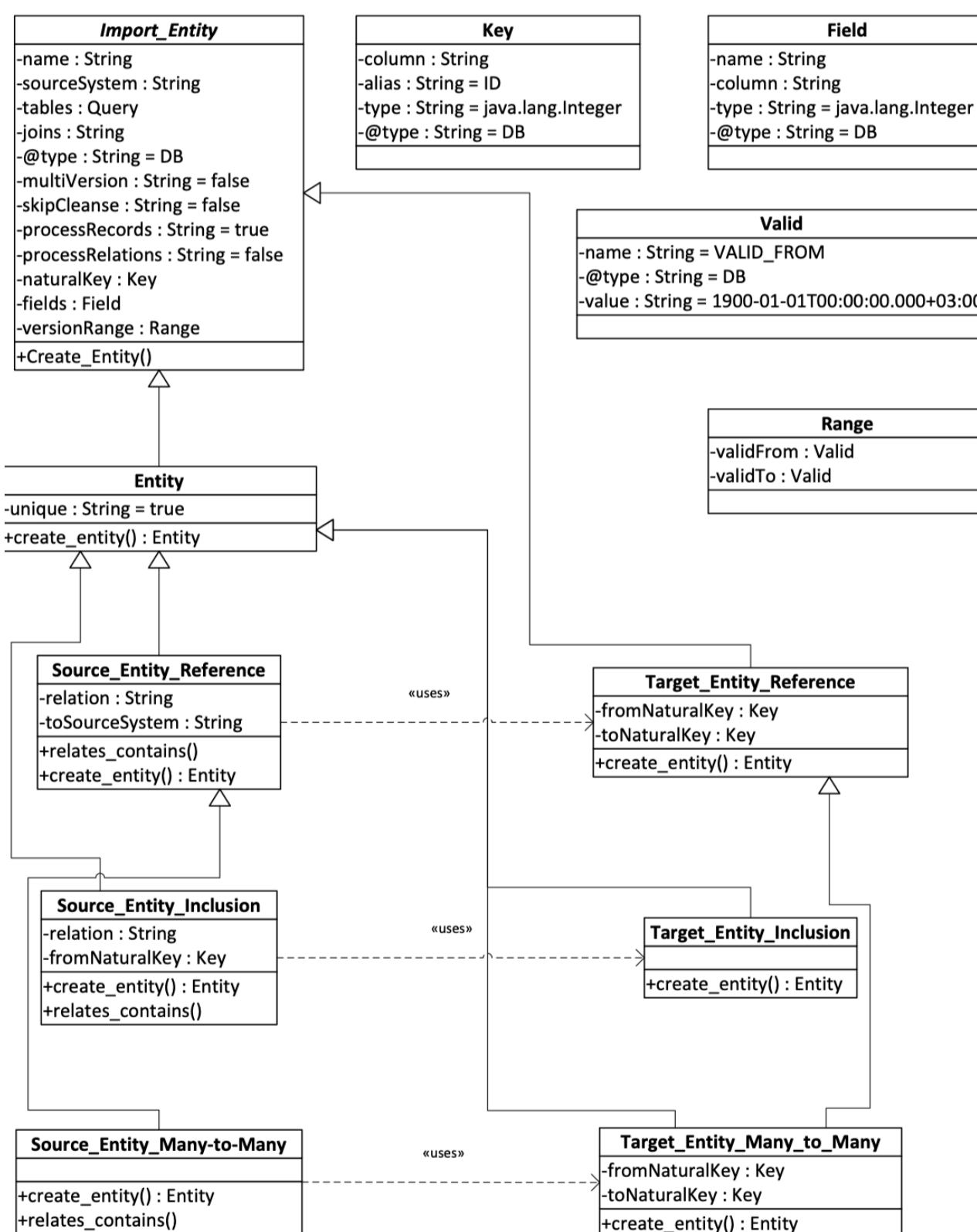
При этом семейства операций могут быть спроектированы для различных источников данных и, соответственно, различных по природе источниковых таблиц. Так, например, нам уже известно, что для некоторых классов источников данных (AS_CNSI, AS_CNSI-2) требуется выделять сцепки, из которых далее выделять UIK и D записи. А для других классов источников данных требуется выделять UI и D изменения (ASOUP).

Тогда методы для генерации операций могут быть параметризованы классами источников данных и классами таблиц.

Выполненный анализ структур данных операций импорта позволяет нам перейти к проектированию классов, пригодных для использования в перспективных шаблонах проектирования. Такой шаблон проектирования (Рис. 2) — абстрактную фабрику — мы и имеем целью разработать.

Как мы уже отметили, операции импорта записей являются более простыми по сравнению с операциями импорта связей, и при использовании иерархии наследования от сущности-источника к сущности-цели они являются для них прототипическими. Структуру операций, представленную JSON-полями, мы рассмотрели выше. На этой основе мы проектируем классы шаблона проектирования операций импорта.

Рисунок 1. Иерархия классов на основе класса Сущность Импорта `Import_Entity`



Корневым классом в иерархии наследования будет абстрактный класс `Import_Entity`. Объекты этого класса созданы быть не могут, они содержат данные и методы, которые будут использоваться и переопределяться производными классами. Производным от него сделаем класс `Entity` или

Сущность. По отношению к родительскому классу в нем добавлены данные `unique`, поскольку для класса целевая сущность для связи-ссылки `Target_Entity_Reference` `unique` использован быть не может. Объекты этого класса уже являются операциями, которые могут быть использованы для импорта

50

записей в реестр, но импортировать связи они еще не могут. Они удовлетворяют потребностям аналитических случаев 1, 2, 3, 4.

Далее мы проектируем производные классы, которые могут импортировать связи трех видов. Они будут иметь различия в данных и будут переопределять метод `create_entity()` и метод `relates_contains()`, который импортирует связи разных типов.

В операциях импорта связей мы должны иметь сущность-источник, от которого устанавливается связь, и сущность-цель, к которой устанавливается связь. Классами сущности-источника являются класс `Source_Entity_Reference` для создания операции импорта связи-ссылки, класс `Source_Entity_Inclusion` для операции импорта связи-включения, класс `Source_Entity_Many_to_Many` для импорта связи многие-ко-многим.

Им соответствуют классы сущностей-целей `Target_Entity_Reference`, `Target_Entity_Inclusion`, `Target_Entity_Many_to_Many`. Классы сущностей-источников используют классы сущностей-целей.

В цепочке наследования сущностей-источников добавляются данные `relation`, `toSourceSystem`, `fromNaturalKey`. В цепочке наследования сущностей-целей могут добавляться данные `fromNaturalKey`, `toNaturalKey`. Разработанная UML-диаграмма иерархии классов на основе класса сущности импорта `Import_Entity` позволяет нам делать заключения о применимости в классах конкретных параметров операций в качестве данных, устраняя неопределенность при проектировании операций.

Далее разработаем шаблон проектирования, который может генерировать операции импорта записей и связей на основе абстрактных сущности импорта и генератора операций `Operation_Generator` фабрики импорта. Также мы видим, что в сущность, первоначально использованную при импорте таблицы в реестр и соответствующую левому концу связи, через

поле `relates` (связь-ссылка или многие-ко-многим) или `contains` (связь-включение) вводится сущность, соответствующая правому концу связи. Как мы отмечали выше, механизм установления связи зависит от типа связи.

Элемент данных `tables` сущности-источника может быть упрощен. Вместо реального запроса к таблицам можно использовать запрос к системной таблице `DUAL`, важно только то, чтобы в результате запроса было получено значение естественного ключа. В таком случае время выполнения операции уменьшается на порядок по сравнению со случаем использования реальной источниковой таблицы ВИБСД. Также вводится метод `relates()`, который вводит сущность правого конца связи `Import_Entity_Right`. Можно отметить, что при использовании атрибута `relates` операции для установления связей типа ссылка и мно-

гие-ко-многим JSON- код операций неразличим, и тип связи задается при конфигурировании реестра, являющегося левым концом связи.

Классификацию операций импорта записей и связей можно расширять, вводя другие типы, если существенно изменяется SQL- запрос, лежащий в основе классов операций. Сами SQL-запросы можно параметризовать, например, типами источников данных, классами таблиц.

Таким образом, нами был получен шаблон проектирования операций для импорта записей и связей (Рис. 2), который выявляет существенные сходства и различия в разработке операций. Шаблоны проектирования в перспективе могут быть реализованы на языке программирования C++ с получением библиотек классов для генерации свободных от ошибок операций импорта записей и связей в подсистему ОТП СД.

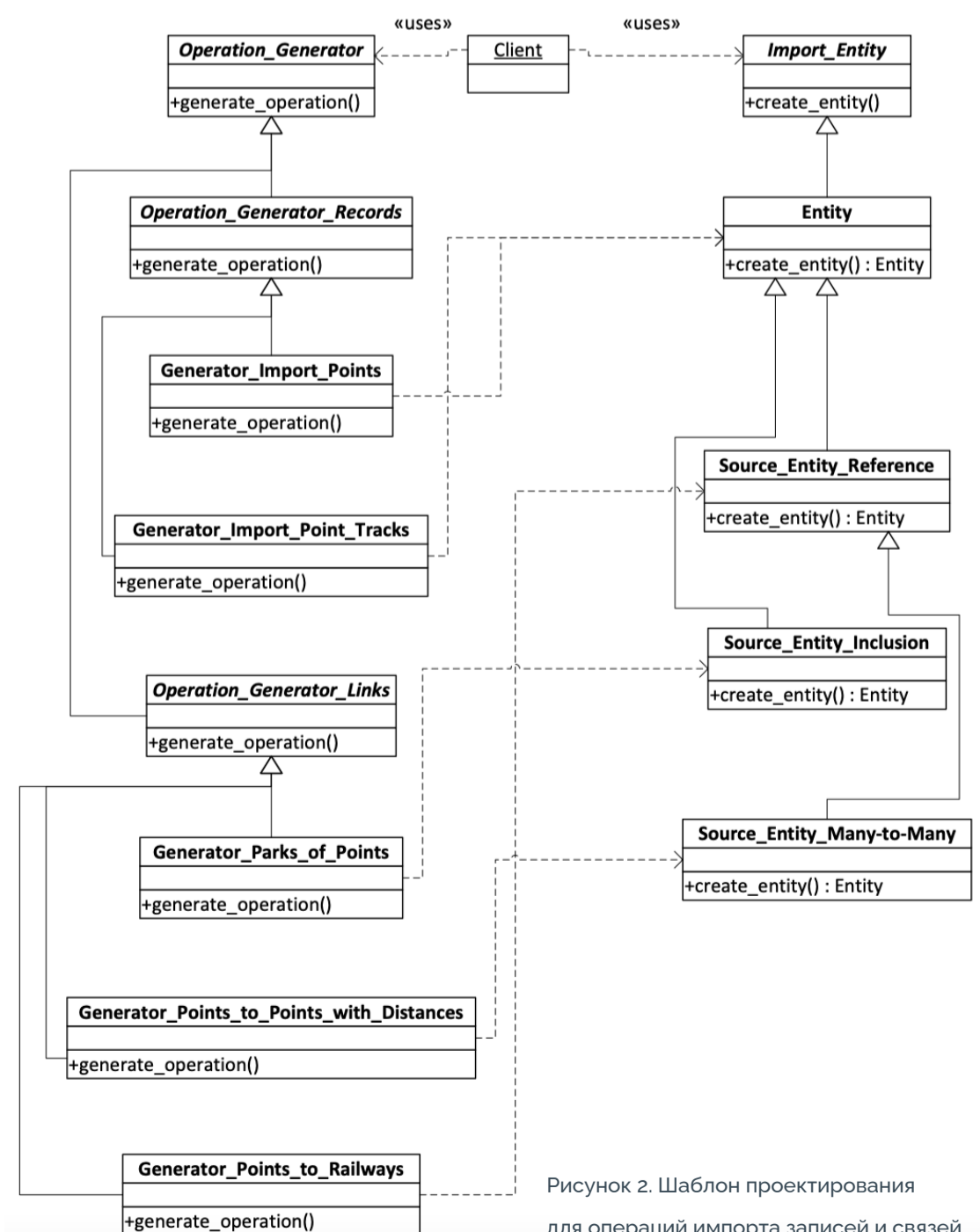


Рисунок 2. Шаблон проектирования для операций импорта записей и связей

51

В статье исследованы трудности при разработке операций импорта записей и связей нормативно-справочной информации в подсистему ОТП СД ИСУЖТ РЖД, определены структуры

операций для импорта записей и трех типов связей – ссылок, включения, многие-ко-многим для восьми аналитических случаев. Выявлены особенности сущности-цели для разных ви-

дов связей. Предложен обобщенный подход к безошибочной разработке операций импорта записей и связей на основе шаблонов проектирования с абстрактными классами сущности импорта и генератора кода.

Список литературы

1. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Немцов Э.Ф. «Информационная поддержка оперативного управления тяговыми ресурсами на Восточном полигоне». Локомотив. 2017. № 1(721). С.8-9.
2. Шабунин А.Б., Немцов Э.Ф. Нормативно-справочные данные – опорные данные ИСУЖТ// Сборник трудов шестой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017)» – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2017. – С.37-39.
3. Немцов Э.Ф. ИСУЖТ и нормативно-справочные данные // Сборник трудов шестой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017)» – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2017. – С.37-39.
4. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Ефремова А.П. Повышение качества входных данных для интеллектуального диспетчерского управления // Сборник трудов восьмой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019)» – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2019. – С.66-69.

КОНТАКТЫ

Редакция

8 (916) 433-60-72
journal@vniias.ru

Главный редактор -
Розенберг Игорь Наумович

Заместитель главного редактора -
Цветков Виктор Яковлевич

Редактор -
Колосов Дмитрий Эдуардович

Россия, Москва, 109029,
Нижегородская ул. 27, стр 1

+7 (495) 967-77-06

info@vniias.ru

► vniias.ru



 vniias



 vniias

