

УДК 656.073:656.078.12

Онтологический подход к разработке единой базы знаний мультимодальных перевозок

А. П. Бадецкий, О. А. Медведь

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Бадецкий А. П., Медведь О. А. Онтологический подход к разработке единой базы знаний мультимодальных перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 1. — С. 182–193. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-182-193

Аннотация

Цель: В рамках проводимой цифровой трансформации транспортного комплекса в целом и железнодорожного транспорта в частности дать краткую аналитическую характеристику создаваемых цифровых платформ и сервисов. Рассмотреть перспективные технологии, находящиеся либо на стадии запуска, либо на пути к пику завышенных ожиданий согласно циклу технологического хайпа исследовательской компании Gartner. Привести пример единой базы знаний как основы цифровой платформы мультимодальных перевозок. **Методы:** Применялись методы визуального структурирования информации, в частности ментальные карты (интеллект-карты). Для представления онтологии предметной области использовалась семантическая сеть как метод представления знаний. **Результаты:** Проведенный анализ разрабатываемых и существующих цифровых платформ и сервисов показал, что в их основе, помимо данных, должны лежать более сложные информационные единицы — активные знания. Для этого необходим метод интеграции данных из разрозненных источников, их интеграции и циркуляции как внутри одной отрасли, так и между различными отраслями с целью генерации и распространения знаний. С учетом специфики работы различных видов транспорта, участвующих в мультимодальных перевозках, для этого должна быть выбрана предметная область, объединяющая все виды транспорта. Обосновано применение предметной области «перевозка груза», в силу чего на железнодорожном транспорте необходимо создание системы управления грузопотоками. Разработан фрагмент онтологии, описывающей домен «перевозка грузов» для железнодорожного транспорта. **Практическая значимость:** Показана необходимость применения активных знаний для создания автономных интеллектуальных производств на транспорте. Использование баз знаний на основе онтологий позволит повысить уровень взаимодействия различных видов транспорта в «узких» местах при перевалке груза, а также расширить спектр предоставляемых клиентам услуг.

Ключевые слова: Мультимодальные перевозки, базы знаний, онтологии, управление грузопотоками, цифровая трансформация.

Введение

Происходящие в настоящее время процессы цифровизации всех отраслей промышленности и производства являются прямым следствием развития существующих и появления новых технологических трендов в рамках четвертой про-

мышленной революции, или Индустрии 4.0. Так, например, исследовательская компания Gartner в 2022 году выделила три основных направления перспективных технологий, которые могут начать массово внедряться в технологические процессы компаний в период от 2 до 10 лет и будут иметь

трансформационные последствия для компаний и организаций*:

1. Развитие и расширение иммерсивного опыта. Ключевой технологией данного направления является цифровой двойник клиента (digital twin of the customer), позволяющий на основе виртуального динамического представления клиента прогнозировать его поведение с целью улучшения качества его обслуживания и предложения ему новых продуктов и услуг.

2. Ускоренная автоматизация на базе искусственного интеллекта. Основной в этой группе технологий являются автономные системы — самоуправляемые физические или программные агенты для решения задач в определенной предметной области, обладающие автономией, способностью к обучению и свободой действий.

3. Оптимизированная доставка технологий. В этой области инновации концентрируются вокруг основных составляющих цифрового бизнеса — сообществ разработчиков продуктов, решений или услуг и используемых ими платформах.

Технологии, образующие ядро данных трендов, определены в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] — основном документе, определяющем направление развития нашей страны в реалиях шестого технологического уклада. Также она является базой для разработки программ цифровизации как транспортной отрасли в целом, так и каждого вида транспорта в отдельности. Рассмотрим результаты реализации данных стратегий более подробно.

1. Базы знаний как основа цифровых платформ

Стратегия цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации [2] направлена на повышение уровня конкуренто-

* Цикл «хайпа» компании Gartner. — URL: <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>.

способности транспортных услуг, обеспечение их доступности, безопасности, экологичности и качества для населения и бизнеса. Достижение поставленных задач должно достигаться в рамках шести укрупненных направлений развития транспортного комплекса. В рамках данной статьи можно отдельно выделить направление «Бесшовная грузовая логистика», как непосредственно отвечающее за национальный логистический контур.

Для железнодорожного транспорта результатом перехода к цифровым технологиям будет являться создание набора платформ, разделенного по следующим трем направлениям внутренней цифровизации компании:

1. Предоставления услуг, включающее в себя платформы:

- мультимодальных пассажирских перевозок;
- мультимодальных грузовых перевозок;
- логистического оператора электронной коммерции.

2. Операционной деятельности, объединяющего платформы:

- транспортно-логистических узлов;
- оператора линейной инфраструктуры;
- управления движением.

3. Корпоративного управления, базирующегося на платформе непроизводственных процессов.

Для авторов в рамках данной статьи наибольший интерес представляет платформа мультимодальных грузовых перевозок в силу следующего ряда причин:

1. Железнодорожный транспорт был и остается основным видом транспорта, осуществляющим перевозки в российской части международных коридоров, особенно в текущих условиях «разворота на Восток».

2. Перевалка грузов на другой вид транспорта является, как правило, узким местом логистической цепи, поэтому правильная организация работы в таких пунктах, с учетом возможностей

всех видов транспорта, имеет первостепенное значение.

3. Существует конкурентное давление со стороны железнодорожного транспорта других стран, предлагающего альтернативные маршруты перевозки грузов, пусть даже эти решения не всегда являются рациональными [3].

4. Мультимодальные перевозки являются составной частью глобальных логистических цепей перевозок грузов, и принятие решений по их организации должно приносить максимальный эффект не только для ОАО «РЖД», но и для всех участников логистической цепи.

5. В свете цифровизации транспортного комплекса произойдет интеграция транспортных систем отдельных видов транспорта в единую «бесшовную» систему [4, 5], и железнодорожный транспорт претендует на ведущую роль в ней.

Важной особенностью цифровой трансформации является объединение всех существующих и вновь создаваемых продуктов, услуг и решений на базе единой «метаплатформы», что будет способствовать повышению транспарентности и качества транспортных процессов, упрощению документооборота и ускорению обмена информацией между участниками мультимодальной перевозки. Между всеми платформами наблюдается синергетический эффект на трех уровнях: внутри одного вида транспорта, между видами транспорта и на уровне транспортного комплекса в целом. В некотором смысле это важный шаг к созданию систем, которые в терминах Индустрии 4.0 называются автономными интеллектуальными («умными») производствами, или киберфизическими системами [6].

Создание таких систем затрудняется колоссальным объемом информации, которую необходимо интегрировать и согласовать в рамках единой цифровой платформы. Источники данных зачастую разрознены даже внутри одной компании [7], содержащиеся в них сведения могут быть дублирующими или разнородными, обладать

свойствами синонимии и меро-холономии и т. д. При масштабировании задачи на уровень всего одной транспортной системы ее сложность возрастает экспоненциально, не говоря уже о транспортном комплексе в целом.

Выходом из этой ситуации часто считается организация платформы на основе блокчейн [8, 9]. При этом упускается из виду тот факт, что блокчейн является, по сути, базой данных, хоть и обладающей определенными конкурентными преимуществами (децентрализация, устойчивость к взлому, неизменяемость и прозрачность данных, ускорение транзакций и т. д.). Но в рамках автономных интеллектуальных производств наибольшей значимостью и финансовой отдачей обладают решения, управляемые знаниями (knowledge-driven application). Они обеспечивают анализ, интеллектуальный поиск и классификацию данных, их интеграцию, повторное использование и согласованное обращение внутри организации [10], что позволяет использовать данные компании в качестве активных знаний (active knowledge).

В сфере мультимодальных перевозок активные знания открывают значительные преимущества для всех ее участников — например, примененное кем-либо когда-либо удачное новаторское решение, ускорившее продвижение груза по логистической цепи или позволившее получить дополнительную прибыль (в рамках действующей законодательной базы), становится доступным для всех. А возможность генерации новых знаний может помочь отыскать такие решения даже в том случае, если их никто никогда не применял.

Основой таких решений, как правило, являются онтологии, хотя встречаются и фреймвые модели представления знаний. С точки зрения авторов статьи, онтологии представляются более естественными для человеческого восприятия структурами, нежели фреймы, и поэтому предлагаются в качестве семантической основы для формирования базы знаний мультимодальных перевозок.

2. Понятие онтологии и примеры их использования

В компьютерных науках онтология является способом формализации знаний некой предметной области и относится к визуальным методам структурирования знаний. В простейшем случае формальную модель онтологии можно представить в виде триплета «понятие — свойство понятия — связь между ними» [11] и описать выражением вида:

$$O = \langle C, P, R \rangle, \quad (1)$$

где C — множество понятий (классов) предметной области;

P — множество свойств этих понятий (классов);

R — множество связей между этими понятиями (классами).

Все множества являются конечными. В случаях, характерных для задач автоматизации цифровых производств и генерирования новых знаний, к стандартному триpletу добавляется множество аксиом [12], которое, в отличие от остальных множеств, является потенциально бесконечным. В этом случае модель онтологии может быть записана в виде:

$$O = \langle C, P, R, A \rangle, \quad (2)$$

где A — множество аксиом, которое может быть получено из понятий, их свойств и связей между ними.

Классификация онтологий проводится по 3 основным направлениям: по цели создания, степени формальности и по содержанию (рис. 1).



Рис. 1. Классификация онтологий

По цели создания выделяют четыре уровня онтологий:

– онтологии представления. Описывают область представления знаний и служат для создания языка спецификаций для онтологий более низких уровней;

– онтология верхнего уровня. Описывает абстрактные междисциплинарные понятия и отношения между ними, фиксирует знания, общие для нескольких предметных областей;

– онтология предметной области (онтология домена). Описывает и обобщает понятия в рамках одной предметной области;

– прикладная онтология. Описывает концептуальную модель конкретной задачи или приложения.

В рамках этого направления выделяют:

– формальные таксономии. Определяют отношение «класс — подкласс», при этом строго соблюдая транзитивность данного отношения;

– формальные экземпляры. Определяют отношение «класс — экземпляр», то есть добавляют к иерархии классов их экземпляры;

– свойства на основе фреймов. Каждый класс может также иметь слоты, содержащие информацию о его свойствах, при этом они могут наследоваться классами более высоких уровней;

– онтологии с ограничениями на область значений свойств. В отличие от предыдущего типа значения свойств выбираются из заранее определенного множества или подмножества понятий;

– дизъюнктивные классы, обратные свойства. Позволяют объявить два класса непересекающимися (не имеющими общих экземпляров), а также, кроме прямого вывода отношений, осуществлять и обратный вывод;

– произвольные логические ограничения. Позволяют определять произвольные аксиомы.

В рамках этой классификации онтологии разделяются на:

– общие онтологии. Описывают наиболее общие концепты, независимые от конкретной проблемы или области;

– онтологии задач. Отражают специфику конкретной прикладной задачи или программы;

– предметные онтологии. Описывают реальные предметы, использующиеся в какой-либо деятельности.

В настоящее время онтологии применяются как ОАО «РЖД» в рамках интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ) [13–15], так и на железных дорогах Европейского союза [16, 17]. Тем не менее анализ работ [13–17] показывает, что эти онтологии больше направлены на хранение и консолидацию данных о состоянии различных объектов перевозочного процесса, то есть согласно приведенной выше классификации являются либо предметными, либо прикладными.

Так, онтология ИСУЖТ содержит в себе, помимо прочего, сведения о текущей дислокации вагонов, их состоянии (груженный или порожний), времени до текущего отцепочного ремонта и т. д. Онтологии, применяемые на железных дорогах Европейского союза, содержат схожую информацию об объектах инфраструктуры и их текущем состоянии. Но при всех своих преимуществах они не включают в себя более абстрактный, технологический уровень знаний, который присутствует в онтологиях домена.

При этом можно отметить, что данная онтология будет являться, по сути, межпредметной — в перевозке участвуют различные виды транспорта, каждый со своей технологией и спецификой работы, нормативными документами, регламентами погрузочно-разгрузочных работ и т. д. В этом случае для внутренней непротиворечивости онтологии необходима единая «точка», вокруг которой их можно объединить. В качестве такой объединяющей «точки» можно выбрать груз, и тогда предметной областью будет являться «перевозка груза».

3. Требования к содержанию и функционалу онтологии домена «перевозка груза»

В практике железнодорожного транспорта сложилась ситуация, при которой, несмотря на то что его задачей является предоставление услуг по перевозке груза, эффективных технологических инструментов для управления именно потоками грузов не выработано до сих пор. Управление грузопотоками производится на основе деления грузов на три категории — высоко-, средне- и низкодоходные. В зависимости от стоимости находящихся в них грузов, поезда в случае сбоев в работе и технологической несогласованности получают определенный приоритет в своем продвижении до пункта назначения. В связи с этим образуются заторы, что выражается в том числе и в росте количества отставленных от движения поездов.

Два главных логистических инструмента, имеющих в распоряжении ОАО «РЖД», — план формирования и график движения поездов — позволяют косвенно осуществлять управление грузопотоками путем функционального преобразования его сначала в вагоно-, а затем — в поездопоток [18, 19]. Управление грузами на основе подобного рода преобразования имеет ряд недостатков:

- в составе поезда могут перевозиться грузы различных отправителей;
- груз может перевозиться групповой, повагонной или мелкой отправкой;
- груз даже от одного отправителя может быть направлен в адрес разных получателей;
- даже один отправитель может отправить несколько видов груза в адрес одного или нескольких получателей.

Современные технологии позволяют разработать систему управления грузовыми отправками, даже несмотря на обширную номенклатуру перевозимых железнодорожным транспортом грузов [20–23]. Для мультимодальных перевозок такой подход является особенно актуальным, так как:

1. С технологической точки зрения мультимодальные перевозки являются наиболее сложным звеном перевозочного процесса, поскольку, кроме разных видов транспорта, в них участвуют еще и транспортные системы разных стран. В связи с этим возникают вопросы технологической сопряженности и унифицируемости этих систем, что, как отмечалось выше, чаще всего является «узким» местом перевозки.

2. Процесс перевозки груза является операционной частью цепей поставок, а в цепях поставок производится управление именно грузами, или товарами (принцип 7R).

При этом онтология «перевозка груза» как единая база знаний должна содержать в себе следующую информацию [24, 25]:

- о способах упаковки и перевозки каждого вида груза;
- о способах погрузки, выгрузки каждого вида груза, а также о погрузочно-разгрузочных машинах, предназначенных для работы с этим грузом;
- сведения о подвижном составе, предназначенном для перевозки каждого вида груза;
- о способах размещения и крепления груза в подвижном составе;
- о минимальных весовых нормах загрузки вагонов для каждого вида груза;
- об объектах терминально-складского комплекса, на которых производится погрузка/выгрузка и перегрузка заданного вида груза, возможности для кросс-докинга;
- о наличии и количестве погрузочно-разгрузочных машин на каждом складе, технологических нормах времени погрузки/выгрузки и перегрузки заданного вида груза.

Кроме того, такие же сведения должны содержаться и для подвижного состава и объектов инфраструктуры других видов транспорта. Пользователь при запросе «как можно перевести груз из точки А в точку Б?» должен получать

развернутый ответ на свой вопрос вида: «Класс груза — допустимый подвижной состав для перевозки груза (минимальные весовые нормы, варианты упаковки груза в каждом виде подвижного состава, если груз возможно перевозить в нескольких видах подвижного состава, способы укладки груза в каждом из них) — технические средства погрузки-выгрузки (в зависимости от вида подвижного состава и упаковки, а также способ погрузки-выгрузки с нормативами времени на технологические операции) — перечень мест общего или необщего пользования, на которых производится погрузка-выгрузка данного вида груза с учетом заданных станций погрузки-выгрузки, техническая оснащенность этих мест». Также онтология должна иметь доступ к нормативно-справочной информации, чтобы клиенту (оператору перевозки, перевозчику, организатору перевозки и т. д.) по запросу выдавался перечень документов, на основе которых он получил данную рекомендацию.

На основе информации, размещенной в онтологии, должна быть возможность выстраивать логистические цепочки доставки грузов как во внутреннем, так и в межгосударственном сообщении, с возможностью ее перестройки в случае возникновения технологических сбоев или форс-мажорных обстоятельств. Например, если доставка груза в установленный срок железнодорожным транспортом невозможна из-за инфраструктурных ограничений, клиенту можно предложить доставку груза автомобильным транспортом с перевалкой груза на ближайшем терминале. Примерный фрагмент онтологии предметной области «перевозка грузов» для железнодорожного транспорта приведен на рис. 2.

Заключение

Цифровизация транспортного комплекса в целом и отдельных видов транспорта требует комплексных решений из разных областей искус-

ственного интеллекта и компьютерных наук, которые смогли бы обеспечить их интеграцию в единую бесшовную систему с понятными и прозрачными принципами управления. Для мультимодальных перевозок такие решения особенно актуальны в свете технической и технологической разницы транспортных систем различных видов транспорта. Главную ценность в этих условиях приобретают знания и системы управления ими. В статье предложен класс решений для создания основы таких систем в условиях Индустрии 4.0, обеспечивающий не только прозрачность и доступность информации для всех участников перевозочного процесса, но и непрерывную циркуляцию и повторное ее использование в качестве активных знаний.

Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. — URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
2. Паспорт Стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации. — URL: <https://mintrans.gov.ru/activities/297/documents>.
3. Бадецкий А. П. Оптимизация распределения контейнеропотоков на направлении Китай — Европейский союз / А. П. Бадецкий, А. Н. Деревянко // *Russian Journal of Logistics & Transport Management* — 2020. — Т. 5. — № 1. — С. 69–86.
4. Лapidус Б. М. Гладкая бесшовная транспортная система как инструмент повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта / Б. М. Лapidус, Л. В. Лapidус // *Экономика железных дорог*. — 2016. — № 10. — С. 27–37.
5. Лapidус Б. М. Гладкая бесшовная транспортная система — инновационная модель будущего: природа, сущность, детерминанты качества / Б. М. Лapidус, Л. В. Лapidус // *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*. — 2017. — № 2. — С. 45–64.

6. Кобзев С. А. Бережливая киберфизическая производственная система транспортной компании / С. А. Кобзев // Железнодорожный транспорт. — 2020. — № 9. — С. 4–13.
7. Hubauer T. et al. Use Cases of the Industrial Knowledge Graph at Siemens / T. Hubauer et al. // International Semantic Web Conference (P & D/Industry/BlueSky). — 2018.
8. Перспективы использования технологии блокчейн в организации железнодорожных перевозок: информационно-аналитический обзор. — Eurasian Rail Alliance Index (ERAI). — 2018. — 23 с.
9. Сергеев В. И. Применение инновационной технологии «Блокчейн» в логистике и управлении цепями поставок / В. И. Сергеев, Д. И. Кокурин // Креативная экономика. — 2018. — Т. 12. — № 2 — С. 125–140.
10. Муромцев Д. И. Индустриальные графы знаний — интеллектуальное ядро цифровой экономики / Д. И. Муромцев, А. А. Романов, Д. Г. Волчек // Control Engineering Россия. — 2019. — № 5(83). — С. 32–39.
11. Berners-Lee T. The Semantic Web / T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila // Scientific American. — May 17, 2001.
12. Studer R., Benjamins R., Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods / R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel // Data and Knowledge Engineering. — 1998. — Iss. 25(1-2). — Pp. 161–197.
13. Клепов А. В. Отраслевые модели онтологии ИСУЖТ / А. В. Клепов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017): труды восьмой научно-технической конференции. — М.: НИИАС, 2017. — С. 43–45.
14. Клепов А. В. Онтология ИСУЖТ / А. В. Клепов, В. А. Броневицкий, Н. И. Капустин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2018): труды восьмой научно-технической конференции. — М.: НИИАС, 2018. — С. 16–20.
15. Матюхин В. Г. О текущем состоянии проекта ИСУЖТ и реализации технологии интервального регулирования на его платформе / В. Г. Матюхин, В. И. Уманский, А. Б. Шабунин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019): труды восьмой научно-технической конференции. — М.: НИИАС, 2019. — С. 3–7.
16. Лазуткина В. С. Онтологии больших данных, машинного обучения, и искусственного интеллекта на цифровой железной дороге / В. С. Лазуткина, А. А. Климов, В. П. Куприяновский и др. // International Journal of Open Information Technologies. — 2019. — Т. 7. — Вып. 5. — С. 75–88.
17. Климов А. А. ВМ и инженерные формализованные онтологии на цифровой железной дороге Европы в объединении EULYNX — экономика данных / А. А. Климов, В. П. Куприяновский, А. В. Степаненко и др. // International Journal of Open Information Technologies. — 2018. — Т. 6. — Вып. 8. — С. 38–65.
18. Бадецкий А. П. Оптимизация скорости доставки грузов на основе управления адаптивным планом формирования поездов / А. П. Бадецкий // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 3. — С. 51–53.
19. Badetskii A. P. Improving the Stability of the Train Formation Plan to Uneven Operational Work / A. P. Badetskii, O. A. Medved // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 May, 2020. — Novosibirsk, 2021. — Pp. 559–567. — DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.108.
20. Бадецкий А. П. Перспективные технологии адаптивного управления грузопотоками / А. П. Бадецкий // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIX Международной научно-технической конференции. — СПб., 2020. — С. 39–44.
21. Осьминин А. Т. Научное решение проблем перевозочного процесса / А. Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт. — 2018. — № 12. — С. 12–17.
22. Осьминин А. Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет повышения эффективности перевозочного процесса и транспортного обслуживания / А. Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2018. — № 2. — С. 14–31.
23. Осьминин А. Т. Реинжиниринг модели управления перевозками / А. Т. Осьминин // РЖД-Партнер. — 2020. — № 1-2. — С. 46–49.

24. Бадецкий А. П. Применение методов искусственного интеллекта для управления грузопотоками в мультимодальном сообщении / А. П. Бадецкий // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2021. — № 1. — С. 38–46.

25. Бадецкий А. П. Управление в политранспортных системах на основе методов искусственного интеллекта / А. П. Бадецкий // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2021): труды четвертой Международной научно-практической конференции. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Ч. 1. — С. 3–12.

Дата поступления: 12.01.2023

Решение о публикации: 13.02.2023

Контактная информация:

БАДЕЦКИЙ Александр Петрович —
канд. техн. наук, доц.;

badetsklii@pgups.ru

МЕДВЕДЬ Оксана Анатольевна —

канд. техн. наук, доц.;

oa.medved@yandex.ru

Ontological Approach to the Development of Unified Knowledge Base of Multimodal Transportations

A. P. Badetskii, O. A. Medved

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Badetskii A. P., Medved O. A. Ontological Approach to the Development of Unified Knowledge Base of Multimodal Transportations // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 1, pp. 182–193. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-182-193

Summary

Purpose: In the frames of ongoing digital transformation of transport complex in a whole and railway transport in particular, to give brief analytical characterization of being developed digital platforms and services. To consider promising technologies that are either at launch stage or on the way to the peak of overpriced expectations as to technological hype cycle of Gartner Research Company. To give an example of unified knowledge base as a basis of digital platform for multimodal transportation. **Methods:** Methods for visual structuring of information were used, in particular, mental maps (intellect-maps). To represent subject area ontology, a semantic network was used as a method for knowledge representation. **Results:** The pursued analysis of being developed and existing digital platforms and services has shown that besides data, there should lie at their basis more complex informational units — an active knowledge. This requires the method of data integration from disparate sources, their integration and circulation as within one industry as well as between various industries in order of knowledge generation and spread. In view of work specifics of transport various kinds, participating in multimodal transportations, the subject area, uniting all kinds of transport, should be chosen for this. The application of “cargo transportation” subject area has been justified by virtue of which, it is necessary to create management system of cargo flows on railway transport. Ontology fragment, describing “cargo transportation” domain for railway transport, has been worked out. **Practical significance:** The necessity of applying active knowledge to create autonomous intellectual productions on transport is shown. The use of knowledge bases, established on ontologies, will allow to raise the level of interaction of transport various kinds in “narrow” places during cargo transshipment as well as to expand the range of services, provided to customers.

Keywords: Multimodal transportations, knowledge bases, ontologies, cargo traffic management, digital transformation

References

1. *Programma "Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii"*, utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r [Program "Digital Economy of the Russian Federation", approved by the order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 № 1632-r]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. (In Russian)
2. *Pasport Strategii cifrovoj transformacii transportnoj otrasli Rossijskoj Federacii* [Passport of the Digital Transformation Strategy of the transport industry of the Russian Federation]. Available at: <https://mintrans.gov.ru/activities/297/documents>. (In Russian)
3. Badetskii A. P., Derevyanko A. N. Optimizaciya raspredeleniya kontejneropotokov na napravlenii Kitaj — Evropejskij Soyuz [Optimization of the distribution of container flows on the China — European Union route]. *Russian Journal of Logistics & Transport Management* [Russian Journal of Logistics & Transport Management]. 2020, vol. 5, Iss. 1, pp. 69–86. (In Russian)
4. Lapidus B. M., Lapidus L. V. Gladkaya besshovnaya transportnaya sistema kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti zheleznodorozhnogo transporta [Smooth seamless transport system as a tool for increasing the competitiveness of railway transport]. *Ekonomika zheleznih dorog* [The economy of railways.]. 2016, Iss. 10, pp. 27–37. (In Russian)
5. Lapidus B. M., Lapidus L. V. Gladkaya besshovnaya transportnaya sistema — innovacionnaya model' budushchego: priroda, sushchnost', determinanty kachestva [A smooth seamless transport system is an innovative model of the future: nature, essence, determinants of quality]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika* [Bulletin of the Moscow University. Series 6: Economics]. 2017, Iss. 2, pp. 45–64. (In Russian)
6. Kobzev S. A. Berezhlivaya kiberfizicheskaya proizvodstvennaya sistema transportnoj kompanii [Lean cyberphysical production system of a transport company]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway transport]. 2020, Iss. 9, pp. 4–13. (In Russian)
7. Hubauer T. et al. Use Cases of the Industrial Knowledge Graph at Siemens. International Semantic Web Conference (P & D/Industry/BlueSky), 2018.
8. *Perspektivy ispol'zovaniya tekhnologii blokchejn v organizacii zheleznodorozhnyh perevozok: informacionno-analiticheskij obzor* [Prospects for the use of blockchain technology in the organization of railway transportation: information and analytical review]. Eurasian Rail Alliance Index (ERAI), 2018, 23 p. (In Russian)
9. Sergeev V. I., Kokurin D. I. Primenenie innovacionnoj tekhnologii "Blokchejn" v logistike i upravlenii cepyami postavok [Application of innovative Blockchain technology in logistics and supply chain management]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative economy]. 2018, vol. 12, Iss. 2, pp. 125–140. (In Russian)
10. Muromcev D. I., Romanov A. A., Volchek D. G. Industrial'nye grafy znaniy — intellektual'noe yadro cifrovoj ekonomiki [Industrial knowledge graphs — the intellectual core of the digital economy]. *Control Engineering Rossiya* [Control Engineering Russia]. 2019, Iss. 5(83), pp. 32–39. (In Russian)
11. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web. *Scientific American*, May 17, 2001.
12. Studer R., Benjamins R., Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data and Knowledge Engineering*, 1998, Iss. 25(1-2), pp. 161–197.
13. Klepov A. V. *Otraslevye modeli ontologii ISUZhT. Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte. Komp'yuternoe i matematicheskoe modelirovanie (ISUZhT-2017): trudy vos'moy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Branch models of ontology ISUZhT. Intelligent control systems in railway transport. Computer and mathematical modeling (ISUZhT-2017): proceedings of the eighth scientific and technical conference]. Moscow: NIIAS Publ., 2017, pp. 43–45. (In Russian)
14. Klepov A. V., Bronevickij V. A., Kapustin N. I. *Ontologiya ISUZhT. Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte. Komp'yuternoe i matematicheskoe modelirovanie (ISUZhT-2018): trudy vos'moy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Ontology ISUZhT. Intelligent control systems for railway transport. Computer and mathematical modeling (ISUZhT-2018): proceedings of the eighth scientific and technical conference]. Moscow: NIIAS Publ., 2018, pp. 16–20. (In Russian)
15. Matyuhin V. G., Umanskiy V. I., SHabunin A. B. *O tekushchem sostoyanii proekta ISUZhT i realizatsii tekhnologii interval'nogo regulirovaniya na ego platforme. Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom*

transporte. Komp'yuternoe i matematicheskoe modelirovanie (ISUZhT-2019): trudy vos'moy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [On the current state of the ISUZhT project and the implementation of interval control technology on its platform. Intelligent control systems for railway transport. Computer and mathematical modeling (ISUZhT-2019): proceedings of the eighth scientific and technical conference]. Moscow: NIIAS Publ., 2019, pp. 3–7. (In Russian)

16. Lazutkina V. S., Klimov A. A., Kupriyanovskij V. P. et al. Ontologii bol'shikh dannyh, mashinnogo obucheniya, i iskusstvennogo intellekta na cifrovoj zheleznoj doroge [Ontologies of big data, machine learning, and artificial intelligence on the digital railway]. *International Journal of Open Information Technologies* [International Journal of Open Information Technologies]. 2019, vol. 7, Iss. 5, pp. 75–88. (In Russian)

17. Klimov A. A., Kupriyanovskij V. P., Stepanenko A. V. et al. BIM i inzhenernye formalizovannye ontologii na cifrovoj zheleznoj doroge Evropy v ob"edinenii EULYNX — ekonomika dannyh [BIM and engineering formalized ontologies on the digital railway of Europe in the association EULYNX — Data Economy]. *International Journal of Open Information Technologies* [International Journal of Open Information Technologies]. 2018, vol. 6, Iss. 8, pp. 38–65. (In Russian)

18. Badetskii A. P. Optimizatsiya skorosti dostavki грузов na osnove upravleniya adaptivnym planom formirovaniya poezdov [Optimization of the speed of cargo delivery based on the management of an adaptive train formation plan]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway transport]. 2017, Iss. 3, pp. 51–53. (In Russian)

19. Badetskii A. P., Medved O. A. Improving the Stability of the Train Formation Plan to Uneven Operational Work. *Transportation Research Procedia*, Novosibirsk, 2021, pp. 559–567. — DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.108.

20. Badetskii A. P. *Perspektivnye tekhnologii adaptivnogo upravleniya Грузопотоками. Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya: materialy XIX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Perspective technologies for adaptive control of cargo flows. Logistics: modern development trends: materials of the XIX International Scientific and Technical Conference]. St. Petersburg, 2020, pp. 39–44. (In Russian)

21. Os'minin A. T. Nauchnoe reshenie problem perevoznogo processa [Scientific solution of transportation process problems]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway transport]. 2018, Iss. 12, pp. 12–17. (In Russian)

22. Os'minin A. T. Uvelichenie propusknyh i provoznyh sposobnostej za schet povysheniya effektivnosti perevoznogo processa i transportnogo obsluzhivaniya [Increase in throughput and carrying capacity by increasing the efficiency of the transportation process and transport services]. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZHD"* [Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"]. 2018, Iss. 2, pp. 14–31. (In Russian)

23. Os'minin A. T. Reinzhiniring modeli upravleniya perevozkami [Reengineering of the transportation management model]. *RZHD-Partner* [RZD-Partner]. 2020, Iss. 1-2, pp. 46–49. (In Russian)

24. Badetskii A. P. Primenenie metodov iskusstvennogo intellekta dlya upravleniya grupopotokami v mul'timodal'nom soobshchenii [Application of artificial intelligence methods for cargo traffic management in multimodal communication]. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO "RZHD"* [Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways"]. 2021, Iss. 1, pp. 38–46. (In Russian)

25. Badetskii A. P. *Upravlenie v politransportnykh sistemakh na osnove metodov iskusstvennogo intellekta. Razvitie infrastruktury i logisticheskikh tekhnologiy v transportnykh sistemakh (RILTTRANS-2021): trudy chetvertoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Management in polytransport systems based on artificial intelligence methods. Development of infrastructure and logistics technologies in transport systems (RILTTRANS-2021): proceedings of the fourth International scientific and practical conference]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2022, vol. 1, pp. 3–12. (In Russian)

Received: January 12, 2023

Accepted: February 13, 2023

Author's information:

Aleksandr P. BADETSKII — PhD in Engineering, Associate Professor; badetskii@pgups.ru

Oksana A. MEDVED — PhD in Engineering, Associate Professor; oa.medved@yandex.ru