

# Формализованные онтологии и сервисы для высокоскоростных магистралей и цифровой железной дороги

В.П.Куприяновский, О.Н.Покусаев, Ю.И.Волокитин, Д.Е.Намиот, И.П.Петрунина,  
А.В.Зажигалкин

**Аннотация**— В статье рассматриваются вопросы, связанные с развитием цифровых железных дорог. Железнодорожный сектор является неотъемлемой частью всего промышленного прогресса и продолжает продвигать границы оцифровки и технологии, выступая во многих странах как локомотив цифровой экономики. Для пассажиров цифровая железная дорога представляет собой единственный способ добиться ступенчатого изменения количества и качества услуг без дорогостоящих и разрушительных тяжелых инженерных работ. В городских районах это означает, что пассажиры смогут получить услуги, более похожие на метро, чем на железную дорогу, которую мы видим сегодня, с информацией в режиме реального времени, настроенной для каждого пассажира. Естественно, что в процессах цифровых трансформаций есть общие ключевые составляющие. Одной из них являются формализованные онтологии, развитию которых в мире сегодня уделяется самое пристальное внимание. В статье рассматриваются онтологии, которые используются в европейских проектах высокоскоростных железных дорог. Авторы надеются, что предложенные для обсуждения примеры могут быть интересными и полезными для российских железных дорог, осуществляющих свои цифровые трансформации. Формализованные онтологические решения и открытые репозитории формализованных знаний должны помочь отечественным транспортным компаниям.

**Ключевые слова**—цифровая экономика, цифровые железные дороги, автоматизация, онтологии.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Развитие цифровой железной дороги и высокоскоростных железных дорог, как связанной системы сети транспорта, вступило в новую фазу. Международный союз железнодорожников 21 ноября 2018 года проводит конференцию под названием: «Революция – Цифровой железной дороги и глобальный

пересмотр железных дорог» (Digital Rail Revolution Global Rail Review) [1]. Многие говорят, что в настоящее время мы находимся в следующей промышленной революции, а технология, созданная во время предыдущего технологического переворота, в настоящее время встроена и используется в полной мере. Железнодорожный сектор является неотъемлемой частью всего промышленного прогресса и продолжает продвигать границы оцифровки и технологии, выступая во многих странах как локомотив цифровой экономики.

В течение следующего года железные дороги планируют потратить 12 миллиардов долларов на капитальные инвестиции и эти, сравнительно скромные инвестиции в инновации и технологии, могут улучшить качество обслуживания, сократить расходы и повысить прибыльность [1].

Стратегическое использование математики (в том числе формализованных онтологий и их языков) и аналитики данных может помочь операторам более эффективно управлять своими железнодорожными сетями, сократить время простоя подвижного состава и линейной инфраструктуры без добавления более дорогостоящей физической инфраструктуры.

По мере роста спроса на железнодорожные услуги, а по нынешним оценкам ожидается, что к 2035 году он вырастет на 88% - отрасль должна уделять первоочередное внимание инвестициям в физическую и цифровую инфраструктуру для поддержки будущего роста, при этом следя за тем, чтобы поддерживать железнодорожные сети и увеличивать доходы [1].

Для пассажиров цифровая железная дорога представляет собой единственный способ добиться ступенчатого изменения количества и качества услуг без дорогостоящих и разрушительных тяжелых инженерных работ. В городских районах это означает, что пассажиры смогут получить услуги, более похожие на метро, чем на железную дорогу, которую мы видим сегодня, с информацией в режиме реального времени, настроенной для каждого пассажира. Это означает более быстрые и надежные поездки из-за способности за счет этого лучше прогнозировать и предотвращать сбои в сети. А это означает, что появляется более гибкая железная дорога, которая, будучи объединенной с управлением дорожным движением, может значительно сократить задержки, так как теперь это самая большая

Статья получена 25 апреля 2018.

В.П.Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (e-mail: vpkupriyanovsky@gmail.com)

О.Н.Покусаев - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

Ю.И. Волокитин – ООО ТАС (email: i18021958@gmail.com)

Д.Е. Намиот – МГУ имени М.В. Ломоносова (email: dnamiot@gmail.com)

И.П.Петрунина - УИС (МСЖД) (email:petrunina1212@gmail.com)

А.В.Зажигалкин - ОАО РЖД (email: zashigalkin@mail.ru)

единственная причина нарушения движения поездов. В Великобритании, с которой и начался проект цифровой железной дороги (Digital Railway), он, как предполагается, сделает дорогу еще более безопасной, фактически устранив риск передачи сигналов об угрозах, что сегодня составляет 20% от общего риска дорожно-транспортных происшествий [2]. По принятому в 2018 году новому стратегическому плану программы цифровой железной дороги [3] эта технология помогает машинистам в рамках модернизации линии Thameslink, и к концу 2018 года железнодорожная индустрия будет оснащаться 200 поездами с цифровой сигнализацией ETCS. Цифровая технология управления поездами [5,6] будет полностью работоспособна со следующего года на линии Thameslink, где в центре Лондона, будет проходить 24 поезда каждый час, то есть практически каждые 3 минуты. Crossrail, который соединяет метро и городские железные дороги, будет использовать цифровую сигнализацию ETCS в кабине для доставки большого количества поездов и поездок с востока на запад через Лондон [4].

В России, иногда даже с опережением мировых практик, развиваются городские железнодорожные проекты (в Москве) и начал свою жизнь проект ВСМ – Евразия или высокоскоростной железной дороги соединяющей Азию и Европу, а тема цифровой железной дороги обсуждается практически в рамках цифровой экономики. Исходя из этих соображений полезности дополнительных характеристик для выбора оптимальных решений, мы и писали эту статью.

## II. ЭКОНОМИКА И СВЯЗ – ТЕХНОЛОГИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ИНТЕРНЕТЕ

Безусловным началом цифровой железной дороги были ВСМ в Европе. Тогда родились основы цифровой сигнализации, связи и управления железными дорогами [6]. Высокоскоростную линию Париж — Лион сегодня уже переоборудуют новой реализацией цифровой системы управления ETCS при поддержке Евросоюза Старейшую и наиболее загруженную во Франции высокоскоростную линию Париж — Лион (LGV Sud-Est) оборудуют европейской системой управления движением поездов ETCS уровня 2 (базовая версия 3) при финансовой поддержке Евросоюза, как сообщил 28.04.2018 ресурс zdmira.com. Это означает, что новые версии цифровой системы сигнализации и управления ETCS в новых версиях приходят на старые ВСМ. Однако без системы мобильной железнодорожной радиосвязи такая система просто не смогла бы работать не в начале пути цифровой железной дороги не тем более сегодня. И такая система появилась как вариант открытой мобильной связи - GSM-R [7].

GSM-R - это система MOTS, основанная на коммерческих GSM-производителях (глобальной системе мобильной связи), предлагаемая для повышения функциональности на железной дороге («R», в том числе, обеспечивает различные виды совместимости с системами железных дорог). Из-за изменений в

продуктах, необходимых для обеспечения функциональности «R», а также необходимости использования некоммерческих радиочастот, большая часть оборудования, используемого для GSM-R, включает специальное оборудование производителей и/или варианты программного обеспечения. Использование MOTS технологии для GSM-R оказалась дорогой для железных дорог, как в капитальных, так и в операционных расходах, хотя и остается наиболее распространенной системой в ETCS [8].

Было признано [9], что пассажирские соединения различаются по типам пассажиров и поездкам (длина, пригородные, междугородные) на разных маршрутах по железной дороге, которые были зафиксированы на рисунке 1. Поэтому типы технологий, спектра и сетевой архитектуры могут быть установлены на основе предполагаемого роста использования данных пассажирами и сбалансированы с возможностями и инвестициями для обеспечения пропускной способности вдоль каждого из железнодорожных маршрутов.

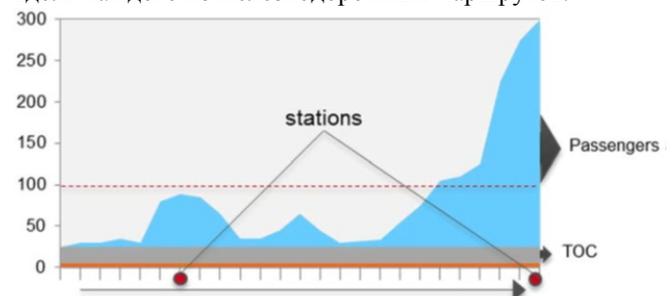


Рис. 1. Типы и объемы использования подключений пассажирами на маршрутах железной дороги [9].

Понятно, что рост пассажиропотока приведет к созданию архитектуры, формы и размера сети и будет зависеть от ряда ранее существовавших факторов в том числе:

- Роста охвата MNO и / или других беспроводных технологий (Wi-Fi) и пропускной способности вдоль каждого железнодорожного пути.
- Доступа, доступность места и потенциал трекинга или прилегающих земель для новых сайтов мобильной связи.
- Состояния, возможности и доступности существующей инфраструктуры дорожного покрытия радиосигналом.
- Бортового оборудования, способного поддерживать новые технологии и спектр.

Можно говорить о ряде сценариев, которые способствовали бы уровням, основанным на географическом местоположении, длине маршрута, происхождении и предназначении, упорядоченности маршрута и ландшафта, которые могут определять будущую архитектуру сети мобильной связи.

Вместе с тем сектор телекоммуникаций развивается быстрыми темпами. Новые версии смартфонов запускаются каждые 12-18 месяцев, и каждая версия обновляется с помощью новых функций и расширенных возможностей подключения и скорости. Эти последние инновации и технические решения используются на

железных дорогах пассажирами, которые приносят свои устройства на борт. Железнодорожные пассажиры хотят использовать свои устройства так, как они делают, когда находятся дома, или работают или путешествуют, и ожидают подключение по-простому «оно должно быть там», однако в настоящее время это невозможно сделать при движении по железной дороге.

Сегодня 58% пассажиров, недовольны текущими решениями мобильной связи на поездах [9], лучшие усилия по организации мобильной связи для транспортных компаний оказались недостаточными для нынешних требований операторов и пассажиров. Ничего нового нельзя сделать на этом ранее выпущенном подвижном составе, который имеет только некоторую усеченную форму мобильной связи данных. Без каких-либо изменений поездов и у операторов связи они в настоящее время могут обеспечить пропускную способность для поездов для операционных целей и в некоторых случаях с использованием управляемых шлюзов служб для доставки Wi-Fi-решений пассажирам.

В настоящее время часто возникает пропасть между доступностью услуг (от лицензированных операторов) и качеством услуг: разница между сигналом и выходом в Интернет. Вполне понятно, что любое место или место, где имеются значительные пиковые периоды (торговые центры и стадионы) будет иметь много пользователей, но может иметь ограниченные возможности, так как и на железной дороге - это временные пики.

Нигде такая проблема не является более острой, чем на железнодорожном коридоре. Операторы связи железнодорожной сети в настоящее время размещают свои мачты на железнодорожном коридоре. Но сервис, который может быть получен железнодорожными пассажирами, как правило, является совпадением существующих сотовых сайтов, которые были развернуты для обслуживания другой пользовательской базы.

Если сайт ячейки 4G может обрабатывать около 400 подключенных пользователей, он будет построен в этом размере для обслуживания местного населения. С поездами, проходящими каждые 15 минут, и имеющими более 400 пассажиров, которые хотят попасть в Интернет, неудивительно, что есть такой плохой опыт. Добавочно надо отметить к этому, что весь бортовой Wi-Fi выглядит как другое (одно или два) соединения (я) на сайте соты, и это проще, чтобы понять, почему нынешнее решение вряд ли улучшится без каких-либо скоординированных усилий.

В глобальном масштабе многие руководители железнодорожной инфраструктуры и железнодорожные предприятия в настоящее время используют совместимую сеть радиосвязи, GSM-R для оперативной голосовой связи и предоставления носителя данных для ETCS (European Train Control System). В европейском союзе, это юридически закреплено в Технических спецификациях на совместимость, которые применимы в европейских государствах-членах. Передача голоса и данных также используется для различных других применений.

Международным союзом железнодорожников прогнозируемое устаревание GSM-R к 2030 году в сочетании с долгосрочной жизнью ETCS (ожидаемая продолжительность 2050 год) и потребности в железнодорожном бизнесе уже привели Сообщество европейских железных дорог к началу работу по определению преемника GSM-R. Приемник должен учиться на прошлом опыте / уроках и соответствовать требованиям железной дороги. Этот документ является одним из первых шагов в этом процессе, где потребности железных дорог определяются последовательным и технологически независимым способом, который может стать основой для следующих шагов по определению будущей Мобильной системы связи железной дороги (FRMCS) [10].

Диаграмма на рисунке 2 разбивает доступные беспроводные технологии, претендующие на замену или дополнение, по скорости соединения на короткое и дальнейшее соединение и другим параметрам.

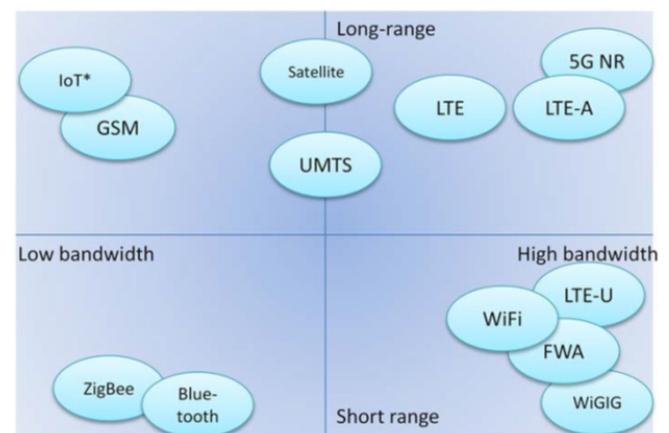


Рис. 2. Диапазон беспроводных технологий и пропускная способность для железных дорог [9].

Стоит отметить, что почти все (за исключением FWA) технологий в нижних двух квадрантах диаграммы рисунка 2 (более короткие диапазоны) работают в нелицензированном спектре, тогда как почти всех (с исключением некоторых технологий IoT) в верхних двух квадрантах (с более длинными диапазонами) работают в лицензированном спектре. Например, GSM-R находится в верхнем левом углу, поскольку он обеспечивает низкую пропускную способность, но в относительно большом диапазоне расстояний в несколько километров. Эта технология, как она была первоначально разработана, была способна предоставить широкий охват зоны для поддержки множества функций для железнодорожных операций. В настоящее время глобальная железнодорожная отрасль широко признает, что GSM-R скоро перестанет соответствовать назначению и замене (будущая Служба подвижной связи железных дорог, FRMCS) рассматривается, что будет доступна в ближайшем будущем.

На развитие цифровой железной дороги помимо BCM огромное влияние оказали и городские железные дороги [11,12], которые наряду с BCM составляют сегодня

самый растущий сектор железнодорожного рынка [12]. В текущей практике акционеры систем связи MNO инвестируют инфраструктуры на или вблизи железнодорожного коридора только тогда, когда имеются значительные коммерческие выгоды от этого. Хотя были проведены более широкие испытания, исторически, сайты мобильной связи в плотных

городских районах, которые также могут служить железной дороге, были реализованы, в то время как на остальных железнодорожных сайтах такой успешной реализации нет. Из этой практики родились схемы совместного с железной дорогой использования сайтов мобильной связи (рисунок 3).

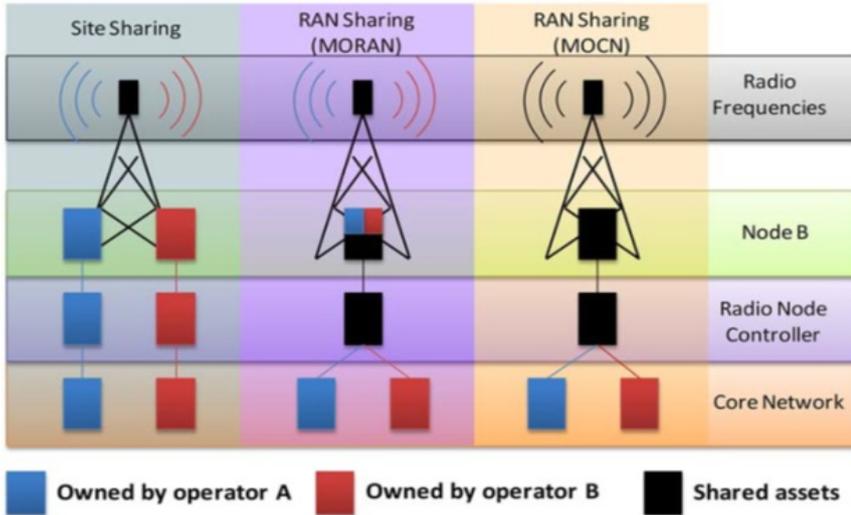
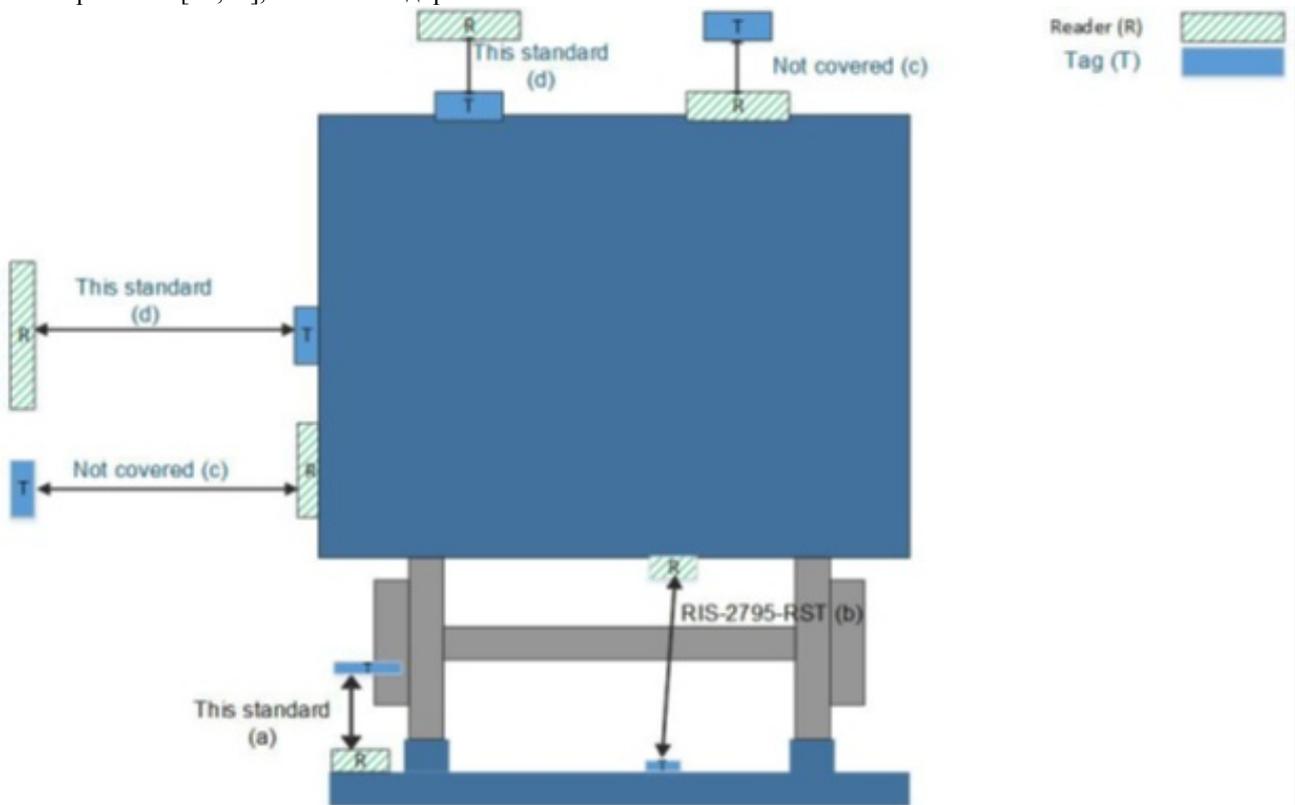


Рис. 3. Варианты совместного использования RAN [9]

устанавливаются и другие системы радиосвязи, например RFID [13]. На рисунке 4 для наглядности мы показываем, что требуется установить на вагоне только один стандарт RSSB [15].

Однако такое совместное использование потребует изменений и в том числе в нормативной базе [9]. По требованиям стандартов ЕС и, например, Великобритании [14,15], на железнодорожных составах



Note: Tags may be on either side of the train

Note: Tag and reader locations are illustrative only. They may be installed anywhere within the plane of operation.

Рис. 4. RFID-интерфейсы и стандарты железнодорожной отрасли, охватывающие их [15].

Начало создания интеллектуальных (цифровых) железных дорог началось с эволюции глобальной системы мобильной связи GSM-R, которая считается

краеугольным камнем цифрового преобразования железнодорожной отрасли. В основном, железнодорожные операторы используют GSM-R для оперативной служебной передачи речи и данных. С течением времени инновации в технологиях беспроводной связи позволили осуществлять передачу видео и услуг передачи данных на большие расстояния. В 2000-е годы введение новых технологических решений и различные цифровые устройства спроектировали новые области применения, такие как предоставление информации для пассажиров, управление движением на основе связи (CBTC), системы управления железнодорожным транспортом и решения по позитивному управлению поездом (PTC) [17]. Однако, железнодорожная промышленность претерпела крупную революцию после 2005 года с

появлением Интернета вещей (IoT) и началом реализации интеллектуальных городских проектов, что привело к разработке таких решений, как интеллектуальный билет, пассажирская информационно-развлекательная система, железнодорожная аналитика и динамическое программирование маршрутов и их планирование.

Промышленные решения на основе IoT в конечном итоге усилили конкурентные преимущества, а также раскрыли новые бизнес-модели, которые уже оказывают влияние на глобальную железнодорожную отрасль [16]. Все вместе (включая RFID и IoT) разбивается на разные сценарии железнодорожной связи, показанные на рисунке 5.



Рис. 5. Сценарии железнодорожной связи. Значения цветов: розовый (связь между инфраструктурой), синий (межкадровый коммуникации), светло-зеленый (внутри поезда), желтый (связь внутри станции), фиолетовый (связь инфраструктуры с инфраструктурой) и темно-зеленый (беспроводные сенсорные сети) [16].

Услуги с поддержкой IoT, за которыми огромное железнодорожное будущее: от более эффективных операций до новых бизнес-моделей, которое наступит после их стандартизации и полной уверенности в безопасном применении. Как мы говорили во введении, устаревшая инфраструктура постепенно заменяется цифровыми системами управления поездом (TMS), которые трансформируют поезда в коммуникационные узлы, так что они обмениваются данными между собой и с управляющими сетью центрами. Кроме того, M2M коммуникации позволяют операторам оптимизировать и безопаснее использовать оборудование и инфраструктуры. В следующих подразделах примеры

услуг с поддержкой IoT описываются как общее видение на будущее и показаны на рисунке 6.

В какой-то мере железнодорожный IoT позволит модернизировать системы, которые обычно контролируются в поезде (рисунок 7) или стать основой совершенно новых систем, как для персонала цифровой железной дороги, так и для ее пассажиров (рисунок 8). Увеличение использования IoT & Big Data дает огромную широту приложений интеллектуального обслуживания больших данных, позволяя менеджерам инфраструктуры и компаниям, управляющим поездками, полностью понять, как они могут извлечь выгоду из установки инструментов сбора данных по всем их железнодорожным операциям и в предоставлении пассажирам услуг через солнце интернета вещей - смартфон на цифровой железной дороге [18].

Британское издание [18] красочно иллюстрирует положение о том, что когда меняются поезда и

инфраструктура, то цифровая железная дорога становится популярной у пассажиров, и операторам становится выгодно развивать системы мобильной

связи, базирующиеся на, безусловно, любимом клиентами интернете и цифровых сервисах.

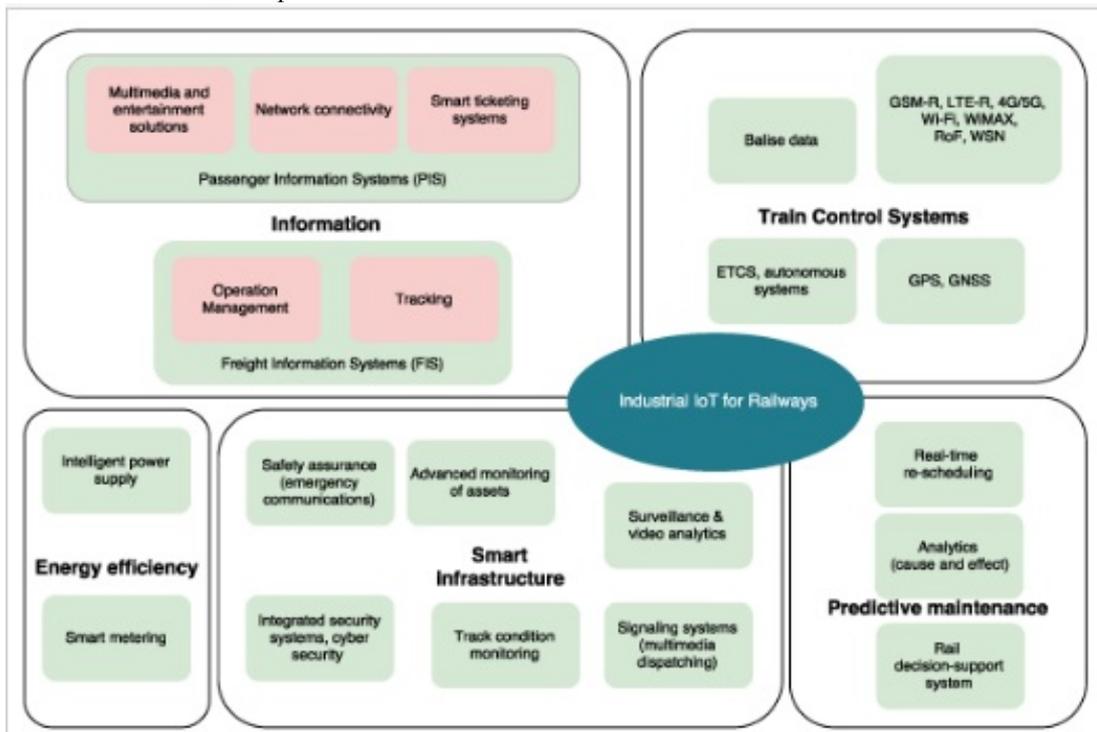


Рис. 6. Услуги с поддержкой промышленного IoT, относящиеся к железнодорожной отрасли [16].



поезде [16].

Рис. 7. Системы, которые обычно контролируются в



Рис. 8. Возможности включения технологий для IoT железных дорог [16].

### III ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ ОНТОЛОГИИ И ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ

Предыдущий раздел был целиком посвящен технической основе создания сервисов, которые собственно и есть то, что потребляет пассажир. При кажущейся общности с розничной торговлей [20] цифровые сервисы это то, что потребляется как цифровая информационная по большей части услуга непосредственно человеком-пассажиром [19 - 23], которая в отличие от физического товара не имеет ясного образа и физического воплощения.

Значит, этот образ услуги надо создать в цифровом виде так, чтобы он был понятен человеку с учетом его культуры и языка, здоровья и возраста, вероисповедания и множества других факторов. Поэтому число такого рода цифровых сервисов составляет десятки миллионов реализаций, и оно продолжает быстро расти. Сделать их ориентированными на конкретного клиента, быстрыми, совместимыми и используемыми в разных странах помогают формализованные онтологии, исследования с их использованием широко практикуются в ЕС и приводят к отличным практическим результатам.

В ЕС действует огромная исследовательская и практическая программа по железнодорожному транспорту и связанным с ним вопросам - Shift2Rail широко применяющая формализованные онтологии. И хотя Shift2Rail заслуживает гораздо большего внимания в России, ее результаты и возможности мало используются, как впрочем и вообще научный опыт ЕС, а между тем там очень много полезного для развития цифровой экономики России и в частности транспортных и примыкающих к ним задач [24]. Эта программа Shift2Rail зонтичная и внутри нее существуют десятки отдельных направлений, связанные единым онтологическим подходом, который позволяет использовать и результаты других программ ЕС.

Проект «Информационные технологии для Shift2Rail» (IT2Rail) является первым шагом к достижению целей долгосрочного IP4 – «ИТ-решения для Привлекательных железнодорожных услуг», это один из проектов Shift2Rail как совместного общеевропейского предприятия программы инноваций на транспорте. Он только что завершился в апреле 2018 года, и его материалы носят принципиально открытый характер. В целом они являются продолжением развития европейского MaaS [25] и манифеста мирового экономического форума [26] предполагающего свободное присоединение к этой инициативе WEF для совместной работы.

Целью этого проекта (IT2Rail) является предоставление нового беспрепятственного опыта путешествий пассажирам, дающего доступ к полному мультимодальному (синхромодальному) предложению перемещения, которое соединяет первую и последнюю милю на дальних поездках в:

- Трансформации глобальных поездок во взаимодействии с полностью интегрированным и индивидуальным опытом;
- Предоставлении доступа к услуге от двери до двери (D2D) и к модальному путешествию, через услуги, распределенные несколькими провайдерами;
- Так же предусмотрена помощь операторам услуг, чтобы они могли адаптировать свой уровень обслуживания, лучше удовлетворить ожидания клиента и оптимизировать свои собственные операции.

Основная концепция IT2Rail – это ввести новаторскую техническую основанный на двух концепциях:

- Путешественник находится в центре инновационных решений, имея доступ ко всем мультимодальным туристическим услугам (торговля, билетами и отслеживание), а также в качестве подключенных сервисов (руководства, дополнительные услуги и т. д.).
- Открытая опубликованная структура, обеспечивающая полную функциональную

совместимость и, в то же время, имеющая ограничение воздействия на существующие системы, без необходимости централизованной стандартизации. Этот технический инструмент, который будет полностью определен, установлен в пределах контекста Shift2Rail



Рис. 9. Структура проекта IT2Rail для железных дорог ЕС как базы для перемещения пассажиров в ЕС (источник – IT2Rail).

Рамочная основа взаимодействия (WP1) будет предоставлять функциональные приложения IT2Rail во взаимодействии с «сетью транспортных данных», с абстрагированием распределенных ресурсов, с которыми им необходимо будет работать. «(цифровой) Путешественник» (WP2) преодолет препятствия через совместимость, защищая клиента от фрагментации обмена сообщениями и стандартов кодификации, которые делают путешествие таким сложным и рискованным в сегодняшней туристической базе.

Расширенная совместимость между видами транспорта, операторами и системами, предлагаемые бронирование и билеты (WP3) предоставят услуги «от двери до двери» для плавного бронирования и оплаты, позволяющие реализовать полное мультимодальное путешествие от двери до двери, улучшающее опыт путешественников. Например, это будет давать путешественникам возможность пройти гетерогенные транспортные сети и использовать технологии срезающие нестыковки в поездках.

Параллельно, Track Tracker (WP4) будет перехватывать любые дорожные происшествия (используя данные в режиме реального времени), оповещая путешественников обо всех соответствующих событиях, касающихся их запланированного путешествия и, если необходимо, предложить альтернативные решения для этих случайностей.

Туристический компаньон (WP5) предоставит услуги IT2Rail и разрешит для конечного пользователя создание цифрового, настроенного, интегрированного и оперативного представления бесшовной транспортной среды.

Цифровое взаимодействие с пользователем будет защищено от различия в местных протоколах, процедурах, таможенных или физических незнакомых устройствах доступа и проверки. Business Analytics (WP6) будет сосредоточен на использовании социальных, мобильных, структурированных и неструктурированных данных для получения значений,

IP4 и будет решать ключевые концепции в IP4.

Структура проекта IT2Rail для железных дорог ЕС как базы для перемещения пассажиров в ЕС приведена на рисунке 9.

которые позволят операторам, поставщикам продуктов / услуг, туристским / транспортным предприятиям создавать лучшие решения для повышения качества услуг и доходов, и уровней обслуживания, чтобы лучше удовлетворять пассажирский спрос и оптимизировать свою деятельность, для того чтобы привлекать и удерживать больше клиентов.

Проект IT2Rail - «Информационные технологии для Shift2Rail» - это первый шаг на пути к долгосрочному IP4 - «ИТ-решения для привлекательных железнодорожных услуг», одной из инновационных программ Shift2Rail, целью которой является предоставление нового беспрепятственного опыта путешествий, предоставление доступа к полному предложению мультимодальных путешествий, которое соединяет первую и последнюю милю от дальних поездок.

Это достигается за счет внедрения базовых технологических возможностей, основанных на двух концепциях:

1. Путешественник находится в центре инновационных решений, получая доступ ко всем мультимодальным услугам для путешествий (покупки, продажи билетов и отслеживание) через своего компаньона по путешествию (цифрового).

2. Открытая опубликованная структура обеспечивает полную функциональную совместимость, ограничивая воздействие на существующие системы, без предпосылок для централизованной стандартизации.

Эти технические возможности будут полностью урегулированы в контексте Shift2Rail IP4, а IT2Rail предлагает уменьшенный подход к масштабу указанного прецедента без ослабления каких-либо ключевых концепций IP4, таких как использование технологий Semantic Web, мета планирование распределенных данных, попутчика путешествий с защищенным и секретным личным кошельком, хранящимся в облаке, включая права на поездки.

Вариант их использования будет определен как конкретный экземпляр открытых концепций и будет полезен полностью масштабируемой архитектурой,

полностью созданной в IP4. Этот подход охватывает все ключевые задачи программы работы, поддерживает полное предложение интермодальных путешествий «от двери до двери» и предлагает бесшовную интеграцию самых разнообразных существующих и будущих услуг для планирования, продажи билетов в режиме «одного окна» и в реальном времени повторного согласования.

Кроме того, благодаря инфраструктуре взаимодействия, которая изолирует приложения для путешествий от фрагментации стандартов в мультимодальных перевозках, IT2Rail освобождает инновации бизнес-модели на рынке, гарантируя экономическую самокупаемость этих электронных услуг в долгосрочной перспективе.

На рисунке 10 показана фактическая онтологическая структура проекта, позволяющая интегрировать для пассажира использование различных видов транспорта. Экосистема проекта приведена на рисунках 11 и 12. Конечно в центре системы смартфон и NFC. Рисунок 13 представляет собой понятную карту коридоров через несколько стран, на которых пилотировался проект, а на рисунке 14 показана принципиальная схема онтологически адаптируемого проекта.

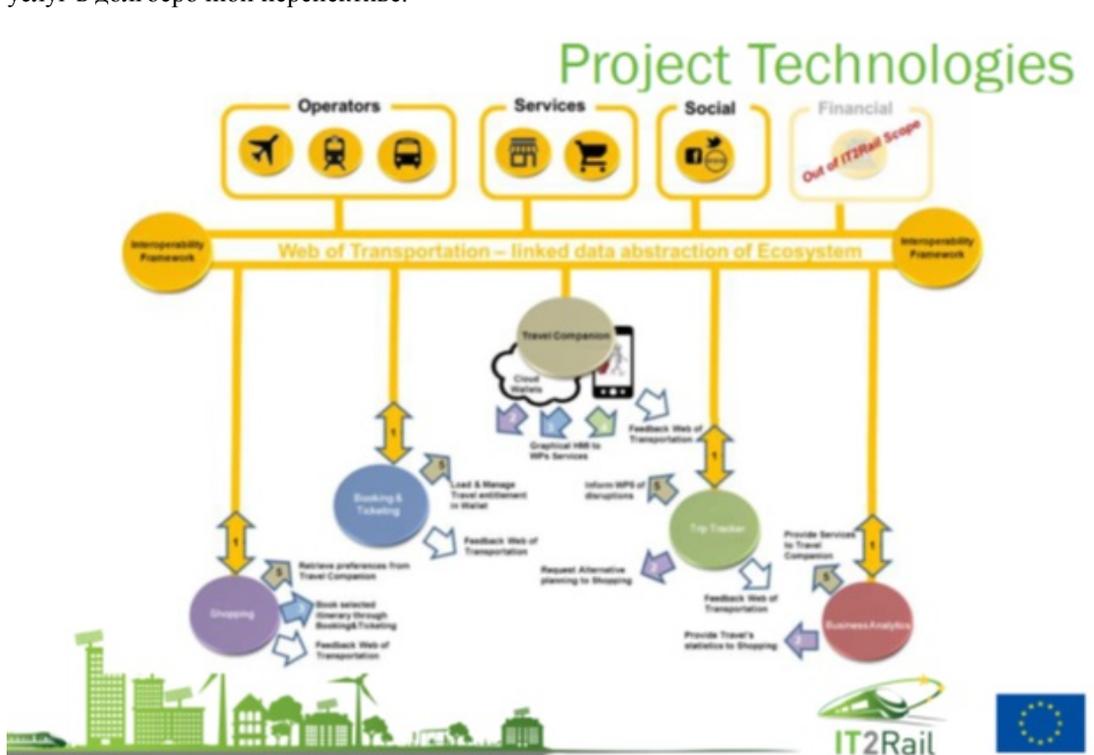


Рис. 10. Технологии, заложенные в проект (источник – IT2Rail).



Рис. 11. Экосистема проекта. Часть 1 (источник – IT2Rail).

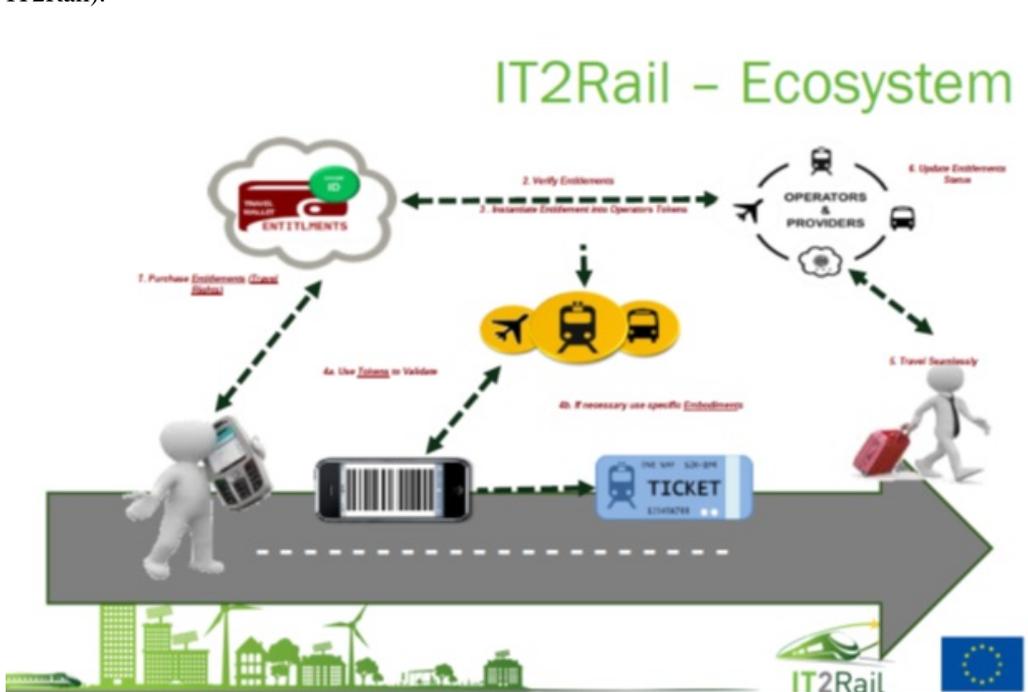


Рис. 12. Экосистема проекта. Часть 2 (источник – IT2Rail).



Рис. 13. Коридоры, на которых пилотировался проект (источник – IT2Rail).



Рис. 14. Онтологические настройки для адаптации (источник – IT2Rail).

Некоторые варианты использования результатов этого проекта будут определены как конкретные части при создании новых концепций проекта, которые выиграют от полностью масштабируемой архитектуры, которая будет полностью продемонстрирована в IP4. Этот подход решает все ключевые задачи IT2Rail, поддерживая полную систему от двери до двери, предложения для интермодальных поездок и предложения по бесшовной интеграции самых разнообразных текущих и будущих услуг по планированию, однократной продажи билетов на все путешествие и повторное размещение их в режиме реального времени.

Кроме того, благодаря рамкам онтологической совместимости, которая изолирует приложения для путешествий от фрагментации стандартов в мультимодальном транспорте, IT2Rail будет способствовать разработке новых бизнес-моделей, помогая обеспечить долгосрочную экономическую устойчивость этих электронных услуг.

Положительные результаты, предусмотренные проектом находятся в:

- Воздействие 1 – Улучшение экономики службы путешествий поставщиками и клиентами экосистемы.
- Воздействие 2 - Сокращение времени реализации на рынке инноваций.
- Воздействие 3 - Обогащение пассажирского опыта.

В целях максимизации использования первоначальных исследований и инноваций IT2Rail, результаты проекта при окончании проекта согласованы с соответствующими заинтересованными сторонами, чтобы применять соответствующие знания и данные механизмов управления как вклад в развитие этого направления в Shift2Rail. В течении жизни проекта, некоторые результаты понадобятся, чтобы быть доступным для совместных участников Shift2Rail, которые обязуются осуществлять исследовательскую деятельность для того чтобы преобразовать IT2Rail в будущее технологические демонстранты с большим количеством сложностей и расширенного охвата в ЕС / систем и влияний. Поскольку спецификации IT2Rail разработаны и представлены как открытые результаты и концепции, выбор и рекомендации в этих спецификациях они будут делать напрямую, чтобы повторно использовать и расширять то, как Shift2Rail работает. К тому же, IT2Rail будет продвигать аналогичные концепции для Shift2Rail для реализации демонстрантов, таких как: распределенные и веб-ориентированные архитектуры, опираясь на семантическую структуру взаимодействия для интерфейсов между технологиями и т.д.

#### IV ОБЗОР НЕКОТОРЫХ ДОКУМЕНТОВ IT2RAIL

В работе [27] был приведен обзор онтологических проектов ЕС по безопасности. Необходимо сказать, что даже если документ ставится в открытый доступ, он вначале должен получить одобрение Заказчика, то есть Европейской комиссии и стать фактически официальным. Таким образом завершённые документы проекта (DELIVERABLES), можно получить на сайте IT2Rail и это:

- D1.1 - IT2Rail Domain Ontology Specification and Repository;
- D1.2 - Semantic Web Services Registry;
- D1.3 - Semantic Discovery Engine;
- D1.6 - Proof-of-Concept Packaged Resolvers Core Features;
- D1.7 - Proof-of-Concept Packaged Resolvers Additional Features;
- D1.9 - Interoperability Framework Integrated Development Environment;
- D2.2 - Travel Shopping Specifications document;
- D2.4 - Travel Shopping Core Integration Report;
- D2.5 - Travel Shopping Additional Integration report;
- D2.7 - Travel Shopping Ontology document (FREL);
- D3.2 - Booking and Ticketing Specifications document;
- D3.4 - Booking & Ticketing Core Integration Report;
- D3.5 - Booking & Ticketing Additional Integration Report;
- D3.7 - Booking and Ticketing Ontology document (FREL);
- D4.4 - Trip Tracker Core Integration Report;
- D5.2 - Travel Companion Specifications document;
- D5.4 - Travel Companion Core Integration Report;
- D5.5 - Travel Companion Additional Integration Report;
- D5.7 - Travel Companion Ontology document (FREL);

- D6.2 - Business Analytics Specifications document;
- D6.4 - Business Analytics Core Integration Report;
- D6.5 - Business Analytics Additional Integration Report;
- D6.6 - Business Analytics Final Integration Report;
- D6.7 - Business Analytics Ontology document (FREL);
- D7.1 - Project Initiation Review Pack;
- D7.9 - Project Initiation Review Pack - Iteration 2;
- D8.2 - Set up public website;
- D8.4 - Dissemination Plan;
- D8.8 - Conclusions and recommendations of the Experts' Groups.

Мы специально привели этот перечень выше, чтобы проиллюстрировать положение о том, что формальные онтологии пронизывают весь проект, но не перегружать ссылочный аппарат. Так как в каждом из документов проекта десятки страниц (как минимум), то мы решили изложить содержание только некоторых. В первом же по списку документе [28] вводится порядок работы. Этот документ [28] посвящен официальной онтологии, разработанной в IT2Rail. Конкретный путь, который был описан в этом проекте в техническом процессе, как и используемые инструменты, и как теперь содержатся и где формализованные онтологии для других партнеров и пользователей. Понимание процесса трансформации и проектные решения, принятые при формализации знаний о домене, приводятся в дополнительном разделе. Все зарегистрированные онтологии хранятся в репозитории онтологий IT2Rail и доступны в Институте Транспорта и Инфраструктуры Фраунгофера (Fraunhofer Institute) на Системном сайте.

Регистрация на сайте бесплатная и открытая для всех через электронную почту [2rail@ivi.fraunhofer.de](mailto:2rail@ivi.fraunhofer.de), которая требуется для доступа к онтологическим файлам. Онтологии доступны в разных форматах, которые могут быть переведены друг в друга без потери информации и смысла. Кроме того, онтологии доступны как «один файл» и как разделенные онтологии. Последнее разделяется пространством имен и дополнительно определяет онтологию корня как зонтик, включая аннотации онтологии.

В документе [29] представлена часть онтологии IT2Rail, относящаяся к модулю Travel Shopping. После краткого введения в документе представлены решения моделирования, которые были приняты. Затем онтологические концепции подробно объясняются. Наконец, предоставляется лексикон со всеми условиями Travel Shopping. В документе [30] представлены аналогичные сведения по онтологии Booking & Ticketing. Так возможно посмотреть или получить описания на формализованном онтологическом языке всех составляющих проекта показанных на рисунке 9.

#### V ПРИМЫКАЮЩИЕ ОНТОЛОГИИ ИЗ ДРУГИХ ПРОЕКТОВ

Тема идентификации для процессов, данных и их онтологии крайне необходима [39,40,41] и есть два примыкающих к IT2Rail отдельных проекта ЕС, на которых мы посчитали возможным проиллюстрировать онтологическую прозрачность. Так, проект EuBusinessGraph [31] использует опыт своих

поставщиков данных и поставщиков технологий для того, чтобы решать сложную задачу объединения данных компаний из нескольких источников. Как результат он описывает шаги, которые были предприняты для решения двух основных задач, связанных с техническими достижениями в онтологической транспарентности.

Во-первых, в нем создали общую семантическую модель для представления компаний и их атрибутов, что позволяет объединять данные по компаниям из разных источников и, таким образом, представлять более богатые и разнообразные данные для конечных пользователей онтологической платформы, а также позволяющие классифицировать их по различным правовым формам или экономической деятельности.

Ожидается, что эти модели данных будут развиваться в течение всего жизненного цикла проекта на основе отзывов от пользователей, из бизнес-кейсов и по мере развития онтологической технической платформы.

Во-вторых, в проекте провели тщательный анализ идентификаторов в контексте euBusinessGraph. Это обеспечило итеративный путь от реализации MVP к более мелкозернистым подходам, имеющим дело с более сложными аспектами и добавлением, как большего количества данных, так и более богатых метаданных с течением времени.

Среди областей, к которым обращались в этом проекте, есть:

- Связанные работы для модели данных,
- Требования к бизнес-требованиям для модели данных,
- Модель данных компании,
- Отображение данных в RDF,
- Типология идентификаторов,
- Существующие идентификаторы компании,
- Технические и бизнес-требования для идентификаторов.

Из анализа различных систем идентификаторов и требований бизнес - проекта в euBusinessGraph, выделили ключевые аспекты идентификаторов и рассмотрели их в общей семантической модели. Таким образом получилось, что класс System Identifier включает в себя ряд атрибутов, которые моделируют ожидания об идентификаторах, которые выдаются в рамках конкретной системы. В euBusinessGraph смоделировали валидацию, очистку правил и веб-ресурсы, которые используются для поиска, просмотра и поиска информации идентификатора.

Кроме того, там выделили агентов, которые работают для поддержания, выпуска и публикации разных идентификаторов системы. Эти результаты будут полезны для работы с частными компаниями в IT2Rail и его продолжениях.

Практика темы онтологии идентификации мертва, если нет законодательного решения о том, так как путешественники пересекают, например, границы и вообще пользуются легально одобренными данными. Еще один европейский проект ARIES «reliable euRopean Identity EcoSystem», проводит такие онтологические исследования. Решения такого рода нужны как в России так и в странах входящих в ЕАЭС. Сама тема в ЕС называется – «FCT-9-2015: Возможности обеспечения правопорядка, тема 5: Управление идентификацией ARIES «reliable euRopean Identity EcoSystem» [32,33].

Материала этого проекта [33] называется: «D2.3 - Юридические требования и анализ Идентификации с точки зрения законодательства и правоприменительных аспектов». Из этой работы [33] мы приводим рисунок 15, который показывает, как через формализованные онтологии связываются цифровые и правовые миры.

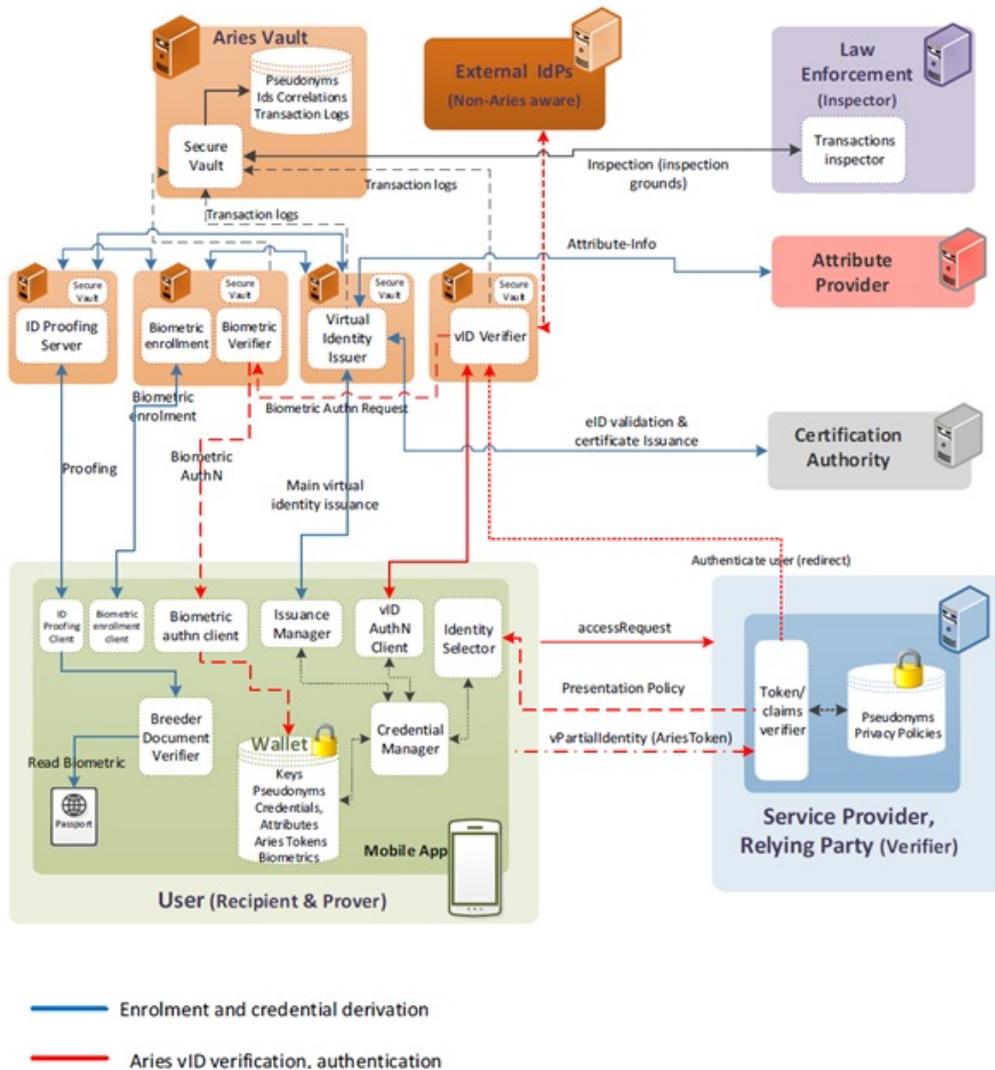


Рис. 15. - Архитектура ARIES (источник – ARIES)

VI РАЗВИТИЕ И РАСШИРЕНИЕ ПРОЕКТА IT2RAIL. ПРОЕКТ GoF4R.

Задачи проекта GoF4R («Управление инфраструктурой взаимодействия для железнодорожной и интермодальной мобильности»), продолжающего и расширяющего IT2Rail, заключаются в том, чтобы заполнить определенную брешь в рамках программы инноваций Shift2Rail, связанную с пассажирскими услугами (IP4), путем выявления и устранения препятствий, которые могут помешать успешному разворачиванию фундаментальных технологий. Такая рамочная совместимость онтологий, разработанных в других проектах, необходима для реализации инновационных услуг для более привлекательной мультимодальной европейской транспортной системы.

Основная задача управления проектом - IF для железнодорожных перевозок и интермодальной мобильности (GoF4R) заключается в определении устойчивого управления для рамок функциональной совместимости (IF), которые создадут правильные условия для внедрения услуг бесшовной мобильности и способствуют развитию сервисов мультимодальных перевозок. GoF4R поможет преодолеть препятствия,

которые в настоящее время препятствуют развитию рыночных инноваций и улучшают широкое принятие семантической сети для транспортировки. Другая ключевая задача - обеспечить надлежащее распространение ключевых концепций, прогресса и коммуникационной стратегии в рамках сообщества S2R глобальной экосистемы будущих пользователей IP4.

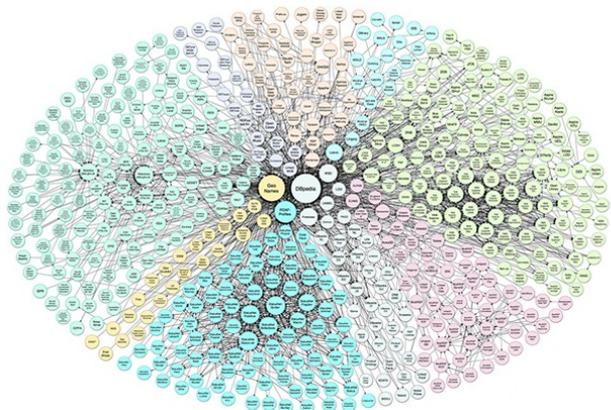


Рис. 16. Так представляют себе онтологию сервисов в проекте GoF4R (источник - GoF4R)

Таким образом, участник IP4 TD будет играть роль посла IP4 в отношении организации ЕС и любых других

сообществ ключевых заинтересованных сторон, таких как TAP-TSI, модель полного обслуживания (FSM), Alliance Smart Ticketing Alliance (STA) и любые другие связанные с этим инициатив.

Приведем для иллюстрации информацию о двух законченных частях GoF4R [34 и 35].

Различные транспортные операторы (разных режимов) используют разные и часто гетерогенные системы для поддержки / реализации своих транспортных услуг. В частности, в [34] рассмотрено то, что имея в виду цифровой аспект транспортных систем, существует ряд стандартов и конвенций, но они не обладают широкой и общей функциональной совместимостью. В некоторых случаях интероперабельность разрешается на синтаксическом уровне (соглашаясь на использование общего стандарта или на разработку адаптеров ad hoc для двусторонних решений).

Взаимодействие является одним из ключевых вопросов IP4 Shift2Rail. Оно заключается в создании структуры, которая позволит бизнес-приложениям, принадлежащим критичной массе европейских игроков в сфере путешествий и транспортной отрасли, «взаимодействовать», чтобы предоставить клиенту полную информацию о доступных вариантах транспорта и соответствующих процессах их бронирования, оплате, продажи билетов, потреблении, модификации и, более конкретно, для деловых партнеров (например, поставщиков транспортных услуг, дистрибьюторов, розничных торговцев), и соответствующего финансового расчета.

Shift2Rail предлагает воспользоваться возможностью достижения интероперабельности на семантическом уровне путем разработки общей модели значения обменной информации в транспортной области для содействия принятию многосторонних решений.

WP4 проекта GoF4R имеет глобальную цель - проанализировать технологический рынок в области решений по семантической совместимости, чтобы понять целесообразность широкомасштабного внедрения таких решений в области железных дорог и транспорта. В частности, с помощью этого проекта GoF4R предполагается:

- Определить основные проблемы и препятствия для семантической совместимости форматов и структур данных, которые необходимы для обеспечения надлежащего обмена данными и обмена между различными системами, подсистемами и приложениями.

- Проанализировать имеющиеся на рынке инструменты семантической интероперабельности для оценки их зрелости и возможности их принятия в железнодорожном и транспортном секторах.

- Изучить степень принятия решений по семантической совместимости в разных областях, выделяя истории успеха, а также определить препятствия и сопротивление;

- Оценить рынок предложения с точки зрения навыков и профессиональных услуг, чтобы понять потенциальные трудности для обеспечения эволюции и

поддержания семантических решений.

Остальная часть готовых выводов структурирована следующим образом. В разделе 1 сообщается о начальном анализе зрелости рынка поставок решений для семантической совместимости. В разделе 2 описываются результаты первоначального анализа принятия решений по семантической совместимости в областях транспорта и государственного управления. В разделе 3 сообщается о первоначальном анализе наличия навыков семантической интероперабельности в рынке профессиональных услуг. Наконец, в Разделе 4 приводятся некоторые выводы, определяются входные данные для WP5 и описываются следующие шаги окончательного расширенного анализа, которые будут описаны в D4.2 (запланировано на M24).

Цель управления рамочной совместимостью для железнодорожной и интермодальной мобильности проекта (GOF4R) заключается в определении устойчивого управления для семантики функциональной технологий, которые разрабатываются в рамках программы IP4 Shift2Rail [35].

В рамках IP4 целью является создание бесшовного мультимодального опыта путешествий, предоставляя путешественникам умные персонализированные услуги для облегчения каждого этапа поездки. Путешественники могут получить доступ ко всем этим услугам через их «Travel Companion» (TC), который функционирует как пользовательский интерфейс «front end», предоставляя пользователям полный контроль над их путешествием от двери до двери. Путешественники могут использовать Travel Companion (который рассматривает личные предпочтения, в том числе, ограничения мобильности), чтобы планировать свое путешествие, управлять бронированием, проверять права, перемещаться по развязкам и, в случае сбоев, находить альтернативные решения для повторной маршрутизации и повторного размещения. В «обеспечивающей части» «совместимость» Framework "(IF) гарантирует техническую совместимость мультимодальных услуг с помощью изолирующего потребителя приложения состоящего из задачи поиска, согласования и понимания открытого мира данных, событий и ресурсов обслуживания, которые, следовательно, становятся доступными «как услуга».

В целях разработки и развития устойчивого и успешного управления IF, требования необходимо сопоставить и проанализировать различных участников транспортной цепи. Этот Конечный D2.1 представляет результаты решения задачи 2.1 в рамках GOF4R, в которых основное внимание уделяется «Анализу потребителя, его требований и заинтересованности в использовании возможностей TC». Потребности и требования других участников рынков (операторы, органы власти, поставщики услуг) рассматриваются в отдельном выпуске D2.2 «Анализ спроса участников рынка на IF».

Путешественники не взаимодействуют напрямую с Рамочной совместимостью. Вот почему в этом конечном результате основное внимание не будет

уделяться рамочной основе взаимодействия, как таковой, а все будет сосредоточено на функциональных возможностях, разработанных на основе или благодаря IF, которые путешественник может получить через свой цифровой Попутчик. В этом отчете определяются и описываются условия для основного подхода путешественника к путешествию и конечными пользователями - путешественникам.

В качестве первого шага попутчик (Travel Companion) был «деконструирован» в своей потребительской ориентации возможностей и точках взаимодействия (раздел 2). Для каждой точки взаимодействия была сформулирована серия предположений относительно факторов (стимулы, потребности, ограничения, барьеры), которые могут повлиять на потребительское принятие ТС подхода. Эти предположения были подтверждены с помощью интервью с заинтересованными сторонами (раздел 3).

Семинары по этой тематике были организованы в Бельгии, Италии, Словакии и Чешской Республике, с тем, чтобы лучше понять условия для восприятия рынком подхода Travel Companion и оценить потенциальные этнографические различия между странами и культурами (раздел 4). Наконец, в отчете были представлены результаты, полученные в ходе интервью, а также национальные семинары и далее обсуждались на общеевропейском семинаре с S2R IP4 и другими экспертами (раздел 5).

В заключение заметим, что проект GOF4R находится в начале реализации, и мы попробовали выше дать представление о достигнутых и планируемых его результатах.

## VII Выводы

Опыт использования железнодорожных сетей, преобразующихся в цифровую железную дорогу, как основы построения, бесшовных цифровых сервисов для пассажиров в Европе по всем видам транспорта нам представляется очень важным, и мы попытались дать читателю об этом представление.

В работах ООН изданных в конце 2017 начале 2018 года [36, 37] тщательно анализируется железнодорожный опыт ЕС и особенно его основы - сети ВСМ, как имеющий большое значение для всего мира. В работе [36] отмечено: «Хотя преимущества высокой скорости, то есть значительной экономии времени очевидны, она также оказывает сильное влияние на расстояния. В настоящее время более короткие временные поездки существенно сокращают расстояния, что приводит к более высокой дополнительной привлекательности регионов как мест для экономической деятельности. Это делает инвестиции в высокоскоростные железные дороги привлекательными как дополнение к местным экономическим выгодам, которые возникают».

Огромное экономическое содействие оказывают этому процессу научно-технические исследования. Так Финляндия очень высоко оценивает экономическое влияние научно-технических исследований ЕС на свою

экономику [38], на которые мы опирались в этой статье.

Компания Alstom очень наглядно показала это в своих предложениях для HS2 (вторая очередь ВСМ Великобритании) на рисунке 17, показав, как выглядит карта страны с учетом плотности населения. Плотность некоторых основных городов этой страны в жителях на квадратный километр составляет:

- Бирмингем 3,800
- Манчестер 4 000
- Лидс 4,050
- Лондон 5 100.



Рис. 17. Так выглядит карта Великобритании с учетом плотности населения (источник - Alstom's HS2 message)

Конечно, мы привели эти данные и иллюстрации для того, чтобы подчеркнуть огромную роль цифровых сервисов на железнодорожном транспорте, так как человечество переезжает в города и цифровая экономика тоже. Но люди сегодня все более интенсивно перемещаются и образуют огромный и быстро растущий рынок цифровых сервисов на транспорте. Формализованные онтологические решения и открытые репозитории формализованных знаний, которые при этом образуются, могут и должны помочь российским транспортным компаниям и специалистам быстрее, дешевле и прозрачнее решить эти задачи.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Digital Rail Revolution <https://www.globalrailwayreview.com/digital-rail-revolution/about-drr/> Retrieved: May, 2018
- [2] Making the Digital Railway a Reality. Mark Carne, Chief Executive National Digital Railway Strategy Launch York. NetworkRail 10 May 2018
- [3] Digital Railway Programme Strategic Plan. 19 January 2018 – RF9 update NetworkRail
- [4] Digital rail revolution will reduce overcrowding and cut delays <https://www.gov.uk/government/news/digital-rail-revolution-will-reduce-overcrowding-and-cut-delays> Retrieved: May, 2018
- [5] Kupriyanovsky V. P. et al. Economics of innovations for digital railways. Experience in the UK //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 79-99.
- [6] Kupriyanovsky V. et al. Bandwidth and economy of the digital railway in the transformation of signaling and train control

- //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 117-132.
- [7] Шнепс-Шнеппе М. А. и др. Цифровая железная дорога и переход от сети GSM-R к LTE-R и 5G-R-состоится ли он? //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.
- [8] Куприяновский В. П. и др. Гигабитное общество и инновации в цифровой экономике //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – №. 1.
- [9] Connected Train and Customer Communications: Rail and Digital Industry Roadmap. © Rail Safety and Standards Board Limited, 2018
- [10] Future Railway Mobile Communication System User Requirements Specification. UIC 2018
- [11] Kupriyanovsky V. et al. The digital transformation of the economy, the railways, and smart cities. Plans and experience in the UK //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С. 22-31
- [12] Соколов И. А. и др. Возможности развития цифровой железной дороги, как базы мультимодальной транспортной системы умных городов в условиях цифровой экономики //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 12.
- [13] Kupriyanovsky V. et al. Considerations on the problems of creating a digital railway for the new silk road of the transcontinental logistics partnership for the economic development of the countries belonging to the EAEU and Russia //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 9. – С. 119-140.
- [14] Rail Industry Standard RIS-2795-RST Issue: Two Date: December 2017 Track to Train RFID Compatibility. RSSB
- [15] Rail Industry Standard RIS-0796-CCS Issue: One Date: March 2018 Train to Infrastructure RFID Compatibility. RSSB
- [16] Paula Fraga-Lamas, Tiago M. Fernández-Caramés and Luis Castedo Towards the Internet of Smart Trains: A Review on Industrial IoT-Connected Railways. Sensors 2017, 17, 1457; doi:10.3390/s17061457 www.mdpi.com/journal/sensors
- [17] Kupriyanovsky V. et al. On Internet of Digital Railway //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 12. – С. 53-68.
- [18] Digital transformation of the rail industry. ORM January 2018
- [19] Kupriyanovsky V. et al. The app economy—the state, the standards and the fight against digital exclusion //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9. – С. 13-23.
- [20] Kupriyanovsky V. et al. On Retail Trade in the Digital Economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 7. – С. 1-12.
- [21] Намиот Д. Е., Куприяновский В. П., Синягов С. А. Инфокоммуникационные сервисы в умном городе //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 4.
- [22] Куприяновский В. П. и др. Веб Вещей и Интернет Вещей в цифровой экономике //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 5.
- [23] Kupriyanovsky V. et al. Digital Economy and the Internet of Things-negotiating data silo //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8. – С. 36-42.
- [24] Куприяновский В. П. и др. Развитие транспортно-логистических отраслей Европейского Союза: открытый ВИМ, Интернет Вещей и кибер-физические системы //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 2.
- [25] Куприяновский В. П. и др. Интеллектуальная мобильность и мобильность как услуга в Умных Городах //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 12.
- [26] Designing a Seamless Integrated Mobility System (SIMSystem) A Manifesto for Transforming Passenger and Goods Mobility .White Paper WEF In collaboration with Deloitte January 2018
- [27] Соколов И. А. и др. Современные исследовательские проекты ЕС и онтологии цифровой безопасности Европы //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 4.
- [28] IT2Rail INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SHIFT TO RAIL D1.1 – IT2Rail Domain Ontology Specification and Repository. 18/12/2017
- [29] IT2Rail D2.7 – Travel Shopping Ontology document (FREL) Actual Submission: 04/05/2018
- [30] IT2Rail D3.7 Booking & Ticketing Ontology document (FREL) Actual submission date: 20/10/2017
- [31] D2.1: System of Identifiers, Ontologies and Vocabularies Public 02.03.2018 Copyright© euBusinessGraph Consortium 2017-2019
- [32] FCT-9-2015: Law Enforcement Capabilities topic 5: Identity Management ARIES "reliAble euRoPean Identity EcoSystem". D5.3 – First Communication Plan and Activities Report 2017
- [33] FCT-9-2015: Law Enforcement Capabilities topic 5: Identity Management ARIES "reliAble euRoPean Identity EcoSystem. D2.3 – Legal requirements and analysis of ID legislation and law enforcement aspects Due date of deliverable: 31/08/2017
- [34] GOVERNANCE OF THE INTEROPERABILITY FRAMEWORK FOR RAIL AND INTERMODAL MOBILITY. D4.1 Initial Semantic Interoperability Technology Market Watch .Due date of deliverable: 31/12/2017 Actual submission date: 17/01/2018
- [35] GOVERNANCE OF THE INTEROPERABILITY FRAMEWORK FOR RAIL AND INTERMODAL MOBILITY D2.1 Analysis of the demand of travelers for the TC Due date of deliverable: 31/12/2017 Actual submission date: 26/02/2018
- [36] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Phase 1 Trans-European Railway High-Speed .Master Plan Study. Copyright © United Nations, 2017
- [37] RAILWAY REFORM IN THE ECE REGION Final report Copyright © United Nations, 2017
- [38] Kalle A. Piirainen (ed.), Kimmo Halme, Tomas Åström, Neil Brown, Martin Wain, Kalle Nielsen, Xavier Potau, Helka Lamminkoski, Vesa Salminen, Janne Huovari, Henri Lahtinen, Hanna Koskela Erik Arnold, Patries Boekholt, Helene Urth. How can the EU Framework Programme for Research and Innovation increase the economic and societal impact of RDI funding in Finland? Valtioneuvoston kanslia, 15.2.2018
- [39] Липунцов Ю.П., Куприяновский В.П. Организация финансового учета в цифровой экономике Инновации и инвестиции №2 2018
- [40] Ларин О. Н., Куприяновский В. П. Вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 3.
- [41] Куприяновская Ю. В. и др. Умный контейнер, умный порт, ВИМ, Интернет Вещей и блокчейн в цифровой системе мировой торговли //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 3.

# Formalized ontologies and services for high-speed and digital railways

Vasily Kupriyanovsky, Oleg Pokusaev, Yuri Volokitin, Dmitry Namiot, Irina Petrunina, Aleksandr Zazhigalkin

*Abstract*— The article deals with issues related to the development of digital railways. The railway sector is an integral part of all industrial progress and continues to advance the boundaries of digitization and technology, speaking in many countries as the locomotive of the digital economy. For passengers, the digital railway is the only way to achieve a gradual change in the quantity and quality of services without costly and destructive heavy engineering work. In urban areas, this means that passengers will be able to obtain services more similar to the metro than to the railway that we see today, with real-time information configured for each passenger. Naturally, in the processes of digital transformations, there are common key components. One of them is a formalized ontology, the development of which in the world today is paid the most attention. The article deals with ontologies, which are used in the European projects of high-speed railways. The authors hope that the examples proposed for discussion can be interesting and useful for Russian railways that are carrying out their digital transformations. Formalized ontological solutions and open repositories of formalized knowledge should help domestic transport companies.

*Keywords*— digital economy, digital railways, automation, ontologies.