

Цифровые двойники знаний и онтологии для высшего технологического образования

Ю.И. Волокитин, О.В. Гринько, В.П. Куприяновский, А.В. Корзун, А.А. Алмазов, О.Н. Покусаев, М.Г. Жабицкий

Аннотация— Статья посвящена онтологическому моделированию образовательных систем. Текущее управление знаниями сосредоточено на получении, хранении, поиске и обслуживании знаний. Технология систем электронного обучения используется в основном для учебных курсов по тщательно отобранным темам, которые преподаются студентам, зарегистрированным на эти курсы. Управление знаниями используется для быстрого сбора, организации и предоставления больших объемов корпоративных знаний. Практика повышения ценности информации путем сбора неявных знаний и их преобразования в явные знания известна как управление знаниями. При этом онтологии могут представлять существующие знания из предметной области. Онтологии позволяют моделировать различные аспекты управления знаниями для виртуального обучения в высшем образовании. Университеты, с точки зрения управления знаниями, представляют обновленную концепцию высшего образования, в которой знания считаются продуктом, а покупателями являются студенты. В этой статье объясняется онтологическая структура, используемая для моделирования и интеграции процессов управления знаниями и технологической архитектуры для управления знаниями в виртуальном образовании. Онтология университета на базе цифровых двойников (или цифровой университет) является расширением традиционной модели Университета через потенциалы виртуализации дистанционной образовательной деятельности и взаимодействия с надсистемами.

Ключевые слова—цифровые двойники, онтологии, образование.

I. ВВЕДЕНИЕ

Не вызывает сомнений тот факт, что подавляющее большинство знаний, которыми владеет человечество, сегодня представлено в цифровом виде в сети Интернет. Простота доступа, надежность хранения и широкий диапазон вариантов представления (включая интерактивные) делают Интернет неотъемлемым источником информации в любых исследованиях и в

образовательных процессах. Однако, в зависимости от организации этих знаний возможности из использования совершенно разные [1]. Проблема того, как именно организованы данные в системах хранения – в виде таблиц или реляционных баз или семантических троек становится сегодня основной для всех серьезных информационных систем.

С начала века стремительный рост новых технологий баз данных положил конец прежнему господству реляционных систем. Эти различные новые типы баз данных объединяются общим термином NoSQL. Хотя терминология спорна, технология NoSQL действительно отличается от мира отношений. Вместо того, чтобы хранить данные в строках таблиц, базы данных хранят вложенные документы, пары ключ-значение [2].

Для появления новых моделей данных есть веские причины. Базы данных документов оптимизированы для простоты хранения и поиска с помощью метафоры картотеки входящего и выходящего документа. Базы данных колоночного хранилища оптимизированы для масштабирования и позволяют быстро сканировать множество записей. Тем не менее, оптимизируя свои варианты использования, новые базы данных сделали выбор в пользу упрощенных моделей данных. Например, понимание того, как связаны две записи, является частью реляционной модели через соединения, но в базах данных хранилища документов, ключей и значений или столбцов не существует эквивалентного механизма [2].

База данных графа NoSQL строит сеть взаимосвязанных сущностей, представляющих ее онтологический домен. Как и в реляционных базах данных, вы можете запросить эту модель, чтобы получить представление, но в отличие от реляционных баз данных, модель данных интуитивно понятна.

С помощью нескольких простых инструментов вы можете создавать выразительные и понятные модели данных, обладающие высокой производительностью.

Графовые базы данных и онтологии, отражающие семантику - это универсальная технология обработки данных. Их можно использовать в самых разных областях: от здравоохранения до финансов и от энергетики до реагирования на стихийные бед 128 Ключом к пониманию того, когда использовать данные графов, является ценность ссылок.

Графовое представление приносит несколько

Статья получена 21 ноября 2020.

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

О.В. Гринько - ООО "Т-Система" (email: gov@t-systema.com)

В.П. Куприяновский - РУТ (МИИТ) (email: vpkupriyanovskiy@gmail.com)

А.В. Корзун - Агентство промышленного развития Москвы (email: KorzunAV@develop.mos.ru)

А.А. Алмазов НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Ассоциация НБМЗ (email: andrew.almazov@gmail.com)

О.Н. Покусаев – РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

М.Г. Жабицкий - Высшая инженеринговая школа НИЯУ МИФ (email: jabitsky@mail.ru)

преимуществ на протяжении всего жизненного цикла системы. На протяжении всего срока службы системы графы обеспечивают превосходные запросы сложных моделей, позволяя бизнесу задавать уместные вопросы с высокой производительностью. Графы также предлагают простоту разработки, где комбинирование простых шаблонов позволяет вам создавать большие сложные сети, которые представляют вашу проблемную область с высокой точностью [2]. Основными компонентами модели графа свойств с пометкой являются узлы и отношения (вы также можете знать их как вершины и ребра) и ограничения.

Потребность в семантике взаимодействия в современных информационных системах заставляет разрабатывать все больше и больше интеллектуальных решений. Растущий спрос на эти решения, всплеск различных типов информации и технологическое развитие ставят новые задачи и требования. Онтологии и связанные с ними графовые базы данных часто рассматриваются как ответ на эту потребность. Связи между онтологиями и семантической паутиной становятся очень многообещающей областью. Успех семантической паутины зависит от качества онтологий, в то время как онтологии обеспечивают общее и связанное понимание предметной области, позволяя общаться между людьми и гетерогенными и распределенными системами.

Онтологии с большим успехом используются в образовании, потому что они позволяют сформулировать представление предметной области, указав все задействованные концепции, отношения между концепциями и все существующие свойства и условия [3-9]. Продвинутое онтологическое представление для трансформации российского высшего образования, базирующееся на оптимальных возможностях справиться с вызовами времени, порожденными взрывными технологиями экономики знаний, составляет предмет этой статьи.

II. ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Справедливость поговорки «русские долго запрягаются да быстро ездят» мы вполне ощутили, когда составили далеко не полный перечень стандартов Российской Федерации, принятых для развития технологий цифровой экономики [10-30]. Так, в этот перечень не попали стандарты на информационное моделирование (BIM), так как их онтологическое развитие сегодня отражено в статье [47], а философию общего развития такого онтологического развития можно посмотреть в [48]. Множество из перечисленных стандартов РФ имманентно связаны в своем применении с онтологиями, а в некоторых из них эта латентная для читателя связь указана явно [15]. Мировые онтологические языки также представлены в нашем перечне стандартов, такие как OWL[29] и EXPRESS [30], но, к сожалению, в частных привязках к доменам.

По всем канонам высшего образования преподавание дисциплин для цифровой экономики необходимо

строить в первую очередь на этих и других стандартах Российской Федерации, однако сделать это будет совсем не просто, даже с учетом списка исследований [31-48], в котором содержатся работы по применению онтологий в конкретных доменах наравне с работами [1,3-9].

Эта проблема не только российского высшего образования и в [49] сказано что «в контексте производственной педагогики цифровые двойники производственных процессов могут сыграть значительную роль в обеспечении эффективного обучения. Высокоточное воспроизведение физической системы помогает рефлексивному наблюдению за сопутствующими процессами в максимально возможной степени детализации, способствуя конкретному обучению». В какой-то мере, наличие российских стандартов на цифровой двойник [10,11,12], ожидание новых и опыт положительного применения онтологий в высшем образовании в мире и определили наши планы концептуализировать эту тему в настоящей статье.

Весьма справедливо соображение, высказанное в [48], что любой инструмент, помогающий педагогике, является законченным только в том случае, если он может подтвердить результаты обучения относительно целей обучения, и когда поток дискурсов сдвигается в этом направлении, цифровые двойники могут помочь посредством онтологических рассуждений процессу высшего образования.

Индустрия 4.0 в значительной степени связана с цифровизацией и сближением реального мира с виртуальным миром, и производственная педагогика сейчас больше, чем когда бы то ни было, сталкивается с проблемой создания рабочей силы, способной справиться с этим сдвигом парадигмы и в России и в мире. Педагогам необходимо будет адаптировать учебный план и методики преподавания, чтобы помочь привить конкретное понимание новых тенденций и принципов. В последнее время были предприняты попытки исправить это изменение. Фабрики обучения были созданы с намерением способствовать обучению, ориентированному на действия [50]. Фабрики обучения, направленные на устранение некоторых недостатков учебных заведений - это еще один подход в этом направлении к объединению образования, исследований и инноваций, основанных на треугольнике знаний, в рамках единой инициативы [50]. Основным фактором успеха этих фабричных концепций было участие представителей отраслей, которые оказывают неоценимую помощь студентам, знакомя их с проблемами реального мира [50]. Компьютерное моделирование также использовалось для производственного обучения и оказалось ценным подспорьем в достижении целей обучения. Виртуал 129 реальность - еще одна концепция, которая используется на рисунке 1. показана Концептуальная педагогическая архитектура цифрового двойника [49] на позднем этапе производственной педагогики [49]. Хотя эти концепции существуют уже несколько десятилетий и не разрабатывались с учетом концепции Индустрии 4.0, многие исследования показывают, что они имеют

жизненно важное значение для производственного инженерного образования даже в текущем сценарии. Еще одна концепция, которая существует уже несколько десятилетий и набирает популярность в последнее время, - это технологии цифровых близнецов. Цифровые близнецы нашли применение в самых разных областях, включая промышленность, авиацию, автомобилестроение и здравоохранение. Цифровые близнецы теперь прокладывают путь к образованию и исследованиям [49], и мы считаем, что они обладают огромным потенциалом в предоставлении беспрецедентного опыта обучения прямо на уровне класса. На рисунке. 1 представлена дидактическая методология, включающая «Цифровой двойник» гибкой

производственной системы для курсов по производственной инженерии на университетском уровне [49]. Мы используем это как ссылку, чтобы обосновать наше предложение об использовании цифровых двойников в качестве обучающего онтологического инструмента. Мы изучаем каждую среду с точки зрения ее характеристик и опыта учащегося и проводим параллель с теориями обучения. Кроме того, мы также видим, как осведомленность об окружающей среде (ситуационная осведомленность), создаваемая цифровым двойником, может еще больше увеличить опыт онтологического обучения.

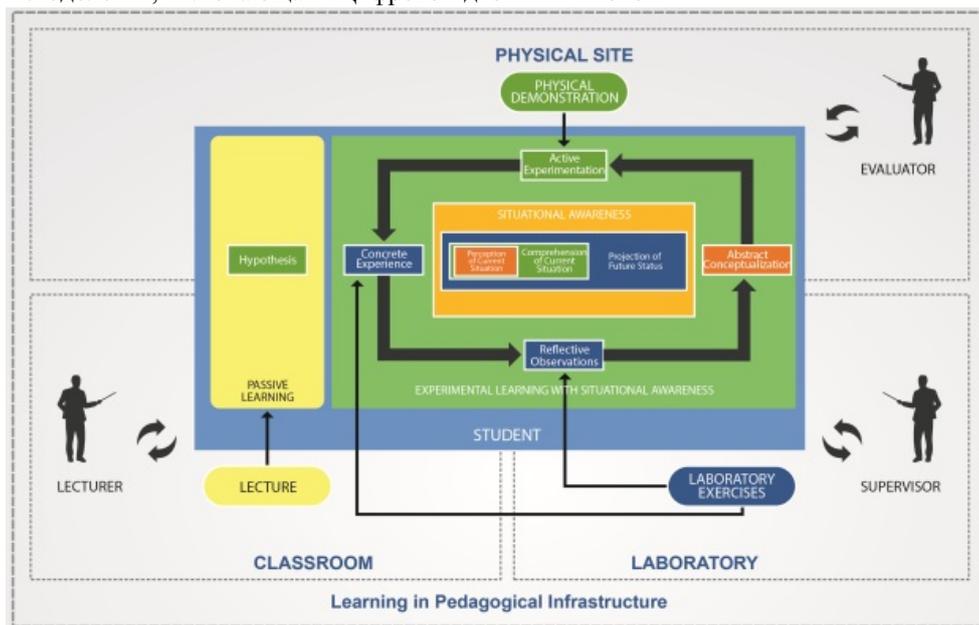


Рис. 1. Концептуальная архитектура цифрового двойника высшего технологического образования [49]

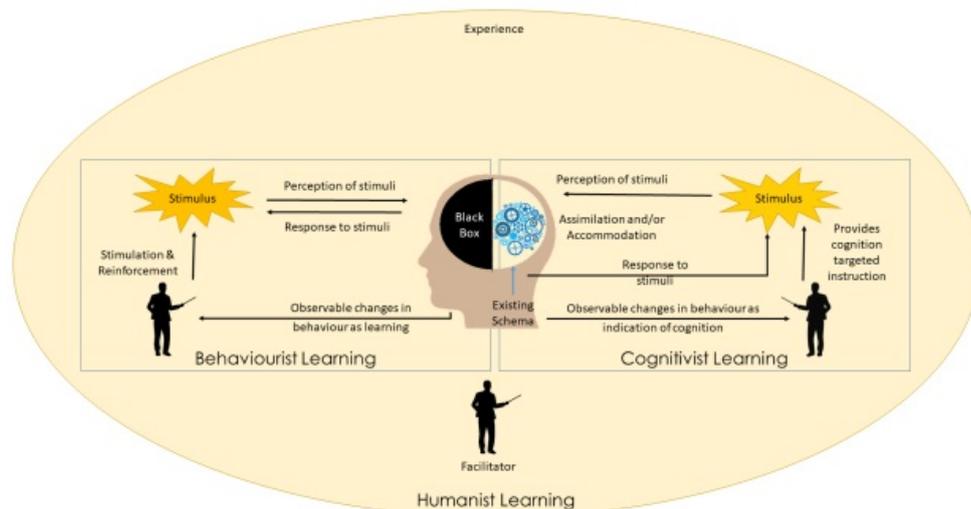


Рис. 2. Краткое изложение теорий обучения [49]

Каждая технологическая эпоха трансформирует систему образования, в своей основе состоящей из трех составляющих педагогику теорий: когнитивная, гуманистическая и поведенческая (рисунок 2). С точки зрения фиксации знаний, как предмета обучения, мы

выделяем: дописьменную культуру, рукописную культуру, письменную культуру (книгопечатание), электронную культуру (цифровые знания). В эпоху последней мы и живем сегодня, и она уже трансформирует баланс органов чувств восприятия (зрение, слух, тактильность, обоняние, осязание) у поколения обучающихся. Это очень серьезный фактор

развития высшего образования, сравнимый с тем, каким образом сначала фонетический алфавит, а затем книгопечатание изменили модели деятельности, мировоззрения и самовыражения, столь важные в процессе образования. Таким образом, мы полагаем, что

на рисунке 2 между обучаемым и разными педагогическими подходами преподавателей должен появиться формализованный онтологический посредник, упрощающий работу всех сторон.

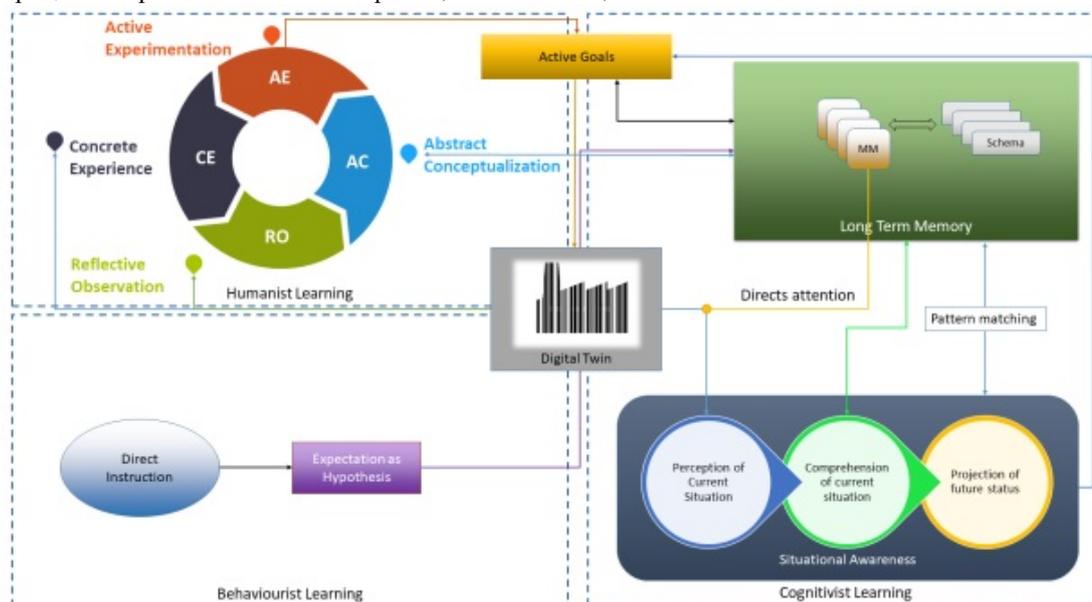


Рис.3. Реализация теорий обучения в рамках онтологического педагогического цифрового двойника. [49].

Текущее управление знаниями сосредоточено на получении, хранении, поиске и обслуживании знаний. Сегодня технология систем электронного обучения используется в основном для учебных курсов по тщательно отобраннным темам, которые преподаются студентам, зарегистрированным на эти курсы. Управление знаниями используется для быстрого сбора, организации и предоставления больших объемов корпоративных знаний. Практика повышения ценности информации путем сбора неявных знаний и их преобразования в явные знания известна как управление знаниями. В этой работе онтологии могут представлять существующие знания из предметной области; Онтологии позволяют моделировать различные аспекты управления знаниями для виртуального обучения в высшем образовании. Университеты, с точки зрения управления знаниями, предоставляют обновленную концепцию высшего образования, в которой знания считаются продуктом, а покупателями являются студенты. В этой статье объясняется онтологическая структура, используемая для моделирования и интеграции процессов управления знаниями и технологической архитектуры для управления знаниями в виртуальном образовании [49].

Архитектура онтологической модели для управления знаниями показана на рисунке 1. Она состоит из трех уровней: модели, процесса и технологии. Все эти уровни видны из онтологий на разных уровнях: общем, предметном и задачном. На следующем рисунке 3 показана архитектура модели знаний, состоящая из трех уровней: уровня управления знаниями, уровня образовательных процессов и уровня технологий.

Получение знаний осуществляется с помощью онтологий, представляющих каждый из слоев модели, из общего, домен и просмотра задач [49]. Последующие разделы 3-6 созданы путем концептуализации в онтологическом редакторе OSA, и мы сохранили некоторые отличия работы этого редактора (заглавное написание понятий, например) при трансляции в текстовое представление. Другие графовые представления этого редактора стали иллюстрациями к написанному.

III ОНТОЛОГИЯ "УНИВЕРСИТЕТ НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ"

A. Общий концепт

Онтология "университет на базе цифровых двойников" (далее цифровой университет), является расширением традиционной модели Университета через потенциалы виртуализации дистанционной образовательной деятельности и взаимодействия с надсистемами. Семантика расширений концептуализации Университета на базе цифровых двойников сформулирована в трех аспектах:

- концептуализация социально-экономическое окружение Университета
- онтологический инжиниринг, как фундамент архитектуры образовательных платформ и приложений
- расширение модели педагогической семантики в процессах обучения.

Университет на базе цифровых двойников, не являясь специализированным узлом Сети Знаний, одновременно - часть, объект Социальной и Экономической сетей (далее совместно три сети - СЭЗ). В каждой сети, в каждый момент времени порождаются соответствующие

ее прагматике отношения между Агентами. Работник является объектом пересечения мотиваций Сетевых Заинтересованных Сторон. Университет, используя ресурсы Сети Знаний, производит Работников в контексте требований Экономической и Социальной сетей. Одновременно Социальная сеть предъявляет к университету требования формирования свойств Гражданина. Графовое представление верхнего уровня концепта цифрового университета показано на рисунке 4.

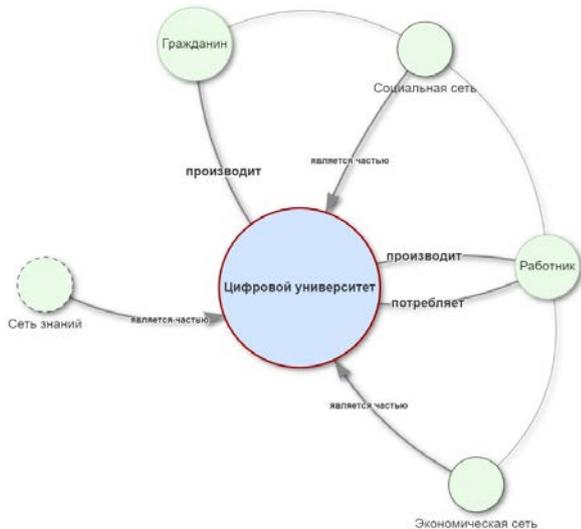


Рис. 4. Графовое представление верхнего уровня концепта цифрового университета (автор – Ю.И.Волокитин)

В. Концепт "Работник"

Компетенции, которые имеет Работник - это базовая ценность, в отношении которой определяют свои интересы Агенты Экономической сети. Организация, исходя из запросов своего потребителя, в моменте предъявляет спецификацию на ресурс-компетенцию, включая ограничение на Стоимость. Работник, исходя из своих оценок Рынка труда, приобретает Компетенции на Рынке образования, имея их фактическую спецификацию в каждый момент времени, предлагает их на Рынке труда, также ограничивая Стоимость. В отношениях Работник, когда он является сотрудником, возможна рефлексия - отношения самозанятости.

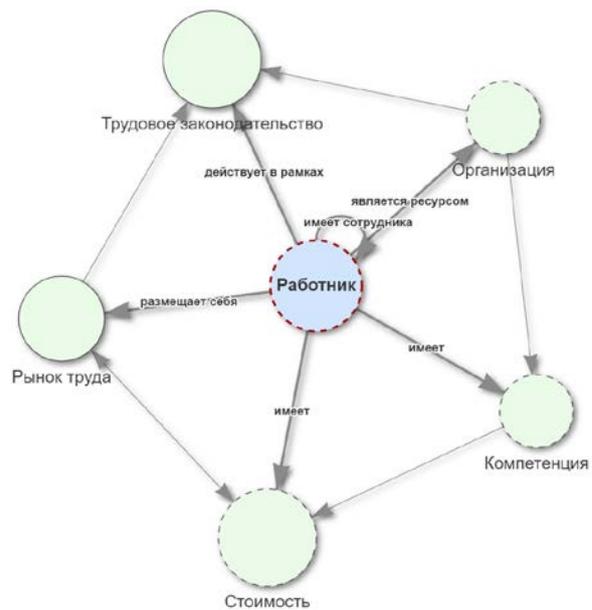


Рис. 5. Онтологическое представление концепта Работник (автор – Ю.И.Волокитин)

Взаимодействие экономических Агентов (Работника и Организации) на Рынке труда реализуется в рамках норм Трудового законодательства, тем самым, включая в модель Агентов Социальной сети их подмножество Регуляторов. Онтологическое графовое представление концепта Работник можно увидеть на рисунке 5.

С. Концепт "Цифровая платформа"

Потенциал Цифровой Платформы (ЦП) является необходимым для достижения социально-экономических эффектов Цифрового Университета. ЦП специфицирован, как централизованный и трансдисциплинарный концепт: являясь частью Цифрового Университета, одновременно является частью Сети Знаний самого разного рода. Концепт ЦП определяет предметно-независимую (мета) семантику, синтаксис и прагматику взаимовыгодных отношений Агентов. С другой стороны, Цифровая Платформа определяет эталонную модель деятельности: действия, процедуры, операционные правила, процессы. И последнее, важное в смысле завершенности модели: в этом пространстве располагается концептуализация репрезентации разделяемых знаний в контексте прагматики сетевых Агентов. Рисунок 5а показывает онтологическое представление концепта цифровая платформа.

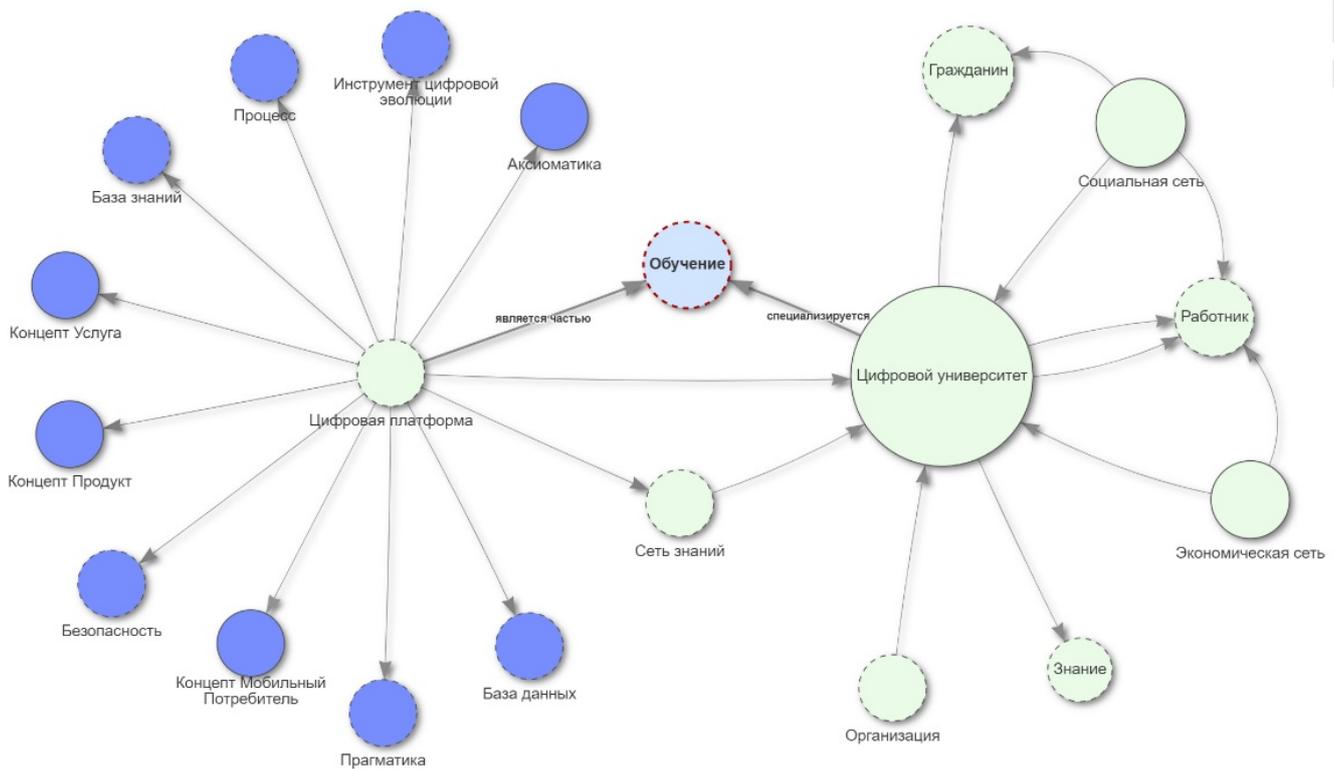


Рис. 5а. Онтологическое представление концепта цифровая платформа (автор – Ю.И. Волокитин)

А. Концепт "Интероперабельность" цифровой платформы

Интероперабельность является комплексным свойством цифровой платформы, характеризующим способность двух или более человеко-машинных систем обмениваться информацией для совместной работы. Уровень интероперабельности определяется трудоемкостью акта коммуникации. Формирование сообщения - Передача сообщения - Получение сообщения - Интерпретация сообщения - Верификация смысла. Рычаг увеличения интероперабельности - снятие итераций уточнения смыслов сообщения за счет разделяемого словаря, состоящего из множества Концептов, множества

Отношений, множества Аксиом и множества Экземпляров, определенных в Множестве Доменов Знаний. Такая модель описания обеспечивает динамическую интерпретацию смысла индивидуальных сообщений Robotами (Сервисами, Процессами ...) и Людьюми в контексте домена. В платформах Уровень интероперабельности является ограничением снизу на уровень эффективности и качество создаваемых совместно продуктов. В процессах интерпретации возникают задачи решения Семантической, Синтаксической, Прагматической, Технической, Организационной и Эволюционной интероперабельности.

Качество интероперабельность измеряется совокупностью критериев: Критерии внутреннего качества знаний, Критерии Безопасности информации, Контекстно-зависимые Критерии качества.



Рис. 6. Представление концепта цифровая платформа в виде графа (автор – Ю.И.Волокитин)

Универсальная мета-схема данных в системе делает реальной возможность использования распределенной системы работы с данными любой природы. При наличии веб-сервисов, использующих однотипные структуры данных (в виде триад), при наличии информации о метамоделях, доступной этим веб-сервисам, и условии хранения распределенных данных в однотипных структурах. Рисунок 6 дает представление концепта цифровая платформа в виде графа.

IV ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ - СЕМАНТИЧЕСКИЙ КАРКАС АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОГО УНИВЕРСИТЕТА

Онтоинжиниринг - это модель инструментальной и компетентностной поддержки эволюции рабочих продуктов онтологий в процессах их создания, эксплуатации и трансформации. Онтологии, в составе своих рабочих продуктов - это строгие описания знаний предметных областей на специальных языках, в основе которых лежат методы Дескриптивных Логик (ДЛ). Рабочие продукты онтологий, как явные описания создаются людьми или роботами. Для проектирования онтологий применяется специальное программное обеспечение, обеспечивающее мета программирование знаний. Рисунок 7 демонстрирует архитектуру онтологического проектирования цифрового университета.

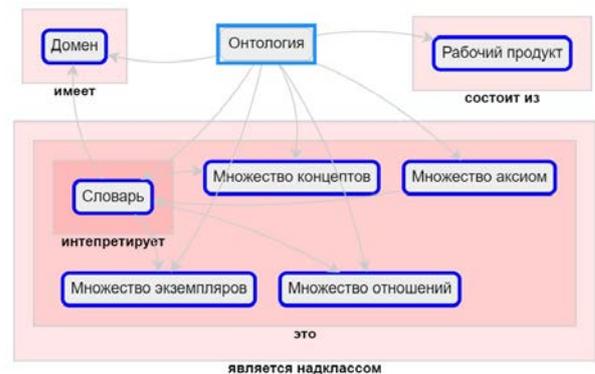


Рис. 7. Архитектура онтологического проектирования цифрового университета (автор – Ю.И.Волокитин)

Наиболее важные постулаты и аксиомы онтологического проектирования:

- о Ограничение избыточности: ограничение на повторное конструирование элементов
- о Ограничение многозначности: ограничение на объем значения (смысла) элемента в контексте домена (не более одного)
- о Ограничение дефицитности: синтаксис и семантика обеспечивают возможность любого представления мира
- о Открытость: то есть доступность заинтересованными Сторонами для использования без дополнительных затрат
- о Эволюционность знаний любого рода: постулатов, принципов, смыслов, таксономий, теорий, суждений ...
- о Соответствие модели знаний постулатам "модели открытого мира"
- о Возможность производства человеческого и

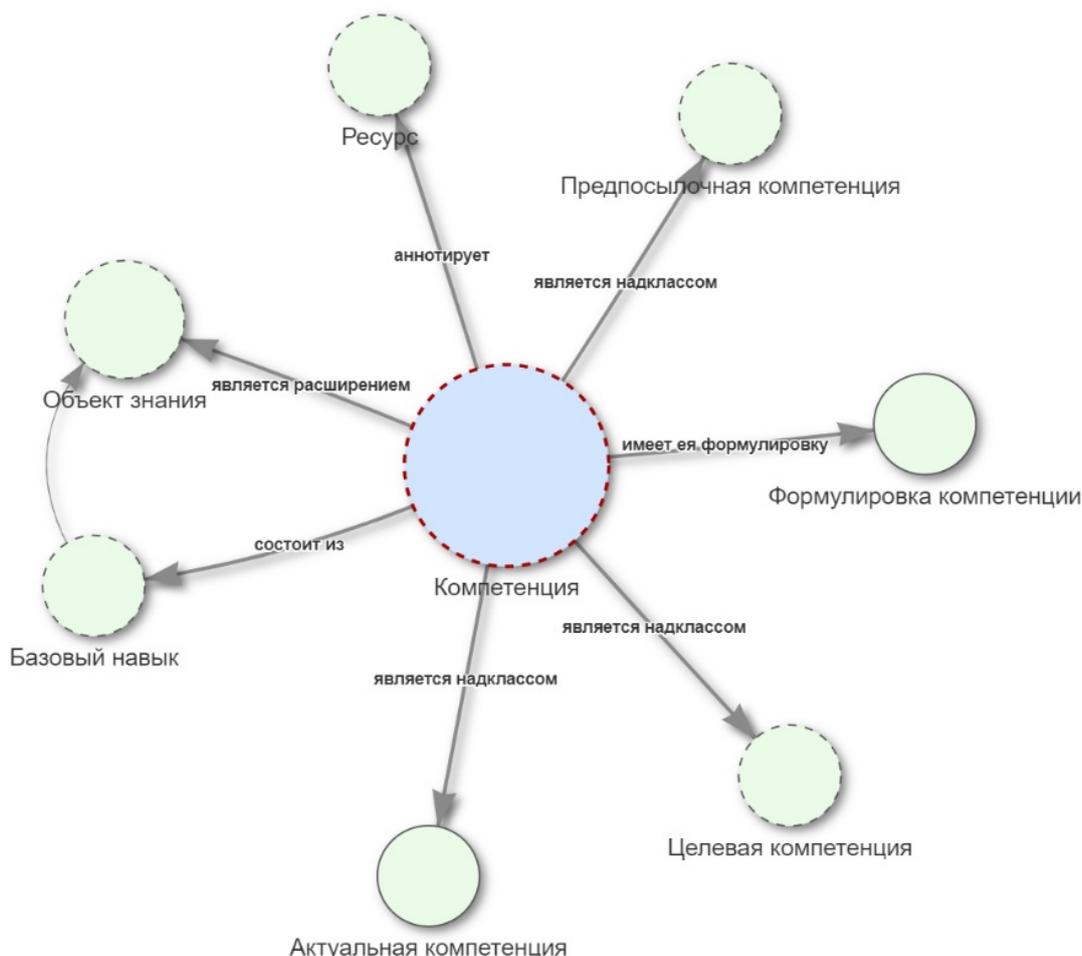


Рис. 9. Пример построения элементарной компетенции (автор – Ю.И. Волокитин)

А. Базовый навык

Базовый навык это семантика и процесс, который применим к Знанию в более чем одном Прикладном домене. Семантика этого концепта обобщает международно-признанные таксономии когнитивных целей обучения, модели мета знаний из области искусственного интеллекта, базовую семантику проблем, модель жизненного цикла навыка. Универсальный навык представлен глагольной формой, иногда дополнен уточнением (самостоятельно, в новой ситуации), которое специфицирует навык более узко, в

тоже время обеспечивает независимость от привязки к домену. К примеру, Универсальный Навык "провести диагностику" или "провести диагностику новых обстоятельств и без посторонней помощи" могут применяться в различных Прикладных доменах к Элементом Знаний типа "перелом черепа", "отказ двигателя автомобиля" или "тест риска отказа". Базовый навык имеет Мета-Домен: Когнитивный, Эмоциональный, Психофизический и Социальный. Рисунок 10 показывает, как базовый навык извлекается из Онтологии Навыков, которая понимается как расширение Онтологии.

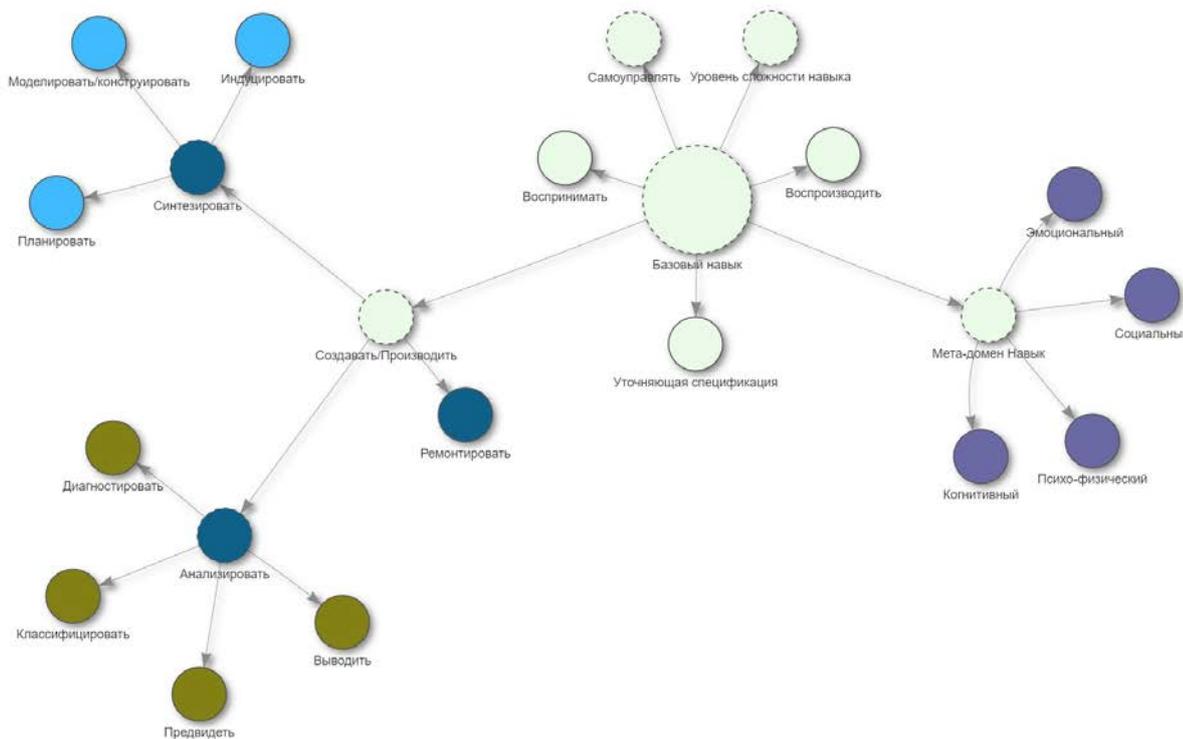


Рис. 10. Базовый навык извлекается из Онтологии Навыков, которая понимается как расширение Онтологии Компетенция (автор – Ю.И. Волокитин)

А. Элементарный объект знания (атом знания)

Знание, как часть Компетенции может быть представлено как Концепт, Действие или Процесс, Принцип или Факт, выбранный из Онтологии домена. Онтология домена это модель знаний, актуальная в каждый момент времени и разделяемая Организациями

Цифровой Экономики, Цифровыми Университетами, Регуляторами и доступная через интерфейсы для Обучающегося. В общем случае Онтология Компетенции является расширением Онтологии Домена, из которой извлекаются части Знания либо как классы, либо как экземпляры этой онтологии. Рисунок 11. демонстрирует, как компетенция и объект знания могут быть представлены как онтологические атомы.

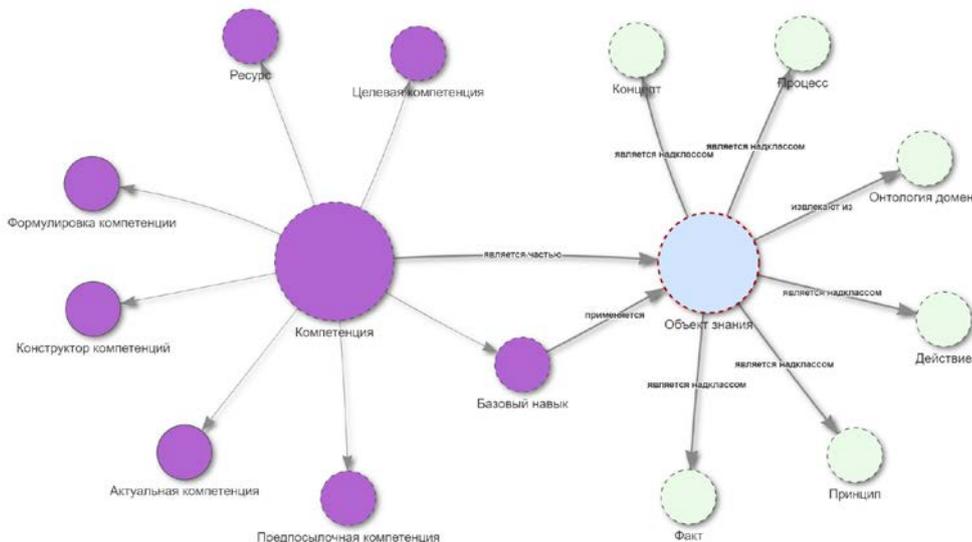


Рис. 11. Компетенция и объект знания как онтологические атомы (автор – Ю.И. Волокитин)

А. Индивидуальная терминальная образовательная траектория

Выбор оптимальной траектории обучения является

процессом принятия решений, на который влияет множество факторов. Таксономия Траекторий обучения представлена Групповой траекторией обучения, Индивидуальной, Индивидуальной Терминальной Траектории и Смешанной. Обучающийся, обладая

Актуальной компетенцией, запрашивает Целевую компетенцию. Преподаватель сопоставляет их, определяет разрыв, затем с учетом ресурсных ограничений и ограничений концепта Педагогическая система, частью которой он является, принимает

решение по выбору траектории в форме Графа Обучения. Пример графа для выбора индивидуальной траектории обучения можно увидеть на рисунке 12.

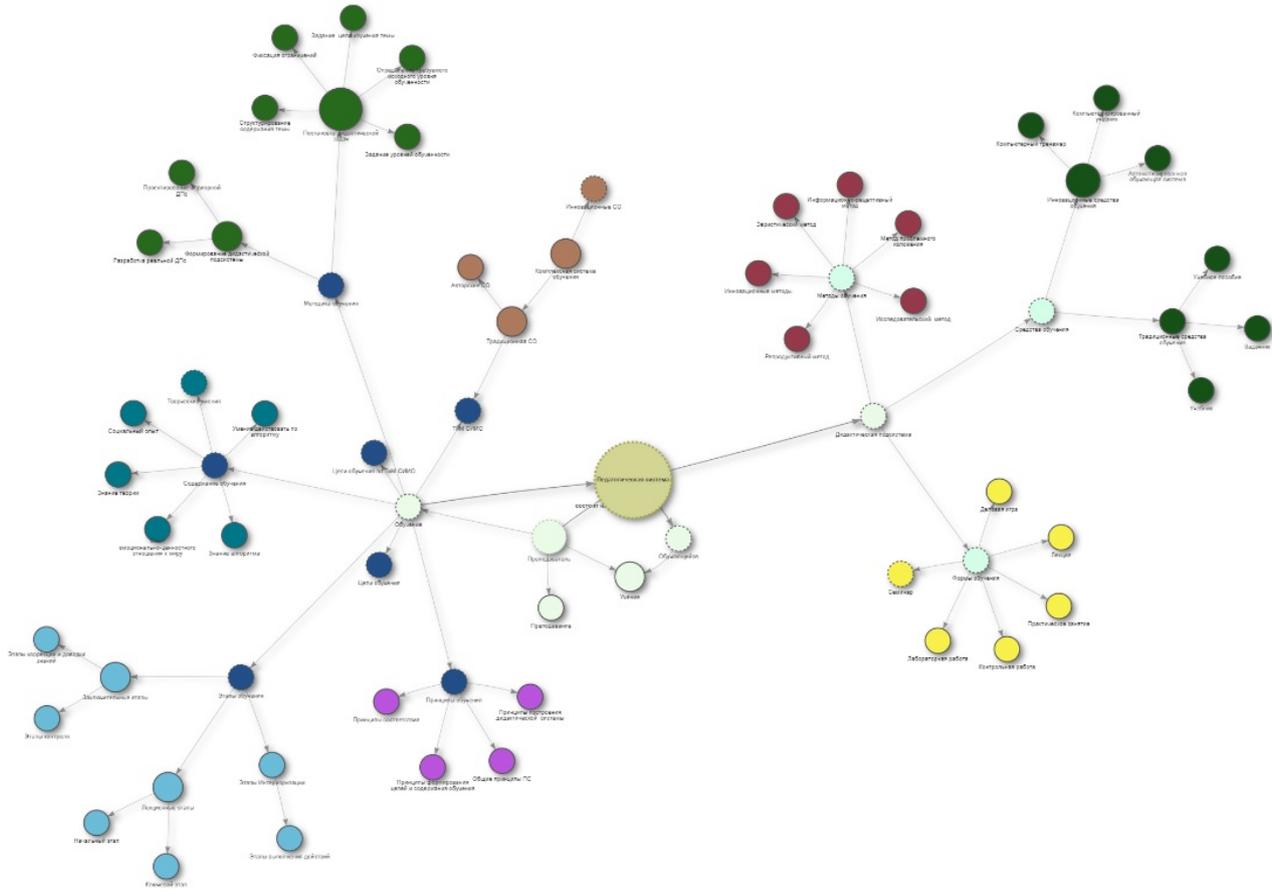


Рис. 12. Пример графа для выбора индивидуальной траектории обучения (автор – Ю.И. Волокитин)

В контексте Цифрового Университета важно иметь ввиду что Преподаватель может быть Человеком и Роботом, включая возможности Искусственного Интеллекта. Наиболее сложной моделью траекторий является Индивидуальная Терминальная Траектория, особенностью которой является автоматическое

принятие решений в каждом узле (микро Цели обучения) как следствие оценивания уровня выполнения микро Заданий. Модель реализуется как концепция нагруженного графа, в котором ребра связи Атом Знаний - Микроцель обучения определяют уровень выполнения задания. Рисунок 13 демонстрирует модель связывания различных аспектов в области принятия решений в образовательном процессе.



Рис. 13. Модель связывания различных аспектов в области принятия решений в образовательном процессе (автор – Ю.И. Волокитин)

Модель связывает различные аспекты в области принятия решений в образовательном процессе: Модель принятия решений в отношении типа траектории для Обучающегося от традиционных университетских курсов, на основе дисциплин и группового обучения до индивидуальных терминальных траекторий.

VI ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Образование, профессиональная подготовка, и, в частности, высшее образование (ВО), возможно стали наиболее важными областями политики, которые контролируются правительствами в наукоемкой экономике 21-й век. Образование стало серебряной пулей, которой политики открывают широкий спектр целей - от повышения глобальной конкурентоспособности до создания и сохранения качественных рабочих мест для сокращения неравенства в заработной плате и продвижения инноваций.

Экономика знаний, которая предполагает широкое применение онтологий и цифровых близнецов обуславливает наличие высококвалифицированной рабочей силы в микроэкономической и макроэкономической среде; учреждения и отрасли создают рабочие места, требующие специальных навыков для удовлетворения потребностей мирового рынка [51,52]. В экономике знаний высококвалифицированные рабочие места требуют отличных технических навыков и навыков взаимодействия [51], таких, как решение проблем, гибкость взаимодействия с несколькими дисциплинами, а также способность адаптироваться к изменениям в отличие от перемещения или создания физических

объектов в традиционной экономике, основанной на производстве. Выполнение этих задач нужно будет обеспечивать высшему техническому образованию в России.

Для решения этой задачи предлагается создание открытой и разделяемой, централизованной модели Цифрового Университета предлагается модель гибридной платформа для создания сервисов и приложений на основе онтологий, которые интероперабельны не только сети Знаний, но и Экономической и Социальной сетях масштаба страны.

Подход является «гибридным» в том смысле, что ее можно использовать для создания как OWL-модели, так и ООП-модели. Хранилище данных это хранилище триад вида экземпляр – свойство – значение, что естественным образом реализуется для триплета хранения (триады вида субъект – предикат – объект). Все запросы, выполняемые при поиске, визуализации, редактировании – это запросы к хранилищу триад. Поэтому вопрос о том, какого вида модель создается модель знаний (OWL или ООП) – полностью находится в ведении проектировщика модели знаний.

Создаваемая модель является пресечением тематических сетей, позволяющая при принятии решений комбинаторику семантических запросов, к примеру:

- Социальная сеть: Кто знает Кого, Кто выполняет какие социальные роли ...
- Сеть знаний: Кто знает что, Что необходимо знать для выполнения Роли. Какие знания являются универсальными ...
- Сеть потенциалов: Кто имеет какие ресурсы, Кто владеет ресурсами, Где
- Сеть назначений: Кто отвечает за Что,
- Сеть работ: Кто где работает

- Информационная сеть: Что информирует
- Сеть компетенций: Какие ресурсы необходимы для каких Задач, Какие знания необходимы для каких ресурсов, Какие навыки необходимы для каких объектов знаний, Какие знания где ...
- Сеть требования: Какие знания необходимы для каких Задач, Кто заинтересован в каком требовании
- Сеть замещений: Какие ресурсы, компетенции, объекты знаний замещают какие
- Сеть финансов: Какое финансирование где, Какие компетенции необходимы для получения какого финансирования
- Сеть предшественников: Какая задача должна быть выполнена перед какой
- Рыночная сеть: Какая задача выполняется для кого

- Межорганизационная сеть: Какая организация связана с какой, Какие компетенции востребованы какими организациями ...

Универсальная неизменяемая схема данных в системе делает реальной возможность использования распределенной системы работы с данными любой природы. При наличии веб-сервисов, использующих однотипные структуры данных (в виде триад), при наличии информации о метамоделях, доступной этим веб-сервисам, при условии хранения распределенных данных в однотипных структурах. Предложенный подход, как и принято в разработке онтологий, должен быть разделяем признанными экспертами в этой области (рисунок 14). Для начала этого процесса обсуждения авторы и написали эту статью.

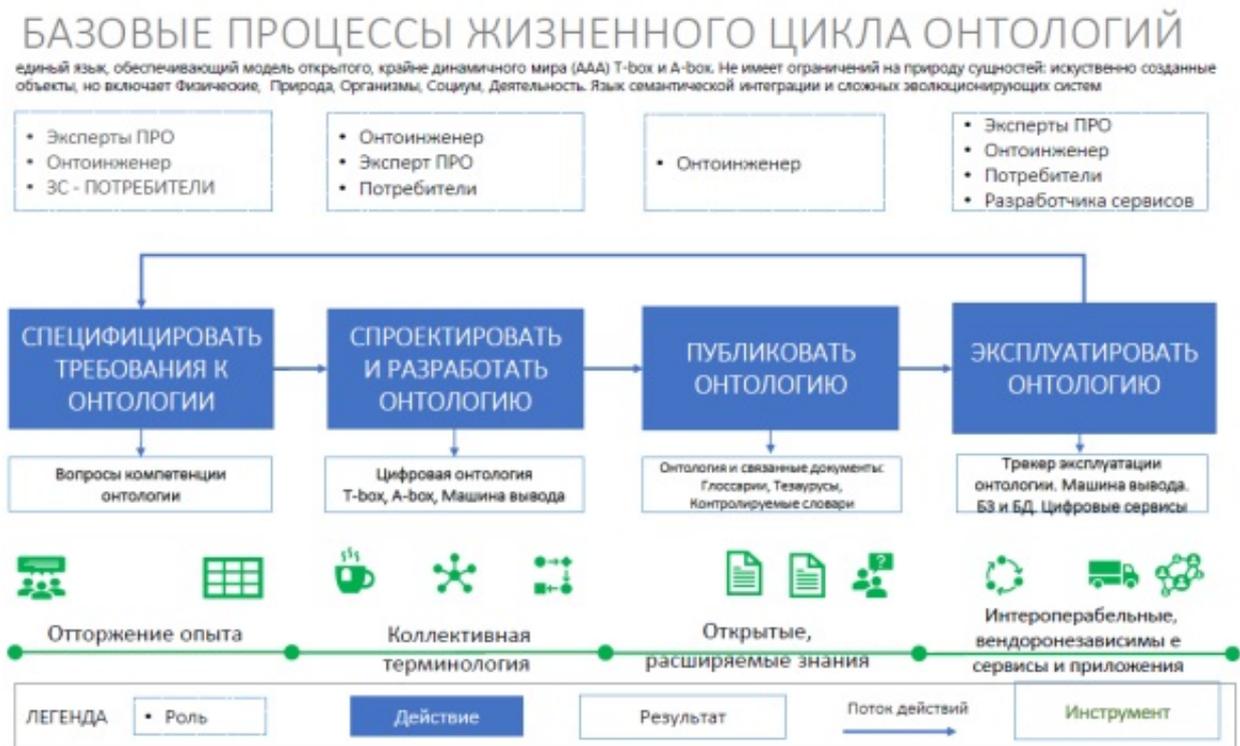


Рис. 14. Базовые процессы жизненного цикла онтологий (автор – Ю.И. Волокитин)

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Гринько О. В. и др. Онтологизация данных Европейского союза как переход от экономики данных к экономике знаний //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 11.
- [2] Graph Database For Dummies, Neo4j Special Edition, Copyright © 2020 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [3] Klimov A. et al. To the issue of reverse-engineering-the way from paper to digital ontological rules for educational technology //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 9. – С. 82-91.
- [4] Климов, А.А. Транспортное образование в условиях технологической трансформации отрасли: учеб. пособие для студ. образ. Организаций высшего образования и слушателей программ доп. проф. образования / Климов А.А., Заречкин Е.Ю., Куприяновский В.П. – М. : Лагуэр Принт, 2019
- [5] Klimov A. et al. On digital technologies, skills, engineering education for transport and education technologies //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 10. – С. 98-127.
- [6] Kupriyanovsky V. et al. On the issue of ontological availability of digital educational resources and their standardization in EdTech //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 10. – С. 91-97.
- [7] Климов А. А., Заречкин Е. Ю., Куприяновский В. П. Влияние цифровизации на систему профессионального образования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, No 2. С. 468-476. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.468-476
- [8] Климов А. А., Заречкин Е. Ю., Куприяновский В. П. Об особенностях использования тренажеров при реализации образовательных программ (на примере подготовки специалистов для транспорта) // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, No 2. С. 477-487. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.477-487
- [9] Klimov A. A., Zarechkin E. Y., Kupriyanovsky V. P. О цифровой экосистеме современного университета //Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – 2019. – Т. 15. – №. 4. – С. 815-824.
- [10] ПНСТ 428-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Элементы визуализации цифровых двойников производства 25.040.01 Smart manufacturing. Digital manufacturing twins. Visualization elements, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [11] ПНСТ 431-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 3. Цифровое представление физических

- производственных элементов, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [12] ПНСТ 429-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [13] ГОСТ Р МЭК 62714-1-2020 Формат обмена инженерными данными для использования в системах промышленной автоматизации. Стандартизированный формат обмена данными AutomationML. Часть 1. Архитектура и общие требования
- [14] ГОСТ Р МЭК 62714-2-2020 Формат обмена инженерными данными для использования в системах промышленной автоматизации. Стандартизированный формат обмена данными AutomationML. Часть 2. Библиотеки ролевых классов
- [15] ПНСТ 441-2020 Информационные технологии. Умный город. Онтология верхнего уровня для показателей умного города, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [16] ПНСТ 443-2020 Информационные технологии. Умный город. Общие положения по интеграции и функционированию инфраструктур умных городов, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [17] ПНСТ 447-2020 Информационные технологии. Умный город. Типовая архитектура ИКТ умного города. Часть 3. Инженерные системы умного города, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [18] ПНСТ 440-2020 Информационные технологии. Умный город. Показатели ИКТ, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [19] ПНСТ 439-2020 Информационные технологии. Умный город. Совместимость данных, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [20] ПНСТ 418-2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Структура системы интернета вещей реального времени, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [21] ПНСТ 446-2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 2. Совместимость на транспортном уровне, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [22] ПНСТ 433-2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Требования к платформе обмена данными для различных служб интернета вещей, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [23] ПНСТ 420-2020 Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Типовая архитектура, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [24] ПНСТ 438-2020 Информационные технологии. Интернет вещей. Типовая архитектура, Статус Принят, Дата введения 01.01.2021
- [25] ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019 Информационные технологии. Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей, Статус Действует, Дата введения 01.03.2020
- [26] ГОСТ Р 59096-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний, Статус Принят, Дата введения 01.04.2021
- [27] ГОСТ Р 59097-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования, Статус Принят, Дата введения 01.04.2021
- [28] ГОСТ Р 59095-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения, Статус Принят, Дата введения 01.04.2021
- [29] ГОСТ Р 56272-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия. Часть 8. Практические методы интеграции распределенных систем: практическая реализация сетевого языка онтологий (OWL)
- [30] ГОСТ Р ИСО/ТО 10303-12-2000 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 12. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS-1
- [31] Куприяновский В. П. и др. Экономика стандартизации в цифровую эпоху и информационно-коммуникационные технологии на примере Британского института стандартов //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 6. – С. 1-9.
- [32] Kupriyanovsky V. et al. Semantics, metadata and ontologies in smart city applications-new BSI standards //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6. – С. 94-108.
- [33] Sokolov I. et al. Modern EU research projects and the digital security ontology of Europe //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 4. – С. 72-79.
- [34] Kupriyanovsky V. et al. Formalized ontologies and services for high-speed and digital railways //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 6. – С. 69-86.
- [35] Волокитин Ю. И. и др. Проблемы цифровой экономики и формализованные онтологии //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 6.
- [36] Kupriyanovsky V. et al. Technologies of cross-border digital services in the EU, formalized ontologies and blockchain //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 7. – С. 66-79.
- [37] Klimov A. et al. BIM and engineering formalized ontologies on the European digital railway in the EULYNX-data economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 8. – С. 38-65.
- [38] Kupriyanovsky V. et al. On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 8. – С. 66-78.
- [39] Kupriyanovsky V. et al. Agriculture 4.0: Synergy of the System of Systems, Ontology, the Internet of Things, and Space Technologies //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 10. – С. 46-67.
- [40] Pokusaev O. et al. On System of Systems ontologies in the national standards for UK digital railways //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 11. – С. 85-96.
- [41] Pokusaev O. et al. On ontology and security of autonomous (driverless) cars //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 2. – С. 81-93.
- [42] Kupriyanovsky V. et al. Skills in the digital economy and the challenges of the education system //International journal of open information technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1. – С. 19-25.
- [43] Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога-ertms, bim, GIS, PLM и цифровые двойники //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – №. 3.
- [44] Kupriyanovsky V. et al. On the new IoT generation-ETSI ontology standards and specifications //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 9. – С. 73-81.
- [45] Kupriyanovsky V. et al. Digital twins based on the development of BIM technologies, related ontologies, 5G, IoT, and mixed reality for use in infrastructure projects and IFRABIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 3. – С. 55-74.
- [46] Klimov A. et al. On smart technologies in ports and shipping as linked digital twins for shore and ship in a multimodal environment //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 3. – С. 75-91.
- [47] Kupriyanovsky V. et al. BIM on the way to IFC5-alignment – development of IFC semantics and ontologies with UML and C 141 for road and rail structures, bridges, tunnels, ports, and water //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 8. – С. 69-78.
- [48] Ponkin I. V., Kupriyanovsky V. P., Ponkin D. I. Fintech, Regtech и регуляторные песочницы: понятие, цифровая онтология, перспективы //Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – 2020. – Т. 16. – №. 1. – С. 224-234.
- [49] David J., Lobov A., Lanz M. Learning experiences involving digital twins //IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2018. – С. 3681-3686.
- [50] Pokusaev O. et al. Learning Factories for Industry and Transportation in the Digital Twins Era //International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – Т. 9. – №. 1.
- [51] Knowledge economy https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_economy
- [52] КОБЗЕВ С. А. БЕРЕЖЛИВАЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ //Железнодорожный транспорт. – 2020. – №. 9. – С. 4-13.

Digital twins of knowledge and ontologies for higher technology education

Yuri Volokitin, Oleg Grinko, Vasily Kupriyanovsky, Alexey Korzun, Andrew Almazov, Oleg Pokusaev, Mikhail Zhabitskii

Abstract— In this paper, we discuss and analyze one approach to a data sharing among mobile subscribers. We propose a new data sharing tool for wireless networks. Our idea is to use the neighbor search phase in wireless networks to share custom data among mobile subscribers. Our approach simulates a peer-to-peer wireless network that will work without any telecommunications infrastructure. Our idea is to share user-defined information during the basic neighbor discovery phase. A single mobile phone (smartphone) will be sufficient both for creating a node of such network and for publishing (distributing) information. In this case, the parties involved in the process should be able to read the shared data directly from the process of discovering for neighboring nodes. Our proposal uses the standard neighbor search mechanism and does not assume the preloading some mobile applications. Our model is the further development of ideas related to context-aware systems based on network proximity principles.

Keywords— digital twins, ontologies, education.

REFERENCES

- [1] Grin'ko O. V. i dr. Ontologizacija dannyh Evropejskogo sojuza kak perehod ot jekonomiki dannyh k jekonomike znaniy //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 11.
- [2] Graph Database For Dummies, Neo4j Special Edition, Copyright © 2020 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [3] Klimov A. et al. To the issue of reverse-engineering-the way from paper to digital ontological rules for educational technology //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 9. – S. 82-91.
- [4] Klimov, A.A. Transportnoe obrazovanie v uslovijah tehnologicheskoy transformacii otrasli: ucheb. posobie dlja stud. obraz. Organizacij vysshogo obrazovanija i slushatelej programm dop. prof. obrazovanija / Klimov A.A., Zarechkin E.Ju., Kupriyanovskij V.P. – M. : Lakujer Print, 2019
- [5] Klimov A. et al. On digital technologies, skills, engineering education for transport and education technologies //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 10. – S. 98-127.
- [6] Kupriyanovsky V. et al. On the issue of ontological availability of digital educational resources and their standardization in EdTech //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 10. – S. 91-97.
- [7] Klimov A. A., Zarechkin E. Ju., Kupriyanovskij V. P. Vlijanie cifrovizacii na sistemu professional'nogo obrazovanija // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. 2019. T. 15, No 2. S. 468-476. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.468-476
- [8] Klimov A. A., Zarechkin E. Ju., Kupriyanovskij V. P. Ob osobennostjakh ispol'zovanija trenazherov pri realizacii obrazovatel'nyh programm (na primere podgotovki specialistov dlja transporta) // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. 2019. T. 15, No 2. S. 477-487. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.477-487
- [9] Klimov A. A., Zarechkin E. Y., Kupriyanovsky V. P. O cifrovoj jekosisteme sovremennogo universiteta //Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie». – 2019. – T. 15. – #. 4. – S. 815-824.
- [10] PNST 428-2020 Umnoe proizvodstvo. Dvojniki cifrovye proizvodstva. Jelementy vizualizacii cifrovych dvojnikov proizvodstva 25.040.01 Smart manufacturing. Digital manufacturing twins. Visualization elements, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [11] PNST 431-2020 Umnoe proizvodstvo. Dvojniki cifrovye proizvodstva. Chast' 3. Cifrovoe predstavlenie fizicheskich proizvodstvennyh jelementov, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [12] PNST 429-2020 Umnoe proizvodstvo. Dvojniki cifrovye proizvodstva. Chast' 1. Obshhie polozhenija, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [13] GOST R MJeK 62714-1-2020 Format obmena inzhenernymi dannymi dlja ispol'zovanija v sistemah promyshlennoj avtomatizacii. Standartizirovannyj format obmena dannymi AutomationML. Chast' 1. Arhitektura i obshhie trebuvanija
- [14] GOST R MJeK 62714-2-2020 Format obmena inzhenernymi dannymi dlja ispol'zovanija v sistemah promyshlennoj avtomatizacii. Standartizirovannyj format obmena dannymi AutomationML. Chast' 2. Biblioteki rolevyh klassov
- [15] PNST 441-2020 Informacionnye tehnologii. Umnyj gorod. Ontologija verhnego urovnja dlja pokazatelej umnogo goroda, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [16] PNST 443-2020 Informacionnye tehnologii. Umnyj gorod. Obshhie polozhenija po integracii i funkcionirovaniju infrastruktur umnyh gorodov, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [17] PNST 447-2020 Informacionnye tehnologii. Umnyj gorod. Tipovaja arhitektura IKT umnogo goroda. Chast' 3. Inzhenernye sistemy umnogo goroda, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [18] PNST 440-2020 Informacionnye tehnologii. Umnyj gorod. Pokazateli IKT, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021

- [19] PNST 439-2020 Informacionnye tehnologii. Umnyj gorod. Sovmestimost' dannyh, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [20] PNST 418-2020 Informacionnye tehnologii. Internet veshhej. Struktura sistemy interneta veshhej real'nogo vremeni, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.202
- [21] PNST 446-2020 Informacionnye tehnologii. Internet veshhej. Sovmestimost' sistem interneta veshhej. Chast' 2. Sovmestimost' na transportnom urovne, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [22] PNST 433-2020 Informacionnye tehnologii. Internet veshhej. Trebovanija k platforme obmena dannyimi dlja razlichnyh sluzhb interneta veshhej, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [23] PNST 420-2020 Informacionnye tehnologii. Internet veshhej promyshlennyj. Tipovaja arhitektura, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [24] PNST 438-2020 Informacionnye tehnologii. Internet veshhej. Tipovaja arhitektura, Status Prinjat, Data vvedenija 01.01.2021
- [25] GOST R ISO/MJeK 29161-2019 Informacionnye tehnologii. Struktura dannyh. Unikal'naja identifikacija dlja interneta veshhej, Status Dejstvuet, Data vvedenija 01.03.2020
- [26] GOST R 59096-2020 Materialy dlja additivnogo stroitel'nogo proizvodstva. Metody ispytanij, Status Prinjat, Data vvedenija 01.04.2021
- [27] GOST R 59097-2020 Materialy dlja additivnogo stroitel'nogo proizvodstva. Tehnicheskie trebovanija, Status Prinjat, Data vvedenija 01.04.2021
- [28] GOST R 59095-2020 Materialy dlja additivnogo stroitel'nogo proizvodstva. Terminy i opredelenija, Status Prinjat, Data vvedenija 01.04.2021
- [29] GOST R 56272-2014 Sistemy promyshlennoj avtomatizacii i integracija. Integracija dannyh zhiznennogo cikla pererabatyvajushchih predpriyatij, vkljuchaja neftjanye i gazovye proizvodstvennye predpriyatija. Chast' 8. Prakticheskie metody integracii raspredelennyh sistem: prakticheskaja realizacija setevogo jazyka ontologij (OWL)
- [30] GOST R ISO/TO 10303-12-2000 Sistemy avtomatizacii proizvodstva i ih integracija. Predstavlenie dannyh ob izdelii i obmen jetimi dannyimi. Chast' 12. Metody opisaniya. Spravochnoe rukovodstvo po jazyku EXPRESS-1
- [31] Kuprijanovskij V. P. i dr. Jekonomika standartizacii v cifrovuju jepohu i informacionno-kommunikacionnye tehnologii na primere Britanskogo instituta standartov //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 6. – S. 1-9.
- [32] Kupriyanovsky V. et al. Semantics, metadata and ontologies in smart city applications-new BSI standards //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – #. 6. – S. 94-108.
- [33] Sokolov I. et al. Modern EU research projects and the digital security ontology of Europe //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 4. – S. 72-79.
- [34] Kupriyanovsky V. et al. Formalized ontologies and services for high-speed and digital railways //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 6. – S. 69-86.
- [35] Volokitin Ju. I. i dr. Problemy cifrovoj jekonomiki i formalizovannye ontologii //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 6.
- [36] Kupriyanovsky V. et al. Technologies of cross-border digital services in the EU, formalized ontologies and blockchain //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 7. – S. 66-79.
- [37] Klimov A. et al. BIM and engineering formalized ontologies on the European digital railway in the EULYNX-data economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 8. – S. 38-65.
- [38] Kupriyanovsky V. et al. On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 8. – S. 66-78.
- [39] Kupriyanovsky V. et al. Agriculture 4.0: Synergy of the System of Systems, Ontology, the Internet of Things, and Space Technologies //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 10. – S. 46-67.
- [40] Pokusaev O. et al. On System of Systems ontologies in the national standards for UK digital railways //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 11. – S. 85-96.
- [41] Pokusaev O. et al. On ontology and security of autonomous (driverless) cars //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 2. – S. 81-93.
- [42] Kupriyanovsky V. et al. Skills in the digital economy and the challenges of the education system //International journal of open information technologies. – 2017. – T. 5. – #. 1. – S. 19-25.
- [43] Kuprijanovskij V. P. i dr. Cifrovaja zheleznaja dorogartms, bim, GIS, PLM i cifrovye dvojniki //Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. – 2017. – T. 13. – #. 3.
- [44] Kupriyanovsky V. et al. On the new IoT generation-ETSI ontology standards and specifications //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 9. – S. 73-81.
- [45] Kupriyanovsky V. et al. Digital twins based on the development of BIM technologies, related ontologies, 5G, IoT, and mixed reality for use in infrastructure projects and IFRABIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 3. – S. 55-74.
- [46] Klimov A. et al. On smart technologies in ports and shipping as linked digital twins for shore and ship in a multimodal environment //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 3. – S. 75-91.
- [47] Kupriyanovsky V. et al. BIM on the way to IFC5-alignment and development of IFC semantics and ontologies with UML and OWL for road and rail structures, bridges, tunnels, ports, and waterways //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – #. 8. – S. 69-78.
- [48] Ponkin I. V., Kupriyanovsky V. P., Ponkin D. I. Fintech, Regtech i reguljatornye pesochnicy: ponjatie, cifrovaja ontologija, perspektivy //Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie». – 2020. – T. 16. – #. 1. – S. 224-234.
- [49] David J., Lobov A., Lanz M. Learning experiences involving digital twins //IECON 2018-44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2018. – S. 3681-3686.

[50] Pokusaev O. et. al. Learning Factories for Industry and Transportation in the Digital Twins Era //International Journal of Open Information – 2021. – T. 9. – #. 1.

[51] Knowledge economy
https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_economy

[52] KOBZEV S. A. BEREZhLIVAJa
KIBERFIZICHESKAJa PROIZVODSTVENNAJa
SISTEMA TRANSPORTNOJ KOMPANII
//Zheleznodorozhnyj transport. – 2020. – #. 9. – S. 4-13.