

К вопросу обратного инжиниринга - путь от бумаги до цифровых онтологических правил для образовательных технологий

А.А. Климов, В.П. Куприяновский, О.В. Гринько, О.Н. Покусаев

Аннотация— В этой статье речь идет о развитии образовательных технологий (EdTech). Одной из сложнейших задач в ИТ-отрасли в условиях цифровой экономики является организация взаимодействия информационных систем, использующихся при создании и эксплуатации крупных промышленных объектов. В их жизненном цикле занято множество организаций, каждая из которых обычно использует свой набор компьютерных систем и свои форматы данных. Возможность доступа и анализа для полных данных жизненного цикла сложного инженерного объекта стала сегодня обязательным условием эффективного управления его проектированием и эксплуатацией. Решение проблем интеграции инженерных данных оказалось гораздо удобнее организовывать в рамках семантического подхода к моделированию данных. В рамках этого подхода информация предоставляется в виде совокупности связанных отношениями субъектов и объектов (графа), а не в виде привычных таблиц. Онтологическая модель данных является составной частью самих данных – понятия стандартного словаря-тезауруса (так называемые "справочные данные") используются для описания смысла и способов использования данных при обработке их как компьютерами, так и людьми.

Ключевые слова— онтологии, образование, EdTech.

I. ВВЕДЕНИЕ

Так как развитие образования тесно и неразрывно связано с цифровыми технологиями и построением связи между физическим миром и цифровых, кроме того, это образование должно иметь перспективу на рынке труда, мы решили посмотреть на практику и перспективу их развития и применения с точки зрения EdTech. При этом еще мы полагали, что это должно быть выражено в признанных стандартах и иметь большую фактическую базу применения. Один из самых успешных онтологических стандартов был принят ИСО, который формально имеет номер ISO 15926, а неформально имеет название «Нефтегазовая онтология» (OGO), и она нам показалась удовлетворяющей нашим

критериям.

POSC Caesar Association (PCA) [1] является некоммерческой организацией-участником глобальной стандартизации, которая должна содействовать разработке открытых онтологических спецификаций, которые будут использоваться в качестве стандартов для обеспечения возможности взаимодействия данных, программного обеспечения и связанных с этим вопросов.

PCA инициировал выпуск стандарт ISO 15926 «Интеграция данных жизненного цикла для технологических установок, включая объекты по добыче нефти и газа» 1997 году, привержен его обслуживанию и совершенствованию ISO 15926 и с тех пор возглавлял группу в ISO TC184 / SC4, отвечающую за развитие ISO 15926. С тех пор выпущено много стандартов этого семейства с разными порядковыми номерами, а его последовательное применение дает двукратное снижение сроков освоения месторождений и соответствующие экономические эффекты.

PCA использует сервисы справочных данных (RDS) в качестве государственных сервисов для глобальной перерабатывающей промышленности, включая нефть и газ. RDS содержат все справочные данные в ISO 15926, «Нефтегазовая онтология» (OGO), справочные данные проектов ЕС в области окружающей среды и трубопроводов, справочные данные для капиталоемких проектов, а также некоторые справочные данные из оборонной и судовой промышленности. Министерство обороны Норвегии, Det Norske Veritas (DNV) и компания норвежская нефтяная промышленность (OLF) профинансировали разработку системы справочных данных и в настоящее время финансируют ее эксплуатацию.

II. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ

Одной из сложнейших задач в ИТ-отрасли в условиях цифровой экономики является организация взаимодействия информационных систем, использующихся при создании и эксплуатации крупных промышленных объектов (нефтяных платформ, электростанций, химических производств, фармацевтических предприятия и т.п.). В их жизненном

Статья получена 21 июня 2019.

А.А. Климов - РУТ (МИИТ) (email: aaklimov1961@gmail.com)

В.П. Куприяновский - МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: v.kupriyanovsky@rut.digital)

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

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

цикле занято множество организаций: проектировщики, строители, поставщики оборудования, службы эксплуатации и т. д., каждая из которых, обычно, использует свой набор компьютерных систем и свои форматы данных.

Возможность доступа и анализа для полных данных жизненного цикла сложного инженерного объекта стала сегодня обязательным условием эффективного управления его проектированием и эксплуатацией. Эту задачу называют по-разному: создание единого информационного пространства жизненного цикла, создание цифровой модели и т. п.

Большинство разработчиков инженерных информационных систем (CAD/CAM/CAE/PLM) используют классические объектные модели данных и более или менее стандартные реляционные базы данных, однако многолетние попытки их объединения на единой платформе пока что не удалась. Отчасти причину такого провала можно обнаружить в основах классической реляционной теории моделирования данных – в жестких границах между сущностями, атрибутами и связями. При объединении множества реляционных баз данных от разных производителей, да ещё и принадлежащих разным хозяевам, выясняется, что все они принимали разные решения при моделировании основных понятий предметной области. Зачастую одно и то же инженерное понятие в одной базе данных будет соответствовать имени таблицы, в другой базе – содержанию ячейки таблицы, а в третьей – имени столбца таблицы.

Кроме того, инженерные данные содержат крайне разнородную информацию об одних и тех же объектах, в отличие от «управленческих» или финансовых данных. Данные о разных узлах и подсистемах промышленного объекта (трубопроводах, электрооборудовании, строительных конструкциях и т.п.) имеют принципиально различную структуру, а в непрерывном производстве (нефтехимия, электростанции и т.д.) существуют сотни подсистем и тысячи групп оборудования. Данные о насосе в инженерных информационных системах включают сведения из систем ERP и EAM, систем PLM, САПР, а также информацию о его проектных технологических режимах, 3D-компоновке, истории замеров с его датчиков, интерактивные руководства по монтажу и обслуживанию и многое другое. Насос имеет функциональный код в проектной документации в системах САПР и приобретает в EAM серийный номер, будучи установленным на объекте. Инженерная информация формируется в каталоге производителя, в САПР для теплотехнических и электрических специальностей, в системах проектного управления, управления строительством (4D-проектирования), и т.п.

Если каждую из инженерных сущностей описывать реляционной таблицей, то число таблиц разной структуры составит несколько тысяч. При этом возникают проблемы быстрой работы при формулировании общего запроса к нескольким базам данных, в которых, как отмечено выше, могли быть

приняты принципиально разные решения по поводу объектов и атрибутов предметной области, или по поводу отражения изменения объектов во времени.

Решение проблем интеграции инженерных данных оказалось гораздо удобнее организовывать в рамках семантического подхода к моделированию данных. В рамках этого подхода информация предоставляется в виде совокупности связанных отношениями субъектов и объектов (графа), а не в виде привычных таблиц. Расширяется сфера использования для инженерных данных наиболее распространённого такого представления – стандарта RDF (Resource Description Framework).

Это даёт возможность эффективно "складывать" в одну структуру данные из разных источников. Графовая структура наиболее удобна для представления разнородной инженерной информации, требующей постоянного развития и усложнения модели данных на протяжении всего жизненного цикла. Информация в семантической форме легко пополняется и расширяется при появлении новых источников, без необходимости фундаментальной переработки системы хранения, как в случае баз данных. Семантические стандарты поддерживают гибкие и расширяемые информационные модели, т.е. позволяют объединять по мере необходимости и инженерную, и нормативную, и географическую, и финансовую информацию, без остановок на переработку информационной модели при каждом расширении. Формы и объёмы обрабатываемых данных могут уточняться по мере развития требований к информации и роста понимания потребностей участников жизненного цикла.

Дополнительные преимущества при работе с семантическими данными даёт применение онтологических стандартов, позволяющих не просто получать информацию из разных источников в одном гибком и расширяемом формате, но и одинаково её интерпретировать. При онтологическом моделировании данных в семантическом представлении используются понятия и отношения из заранее согласованного (определённого каким-то стандартом) списка понятий и отношений, описывающего некоторую предметную область инженерной сферы (механику, электротехнику, теплогидравлику, строительство, и т.п.). Например, один раз вводятся понятия "насос", "давление" или "подключение", и далее универсальные ссылки на такие понятия стандартного словаря-тезауруса используются всеми сторонами для описания объектов, извлекаемых из разнообразных баз данных.

Онтологическая модель данных является составной частью самих данных – понятия стандартного словаря-тезауруса (так называемые "справочные данные") используются для описания смысла и способов использования данных при обработке их как компьютерами, так и людьми. При необходимости уточнить смысл полученных данных можно из заранее

известных источников (библиотек справочных данных) и с использованием тех же стандартизированных технологий и инструментов, которые используются для обмена данными

Основанные на онтологическом моделировании интеграционные семантические модели для инженерных объектов разрабатываются как на отраслевом, так и на международном уровне. Современные решения по моделированию данных легли в основу нейтральной по отношению к отдельным инженерным системам модели данных стандарта ISO 15926 "Industrial automation systems and integration. Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities" (ГОСТ-Р ИСО 15926 "Промышленные автоматизированные системы и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла для перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия").

Этот стандарт определяет инженерную онтологию – основные типы объектов и отношений, используемых при представлении инженерной информации, упорядочивает терминологию, используемую для её организации, а также определяет принципы расширения стандартной терминологии через механизм федерированных библиотек справочных данных. Сегодня многие крупные компании уже переходят на этот стандарт: компании-члены Norwegian Oil Industry Association, члены консорциума FIATECH, крупнейшие поставщики инжинирингового программного обеспечения.

Реализация стандарта ISO 15926 в части представления, хранения и доступа к данным основана на использовании семантических стандартов консорциума W3C: RDF, OWL и SPARQ, а также их бесшовной интеграцией других результатов объединений онтологической стандартизации, таких как: OGC, OMG, BuildingSmart, POSC и другие.

Использование семантических и онтологических стандартов помогает наладить обмен и сопоставление данных, выявление коллизий и согласование противоречий. Дисциплина работы с данными при такой стандартизации, является гораздо менее обременительной, чем при иных технологических решениях, предусматривающих унификацию программных средств и интерфейсов работы. При предоставлении семантических данных возможен выбор между согласованной «общей» терминологией (отраслевой онтологией) и привычными отдельным участникам наборами понятий и опирающимися на них формами отчётности. При этом в части терминологии, предписанной федеральными или муниципальными нормативами, контроль используемых терминов может быть гораздо более жёстким, чем в части, не охваченной стандартизацией: контроль можно будет организовывать не только «глазами», но и с использованием компьютеров.

В части коммуникации между компьютерами

семантические и онтологические данные пригодны для обработки инструментами разной степени сложности, от широко распространённых электронных таблиц до специализированных геоинформационных систем, систем автоматизации проектирования или систем инвестиционного планирования. Семантические данные с онтологической разметкой могут готовиться разными программными средствами. Открытые форматы данных избавляют от необходимости пользоваться программным обеспечением только от одного поставщика. Для того чтобы вышесказанное реализовать необходимо то, как происходит извлечение недостающих знаний для того или иного проекта.

Извлечение знаний - это создание знаний из структурированных (реляционные базы данных, XML) и неструктурированных (текст, документы, изображения) источников. Полученные знания должны быть в машиночитаемом и машинно-интерпретируемом формате и должны представлять знания таким образом, чтобы облегчить вывод. Хотя методически он аналогичен извлечению информации (NLP) и ETL (хранилищу данных), основным критерием является то, что результат извлечения выходит за рамки создания структурированной информации или преобразования в реляционную схему. Это требует либо повторного использования существующих формальных знаний (повторное использование идентификаторов или онтологий), либо создания схемы на основе исходных данных.

Группа RDB2RDF W3C [2] в настоящее время стандартизирует язык для извлечения структур описания ресурсов (RDF) из реляционных баз данных. Другим популярным примером извлечения знаний является преобразование Википедии в структурированные данные, а также отображение существующих знаний (см. DBpedia и Freebase).

Изучение онтологий (извлечение онтологий, генерация онтологий или приобретение онтологий) - это автоматическое или полуавтоматическое создание онтологий, включая извлечение терминов соответствующего домена и отношений между концепциями, которые эти термины представляют из корпуса текста на естественном языке, и кодирование их с языком онтологии для легкого поиска. Поскольку создание онтологий вручную чрезвычайно трудоемко и отнимает много времени, существует большая мотивация для автоматизации процесса.

Как правило, процесс начинается с извлечения терминов и понятий или имен существительных из простого текста с использованием лингвистических процессоров, таких как тегирование части речи и фрагментация фразы. Затем статистические [2] или символические [2] методы используются для извлечения сигнатур отношений, часто основанные на шаблонных [2] или основанных на определении [2] гиперных методах извлечения. Именно в этом направлении и происходит развитие применения стандарта ISO 15926.

Так для того, чтобы получить полную онтологическую картину и извлечь из этого коммерческую выгоду был начат проект NORSOK проект, направленный на сокращение времени выполнения и затрат на строительство и эксплуатацию нефтяных установок на норвежском континентальном шельфе. Тогдашний государственный министр Норвегии Финн Кристенсен начал работу в 1993 году, и это сотрудничество между различными игроками в нефтяной промышленности, включая норвежскую нефтегазовую отрасль, норвежскую промышленность и власти. NORSOK особенно известен своими стандартами (стандартами NORSOK). Ответственность за это была передана Standard Norway. Последнее и позволило на этой базе начать строить общую онтологию как возможность изменить отраслевую практику (рисунок 1). На рисунке 2 показан путь от бумаги (PDF иногда называют цифровой бумагой), на основе «оцифрованных» стандартов NORSOK к

онтологической базе знаний по требованиям к технической информации, выраженная в виде онтологических правил. Так как нефтегазовая отрасль связана с соответствующими производителями, то стоит посмотреть на процессы и с этой стороны производства и инженерии [3-9], онтологии [10-15].

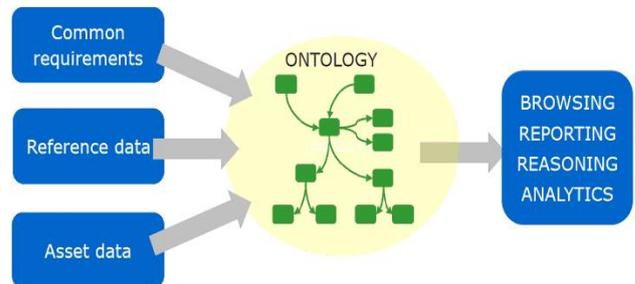


Рис. 1. Онтология - возможность изменить отраслевую практику (источник – PCA)

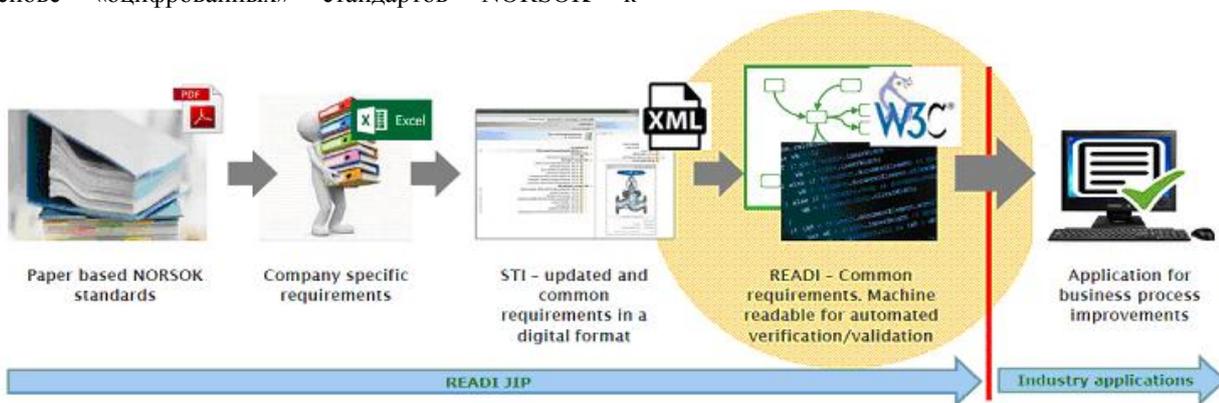


Рис. 2. Путь от бумаги на основе «оцифрованных» стандартов NORSOK База знаний по требованиям к технической информации, выраженная в виде правил (источник – PCA)

Это дало возможности помочь отрасли написать «хорошо» требования, которые машины могут проверить и проверить автоматически, а также:

- Поддержку определения требований с точки зрения машинного и человеческого восприятия.

- Более эффективную проверку требований.
- Легкое обнаружение противоречивых требований.
- Устранение двусмысленностей в определении требований.
- Улучшенные возможности поиска, чтобы найти требования.

При построении этой системы применялись и старые добрые методы системной инженерии «V» (рисунок 3), а так же обратные преобразования текстовых знаний в формальные онтологические (рисунок 4).

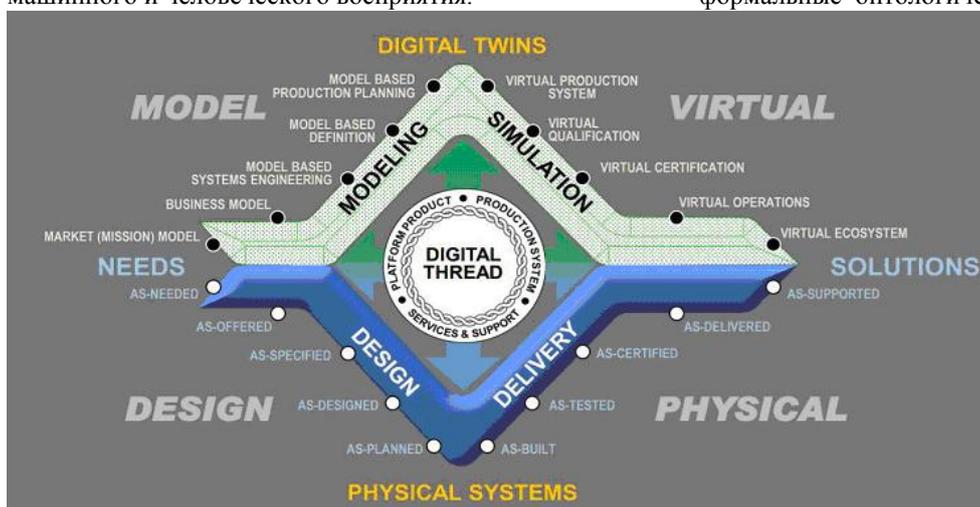


Рис. 3. Боинг: Системная инженерия «V» Это все еще актуально в эпоху цифровых технологий? [1]

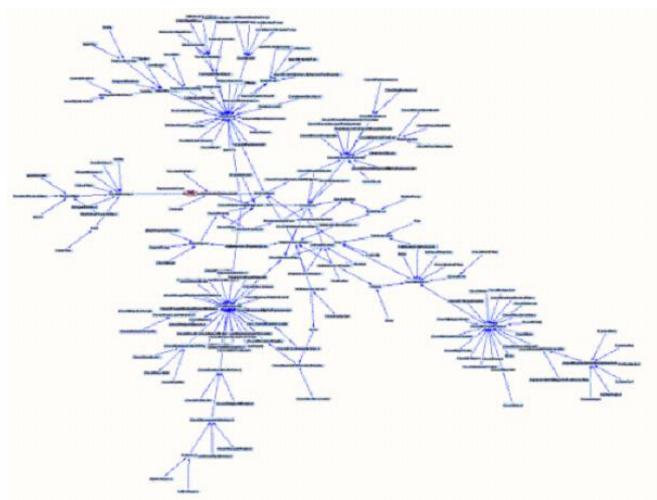


Рис. 4. ISO 15926-2, представленное в OWL, как показано плагином GrOWL Protege (источник – PCA)

III. СЕМАНТИКА И ОНТОЛОГИЯ СТАНОВЯТСЯ СЕЙЧАС ПОПУЛЯРНЫМИ ТЕРМИНАМИ В ИТ-СФЕРЕ.

Онтологии приобрели большую популярность и признание в семантической сети, потому что их широко используют в интернет-приложениях. Онтологии часто считаются прекрасным источником семантики и совместимости во всех искусственно интеллектуальных системах. Экспоненциальное увеличение неструктурированных данных в сети сделало автоматическое получение онтологии из неструктурированного текста наиболее заметной областью исследований [16,17]. Использование нескольких методологий и многочисленные техники различных областей (машинное обучение, анализ текста, представление знаний и рассуждение, поиск информации и обработка естественного языка) предлагает довести некоторый уровень автоматизации получения онтологии в процессе приобретения знаний из неструктурированного текста. Такая задача, решенная членами PCA, позволяет применять онтологии в образовательных технологиях других доменов (например, в проекте ЕС MaTHiSiS построение онтологической системы образования на графах <http://mathisis-project.eu/>), в котором также использовался подход цифровых двойников (рисунок 4). Если данные и процессы описаны в принятых авторитетными органами стандартизации онтологических стандартах, то получения необходимых данных и информации для обучения значительно упрощается, и риски минимизируются.

В начале 21-го века, с развитием технологии в разных областях, неструктурированные данные в Интернете в виде электронных новостей и научной литературы росли

в геометрической прогрессии. Тем не менее, сеть в начале 21-го века не была эффективной. Если один автор написал о какой-то теме на одном сайте, другой автор мог предоставить противоречивую информацию на ту же тему на другом сайте. Другими словами, сеть была отключена, противоречива и тупа. Извлечение полезной информации из такого типа сети было бы ошибочным процессом.

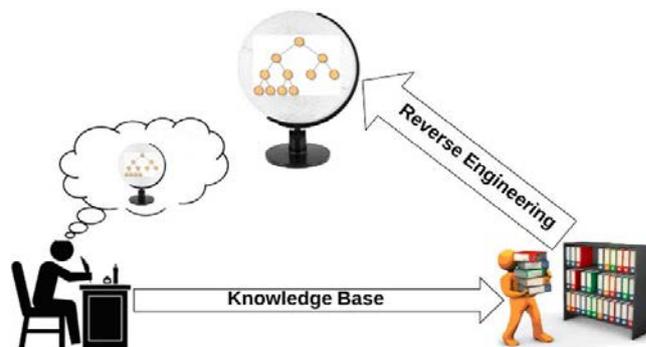


Рис. 5. Извлечение онтологии из текста: задача обратного инжиниринга [17].

Для решения этой проблемы концепция семантической сети была введена в оборот 2001 году [17]. Основной мотивацией этой идеи заключалась в создании веб-платформы, что должно было сделать сеть тесно связанной, последовательной и разумной. Так началось развитие современного этапа в создании онтологических стандартов. Онтологии играют фундаментальную роль в реализации идеи семантической паутины, но только сегодня они начали выходить на первый план и оказались очень тесно связанными с цифровой экономикой [12], стандартизация этих подходов и быстрое проникновение их в EdTech тому явное подтверждение.

Онтология - это формальный и структурный способ представления концепции и отношений общей концептуализации [16,17]. Точнее, это можно определить как понятия, отношения, атрибуты и иерархии, которые присутствуют в домене. Практика показала что онтологии могут быть созданы путем извлечения соответствующих экземпляров информации из текста с помощью процесса, называемого онтологией поколений. Однако создание таких больших онтологий вручную трудная задача, и невозможно построить онтологии для всех доступных домены [17]. Поэтому вместо ручного изготовления онтологий, тенденция исследований в настоящее время смещается в сторону автоматического обучения онтологий. Каждая онтология, фиксированная в признанных стандартах, на самом деле, может быть применена в других разработках, что уже обсуждается как переход к экономике знаний.

Это позволит фиксировать знания и добиваться их повторного использования. Всякий раз, когда автор пишет что-то в форме текста, он, на самом деле, делает

это, следуя модели предметной области по его мнению. Он знает значения различных концепций определенной области, а затем, используя эту модель, он передает часть этой информации домена в тексте, оба неявно и явно. Схема извлечения онтологии из текста или задача обратного инжиниринга показана на рисунке 6. Рисунок 7 суммирует различные шаги, необходимые для достижения онтологии из неструктурированного текста, показывая создание образовательной онтологии как обратный процесс от модели предметной области.

Процесс приобретения онтологии начинается с извлечения терминов и их синонимов из основного текста. Термины и синонимы объединяются в понятия. После этого таксономические и не таксономические отношения между этими понятиями устанавливаются. Наконец, создаются аксиомы схемы, и общие аксиомы извлекаются из неструктурированного текста. Весь этот процесс известен как онтология учебного слоя торта. Он изображен на рисунке 6.

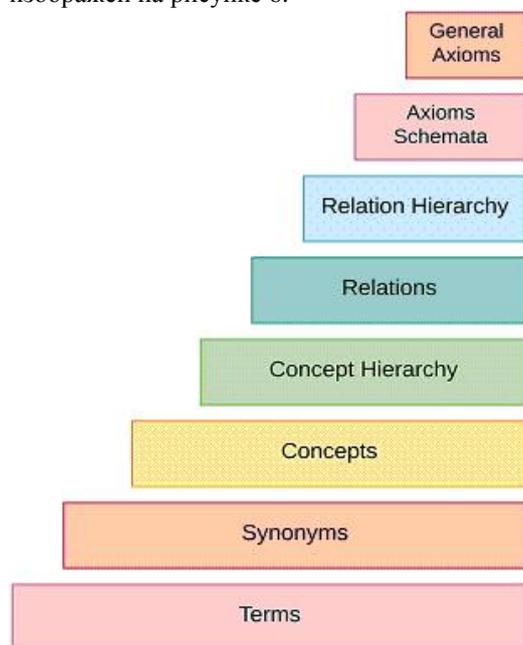


Рис. 6. Последовательность (торт) для изучения онтологии [17]

EduTechWiki - это еще один специализированный Wiki высокого качества онтологически связанный цифровой источник по образовательным технологиям (учебные технологии, цифровое обучение) и смежным областям. Он организован TECFA, Университетом Женевы (http://edutechwiki.unige.ch/en/Main_Page). Это набор ресурсов для обучения и исследований в области образовательных технологий, например, его можно использовать как инструмент заметок для исследователей; инструмент для обзора литературы или среду письма для изучения для студентов. Он также включает (технические) учебные пособия, которые можно использовать на уроках по всему миру или для самообучения. В настоящее время EduTechWiki содержит 1827 статей на английском языке. Французская версия имеет различное содержание и

включает в себя множество материалов студентов этого университета.

Приведем для нашего читателей переводы из этого Wiki чтобы они смогли оценить необходимость его практического использования для себя так как образовательные технологии, иногда сокращаемые до EduTech или EdTech, представляют собой широкую область, которую возможно знают не так много экспертов. Поэтому можно найти много определений сущностей в одном домене, некоторые из которых противоречивы. Для того, чтобы снять эти противоречия и необходима процедура сертификации, состоящая в нахождении единой точки зрения на предмет.

Образовательные технологии как академическая область могут рассматриваться как наука о дизайне или как совокупность различных исследовательских интересов, затрагивающих фундаментальные проблемы обучения, преподавания и социальной организации. Образовательная технология как практика относится к любой форме преподавания и обучения, которая использует технологию, и этот процесс также стандартизируется другой авторитетной организацией - IEEE. Тем не менее, уже есть несколько особенностей, с которыми большинство исследователей и практиков экспертов могут согласиться [18]:

«Использование технологии принципиально: технология означает систематическое применение научных знаний для практических задач. Таким образом, образовательные технологии основаны на теоретических знаниях, полученных из разных дисциплин (коммуникация, образование, психология, социология, философия, искусственный интеллект, информатика и т. д.), а также на опыте, полученном из образовательной практики.

Образовательные технологии направлены на улучшение образования. Технология должна облегчать учебные процессы и повышать производительность образовательной системы (систем) в том, что касается эффективности и / или результативности.

Исследования в области образовательных технологий всегда были амбициозными. Иногда он нацелен только на повышение эффективности или действенности нынешней практики, но часто нацелен на педагогические изменения. Хотя это можно рассматривать как науку о дизайне, оно также затрагивает фундаментальные проблемы обучения, преподавания и социальной организации и, следовательно, использует весь спектр современной методологии социальных наук и наук о жизни.

Образовательные технологи не будут рассматривать компьютер как еще один элемент оборудования. Если образовательная технология связана с внимательным отношением к преподаванию и обучению, то компьютер может внести свой вклад независимо от его использования в качестве средства реализации, так как проектирование компьютерных учебных сред дает нам новый взгляд на природу преподавания и обучение и

действительно на общих образовательных целях».

В [18] опубликована образовательная клятва, для тех, кто занимается EdTech, вдохновленная клятвой Гиппократов, так EdTech так же работает с людьми. Мы приводим ее ниже:

Ничего не делайте, чтобы ухудшить обучение, производительность и обучение.

Делайте все возможное, чтобы улучшить обучение, производительность и обучение.

Основывайте свои действия на доказательствах, которые вы и другие собрали и проанализировали.

Поделитесь с другими принципами обучения, производительности и обучения, которые вы изучили.

Уважайте личные права всех тех, с кем вы общаетесь.

Подводя итог, эта клятва призывает нас улучшить образование (и не мешать ему), использовать доказательства из исследований и практики, делиться и уважать других.

Помимо сферы исследований, образовательные технологии являются синонимом {педагогика, обучения, учебного дизайна и т. д.}, обладающие технологией и, следовательно, также с инженерной дисциплиной, наукой о дизайне или ремеслом. Чтобы определить образовательную технологию, мы можем представить (рисунок 7), что составляет учебный дизайн, и какие дисциплины смотрят на эти составляющие.

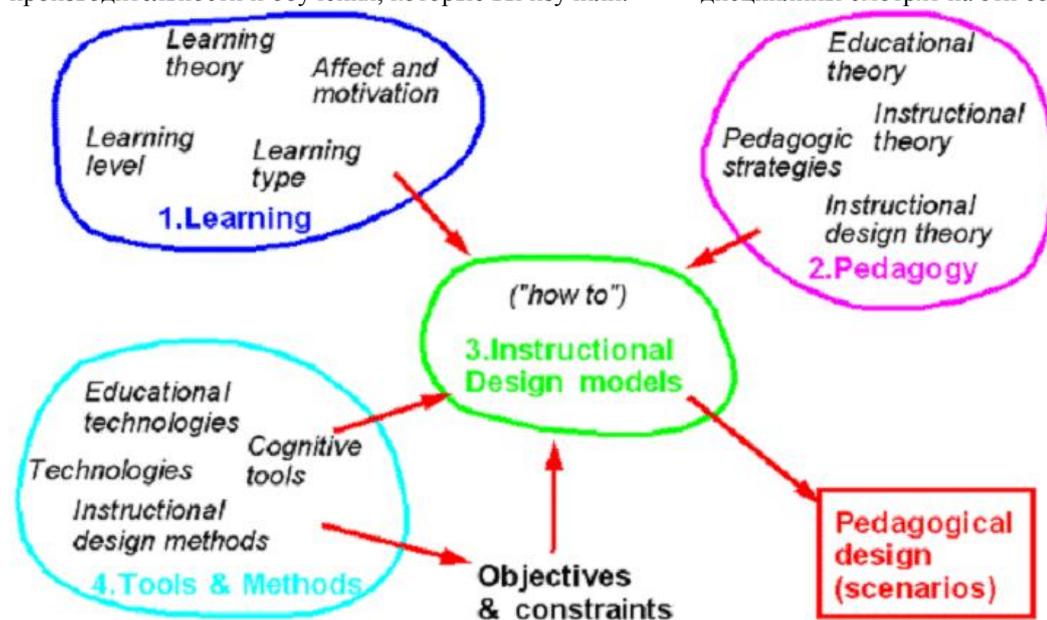


Рис. 7. EdTech с точки зрения учебного дизайна [18]

Даже с чисто «инженерной точки зрения» не имеет особого смысла говорить об образовательных технологиях только с точки зрения моделей учебного проектирования или методов учебного проектирования. Дизайнер учебных материалов также обеспокоен более фундаментальными дисциплинами, такими как общая теория обучения или педагогическая теория. Эти теории дают интересную информацию по таким вопросам, как связь между типом обучения или уровнем обучения и соответствующей педагогической стратегией, как влияние и мотивация могут влиять на процесс обучения, какой мультимедийный дизайн можно извлечь из теорий

обработки человеческой информации или когнитивной нагрузки, почему метакогнитивное и совместное сотрудничество в обучении важно, и как оно соответствует принципам онтологии.

Более ориентированные на дизайн образовательные технологии скорее смотрят поперечное сечение нескольких явлений, то есть они применяют междисциплинарный онтологический подход, который в конечном итоге приведет к улучшению педагогического дизайна в данной области. Сложности этого показаны на рисунке 8 и только по одному домену «Педагогическая основа для развития обучения и преподавания в сфере ИКТ».

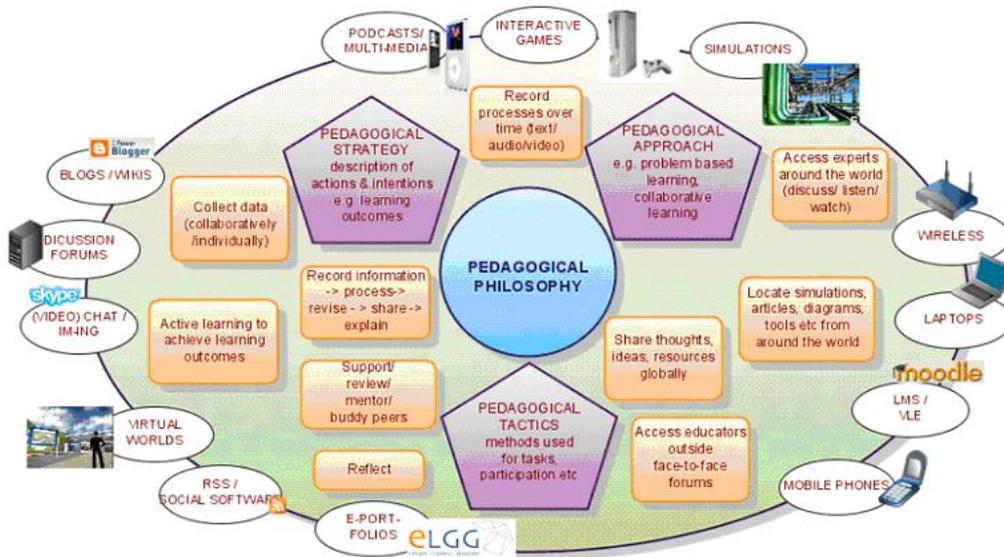


Рис. 8. Педагогическая основа для развития обучения и преподавания в сфере ИКТ [18]

Как нам представляется, еще одним очень емким рисунком из [18] является образ медиа-куба (рисунок 9), который показывает сегодняшнее развитие применения медиа - пространства для обучения и веса тех или иных носителей и средств в этом пространстве. Тут тоже вряд ли будет достигнуто одно мнение, так как самые эффективные методы обучения, независимо от технологии, которую они применяли это те, которые привлекают аудиторию.

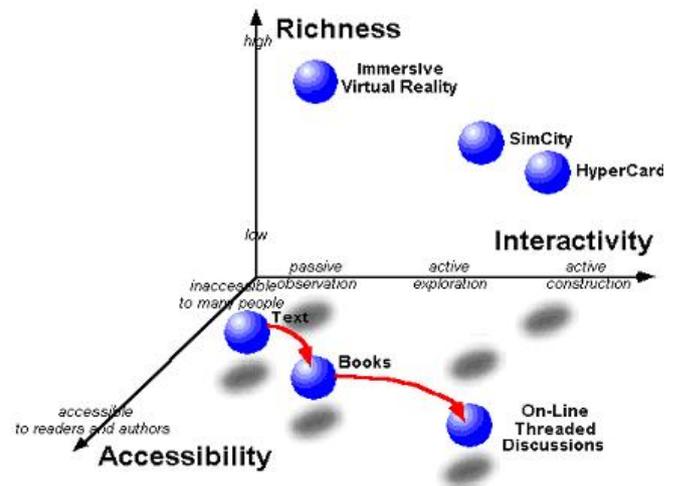


Рис. 9. Медиа куб в образовании [18].

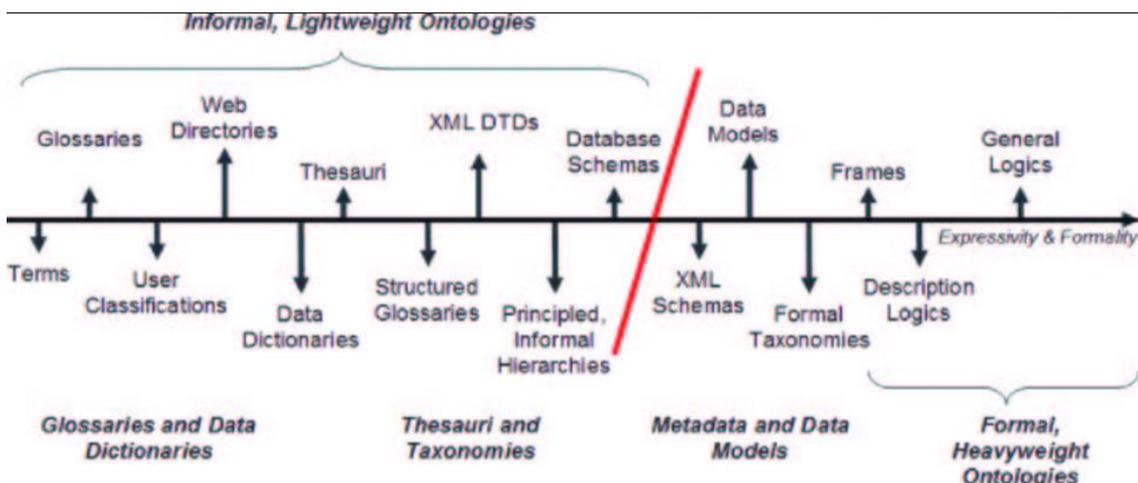


Рис. 10. Спектр видов онтологий, которые варьируются от простого списка терминов (например, таксономий или контролируемых словарей до логических формальных онтологий с большим или меньшим весом [18]

(например, таксономий или контролируемых словарей до логических формальных онтологий с большим весом). Все перечисленные выше требуют разработки, как мы полагаем, признанного онтологического языка моделирования и его стандартизации. Образовательный язык моделирования формально описывает учебные материалы и / или педагогический сценарий. Это своего рода язык образовательного дизайна, который может

быть или не быть исполняемым. В настоящее время наиболее интересные проекты выполняются в рамках исследований по проектированию обучения [19].

«Образовательное моделирование относится к моделированию образовательных систем или подсистем, таких как учебный дизайн или оценка. Такая модель является основой, которая содержит важные понятия, процессы и отношения. Например, учебный дизайн смоделирован на образовательном языке моделирования (EML) [19] Образовательное моделирование можно рассматривать как построение онтологии - взаимосвязанной совокупности сущностей и их отношений. Хотя образовательное моделирование является пока узкоспециализированной областью в образовательных технологиях, его продукты могут оказывать широкое влияние через такие консорциумы, как IMS и органы стандартизации как IEEE, которые способствуют разработке спецификаций и стандартов взаимодействия в образовании, о которых мы говорили выше.

Хочется отметить, что необходимость развития такого подхода недавно зафиксирована и в России [20]. Отрадно также появления отличного труда по онтологии промышленных предприятий, к тому же изданной известным российским университетом [16]. Все это позволяет предполагать очень хорошие возможности развития применения онтологий в российском сегменте EdTech.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] POSC Caesar Association <https://www.posccaesar.org/>.
- [2] Knowledge Extraction https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_extraction.
- [3] Куприяновский, Василий Павлович, et al. "Правительство, промышленность, логистика, инновации и интеллектуальная мобильность в цифровой экономике." *Современные информационные технологии и ИТ-образование* 13.1 (2017).
- [4] Куприяновский, Василий Павлович, et al. "Гигабитное общество и инновации в цифровой экономике." *Современные информационные технологии и ИТ-образование* 13.1 (2017).
- [5] Sinyagov, Sergey, et al. "Building and Engineering Based on BIM Standards as the Basis for Transforming Infrastructures in the Digital Economy." *International Journal of Open Information Technologies* 5.5 (2017): 46-79.
- [6] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Digital sharing economy: technologies, platforms and libraries in industry, construction, transport, and logistics." *International Journal of Open Information Technologies* 5.6 (2017): 56-75.
- [7] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Semantics, metadata and ontologies in smart city applications-new BSI standards." *International Journal of Open Information Technologies* 5.6 (2017): 94-108.
- [8] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Industries transformation in the digital economy—the design and production." *International Journal of Open Information Technologies* 5.1 (2017): 50-70.
- [9] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Industries transformation in the digital economy—the ecosystem and life cycle." *International Journal of Open Information Technologies* 5.1 (2017): 34-49.
- [10] Соколов, И. А., et al. "Современные исследовательские проекты ЕС и онтологии цифровой безопасности Европы." *International Journal of Open Information Technologies* 6.4 (2018).
- [11] Куприяновский, В. П., et al. "Формализованные онтологии и сервисы для высокоскоростных магистралей и цифровой железной дороги." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018).
- [12] Volokitin, Yuri, et al. "On problems of the digital economy and formalized ontologies." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018): 87-96.
- [13] Куприяновский, В. П., et al. "Технологии трансграничных цифровых сервисов в ЕС, формализованные онтологии и блокчейн." *International Journal of Open Information Technologies* 6.7 (2018).
- [14] Климов, А. А., et al. "BIM и инженерные формализованные онтологии на цифровой железной дороге Европы в объединении EULYNX-экономика данных." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018).
- [15] Куприяновский, В. П., et al. "К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТАХ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОНТОЛОГИЙ В ЭКОНОМИКЕ ДАННЫХ-ОПЫТ ЕС." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018).
- [16] ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ: МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ Издательство Уральского университета, Екатеринбург, 2019
- [17] Asim, Muhammad Nabeel, et al. "A survey of ontology learning techniques and applications." *Database* 2018 (2018).
- [18] Educational Technology http://edutechwiki.unige.ch/en/Educational_technology
- [19] Educational modeling language http://edutechwiki.unige.ch/en/Educational_modeling_language
- [20] Национальные проекты <https://tass.ru/nacionalnye-proekty/6687952>

To the issue of reverse-engineering - the way from paper to digital ontological rules for educational technology

Alexander Klimov, Vasily Kupriyanovsky, Oleg Grinko, Oleg Pokusaev

Abstract — This article deals with the development of educational technologies (EdTech). One of the most difficult tasks in the IT-industry in the digital economy is to organize the interaction of information systems used in the creation and operation of large industrial facilities. In their life cycle, many organizations are occupied, each of which usually uses its own set of computer systems and data formats. Possibility of access and the analysis for the full data of the life cycle of the difficult engineering object became today an indispensable condition of effective management of its designing and operation. The solution to the problems of engineering data integration turned out to be much more convenient to organize within the framework of the semantic approach to data modeling. Within the framework of this approach, the information is provided in the form of a set of subjects and objects connected by relations (graph), rather than in the form of habitual tables. The ontological model of the data is an integral part of the data - concepts of the standard dictionary-thesaurus (so-called "reference data") are used for the description of sense and ways of use of the data at their processing both by computers, and people.

Keywords— ontology; education; EdTech.

REFERENCES

- [1] POSC Caesar Association <https://www.posccaesar.org/>.
[2] Knowledge Extraction https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_extraction.
[3] Kuprijanovskij, Vasilij Pavlovich, et al. "Pravitel'stvo, promyshlennost', logistika, innovacii i intellektual'naja mobil'nost' v cifrovoj jekonomike." *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* 13.1 (2017).
[4] Kuprijanovskij, Vasilij Pavlovich, et al. "Gigabitnoe obshhestvo i innovacii v cifrovoj jekonomike." *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* 13.1 (2017).
[5] Sinyagov, Sergey, et al. "Building and Engineering Based on BIM Standards as the Basis for Transforming Infrastructures in the Digital Economy." *International Journal of Open Information Technologies* 5.5 (2017): 46-79.
[6] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Digital sharing economy: technologies, platforms and libraries in industry, construction, transport, and logistics." *International Journal of Open Information Technologies* 5.6 (2017): 56-75.
[7] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Semantics, metadata and ontologies in smart city applications-new BSI standards." *International Journal of Open Information Technologies* 5.6 (2017): 94-108.
[8] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Industries transformation in the digital economy—the design and production." *International Journal of Open Information Technologies* 5.1 (2017): 50-70.
[9] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Industries transformation in the digital economy—the ecosystem and life cycle." *International Journal of Open Information Technologies* 5.1 (2017): 34-49.
[10] Sokolov, I. A., et al. "Sovremennye issledovatel'skie proekty ES i ontologii cifrovoj bezopasnosti Evropy." *International Journal of Open Information Technologies* 6.4 (2018).

- [11] Kuprijanovskij, V. P., et al. "Formalizovannye ontologii i servisy dlja vysokoskorostnyh magistralej i cifrovoj zheleznoj dorogi." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018).
[12] Volokitin, Yuri, et al. "On problems of the digital economy and formalized ontologies." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018): 87-96.
[13] Kuprijanovskij, V. P., et al. "Tehnologii transgranichnyh cifrovych servisov v ES, formalizovannye ontologii i blokchejn." *International Journal of Open Information Technologies* 6.7 (2018).
[14] Klimov, A. A., et al. "BIM i inzhenernye formalizovannye ontologii na cifrovoj zheleznoj doroge Evropy v ob"edinenii EULYNX-jekonomika dannyh." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018).
[15] Kuprijanovskij, V. P., et al. "K VOPROSU OB JeFFEKTAH PRIMENENIJa FORMALIZOVANNYH ONTOLOGIJ V JeKONOMIKE DANNYH-OPYT ES." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018).
[16] ONTOLOGICHESKOE MODELIROVANIE PREDPRIJATIj: METODY I TEHNOLOGII Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, Ekaterinburg, 2019
[17] Asim, Muhammad Nabeel, et al. "A survey of ontology learning techniques and applications." *Database* 2018 (2018).
[18] Educational Technology http://edutechwiki.unige.ch/en/Educational_technology
[19] Educational modeling language http://edutechwiki.unige.ch/en/Educational_modeling_language
[20] Nacional'nye proekty <https://tass.ru/nacionalnye-proekty/6687952>