

## Применение онтологического подхода в разработке архитектуры предприятия атомной отрасли

*Д.Д. Садыкова*

*Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва*

**Аннотация:** В статье рассмотрен подход по синхронизации разных моделей сегментов архитектуры атомной отрасли на основе применения онтологической модели. Разработка онтологии позволяет создать единый понятийный аппарат предметной области, согласовать модели, созданные с использованием разных инструментов и провести машинный анализ текущего состояния архитектуры предприятия посредством применения инструмента Protégé. Это дает возможность получить достоверные знания о предприятии с целью разработки наилучшего решения для предприятия атомной отрасли. В работе применяются следующие методы: методы бизнес-анализа, Architecture Method Development и онтологический подход.

**Ключевые слова:** Архитектура предприятия (АП), текущее состояние архитектуры предприятия, целевое состояние архитектуры предприятия, искусственный интеллект, машинное обучение, машинный анализ, онтология, мета-онтология, онтологическая модель, онтологический инжиниринг, онтология предприятия

Способность идти в ногу с непрерывными и неожиданными изменениями является необходимостью для современных предприятий. В эпоху цифровой трансформации гибкое предприятие быстро адаптируется к изменяющимся задачам и возможностям бизнеса и постоянно совершенствуется для оптимизации затрат, качества и скорости работы. Это позволяет топ-менеджменту быстро внедрять новые стратегии и контролировать ключевые бизнес-параметры для получения конкурентного преимущества. Это значит, что инжиниринг предприятия является постоянной деятельностью предприятия.

Реализованные бизнес-процессы и информационные системы должны постоянно адаптироваться. Поскольку изменения могут быть вызваны как бизнесом, так и развитием технологий, то непрерывное выравнивание бизнеса становится необходимым. [1]

Актуальность выбранной темы исследования обусловлена тем, что главной задачей компании становится постоянное выравнивание бизнеса и ИТ в быстро меняющейся среде.

Такое выравнивание обычно обеспечивается путем создания моделей, описывающих предприятие, включая бизнес-элементы и ИТ-элементы, с тем чтобы реализовывать управленческие (бизнес) требования и поддерживать ИТ в соответствие с данными требованиями. В области управления архитектурой предприятия было разработано много подходов, методов, а также языков моделирования архитектуры предприятия (АП). Однако, несмотря на усилия по разработке комплексных подходов к описанию и управлению архитектурой, таких как TOGAF (The Open Group Architecture Framework) или ArchiMate, можно заметить, что подход «один язык для всех» недостаточен для решения проблем организации, так как многие команды обладают различной квалификацией, а проекты своей спецификой. В таких случаях применяют различные методы и типы моделей предприятия с учетом специфики каждого рассматриваемого сценария, что может быть средством более эффективного обеспечения интересов заинтересованных сторон. [2]

При управлении такой сложной архитектурой возникает ряд проблем. Во-первых, из-за применения разных языков моделирования возникает проблема в согласованности моделей. Другой проблемой является поддержка актуальных данных в моделях, которая усложняется тем, что по мере развития моделей становится сложно поддерживать связи между элементами из разных моделей. Следовательно, процесс согласованности моделей сложен, когда модели создаются с использованием разных инструментов.

Более того, обычно используемые представления моделей не всегда могут предоставить анализ и оценку соответствия между бизнес-целями и возможностями ИТ. Данная проблема возникает, с одной стороны, из-за того, что небольшая детализация информации, содержащейся в моделях, позволяет

---

проводить данный анализ исключительно аналитиками. С другой стороны, используемые представления моделей обычно неадекватны для автоматической обработки информационного содержимого моделей.

Для решения этой задачи предлагается подход, основанный на разработке онтологии предприятия. Это позволит, с одной стороны, устранить несогласованность моделей различных языков, используемых для описания архитектуры предприятия, с другой, проводить машинный анализ и повысить управляемость ИТ.

Объектом исследования является предприятие атомной отрасли. Далее по тексту будут использован термин Предприятие, которое будет обозначать указанное предприятие. Это будет сделано из соображений конфиденциальности.

Цель исследовательской работы состоит в разработке онтологии для синхронизации моделей архитектуры предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ и описать текущее состояние архитектуры Предприятия;
2. Разработать метамодель для онтологии предприятия;
3. Синхронизировать модели из разных нотаций и преобразовать полученную онтологию;
4. Провести машинный анализ текущего состояния архитектуры Предприятия в Protégé и разработать целевое состояние архитектуры предприятия.

### **Онтологический подход в архитектуре предприятия**

Для описания архитектуры предприятия используются языки и общие понятия моделирования предприятия, которые позволяют определить

---

значения элементов в языках моделирования. Для точного определения понятий и их взаимосвязей в настоящее время применяются онтологии.

Онтология предприятия — это общая модель предприятия, состоящая из глоссария и метамодели для определения понятий моделирования предприятия. [3]

Понятие онтологического инжиниринга представляет собой процесс по проектированию, разработке и анализу онтологий. Онтологический инжиниринг относится к инженерии знаний и направлен на использование знаний в компьютерных системах. [4] Это позволяет создать концепт в виде системы связей и понятий для качественного моделирования архитектуры предприятия в постоянно меняющейся среде с помощью инструментов. Кроме того, онтологический инжиниринг позволяет анализировать разработанные онтологии, но и управлять ею, что повышает уровень интеграции информации, необходимой для принятия управленческих решений. [5]

Для управления архитектурой предприятия существует ряд ЕАМ-инструментов, которые предоставляют ряд возможностей, например, описание в единой модели основных составляющих АП предприятия и их взаимосвязей, наглядное и удобное для восприятия представление знаний о компании разным заинтересованным лицам.

На определенном уровне их вполне хватает, однако по мере роста масштаба и комплексности задач возникает проблема в несогласованности различных моделей и часть ЕАМ-инструментов не имеют способности проводить тщательный анализ большого числа моделей, построенных с использованием различных инструментов и в разных методологиях. [6]

Использование онтологий в архитектуре предприятия позволяет интерпретировать данные разработанные посредством применения

различных инструментов и получить необходимые знания о предприятии (EA knowledge space) с помощью машинного анализа. [7]

Для разработки онтологических моделей используют разные программные инструменты: Protégé, Ontologua, OntoEdit, Link Factory и многие другие. Для синхронизации моделей архитектуры предприятия и преобразования полученной онтологии был выбран инструмент Protégé, так обладает важными преимуществами. Во-первых, это свободный, открытый редактор онтологий, который позволяет применять различные плагины для импорта данных из других инструментов и построения моделей. Кроме того, онтологии, построенные в Protégé, могут быть экспортированы во множество других форматов. С помощью sql-запросов редактор позволяет проводить машинный анализ полученной онтологии. Protégé поддерживается значительным сообществом, состоящим из разработчиков и учёных, правительственных и корпоративных пользователей, использующих его для решения задач, связанных со знаниями, в таких разнообразных областях, как биомедицина, сбор знаний и корпоративное моделирование. [8]

### **Проектирование текущего состояния архитектуры предприятия**

Исследуемое предприятие атомной отрасли входит в состав энергетического дивизиона Госкорпорации Росатом и осуществляет проектирование АЭС, организацию строительно-монтажных работ, поставок оборудования и материалов, пусконаладочных работ, ввод АЭС в эксплуатацию, то есть способна построить АЭС «под ключ».

Стратегия компании заключается в трансформации в глобального лидера отрасли за счет развития новых сегментов на базе традиционных рынков. Компания стремится выходить на зарубежные рынки с целью реализации новых масштабных инженерных проектов, связанных со строительством АЭС.

В условиях переориентации на внешний рынок перед руководством была поставлена задача снизить стоимость сооружения на 28%, снизить сроки сооружения с 80 до 48 месяцев, снизить сроки проектирования с 24 до 12 месяцев, повысить производительность труда на 20 %.

Результатами проектирования текущего состояния архитектуры предприятия являются различные артефакты. Во-первых, была построена верхнеуровневая диаграмма, отображающая три слоя (бизнес-слой, слой информационных систем, технологический слой). Модель фактически является представлением многослойного ракурса. На предприятии основные бизнес-процессы оптимизированы с помощью SAP ERP системы. Сейчас внедрены модули логистики, финансов и контроллинга. Все информационные системы связаны корпоративной шиной, основное ПО расположено на сервере приложений.

Результатами детализации бизнес-архитектуры Предприятия являются модели бизнес-слоя и бизнес-процесса «Проектирование АЭС». На Рис. 1 представлена модель бизнес-слоя. Предприятие заключает контракт с контрагентом на сооружение АЭС, в данном случае основным продуктом является услуга по проектированию и сооружению объектов. В результате бизнес-процессов на выходе получают продукты: план проекта, проектное решение и техническая документация.



Рис. 1 – Модель бизнес-слоя

Модель бизнес-процесса «Проектирование АЭС» в нотации BPMN отображена на Рис. 2. Процесс заключается в том, что служба главного инженера проводит обследование объекта, затем разрабатывает модель будущего объекта и готовит техническую документацию. После согласования модели и документации с Заказчиком специалист получает на выходе готовую документацию.

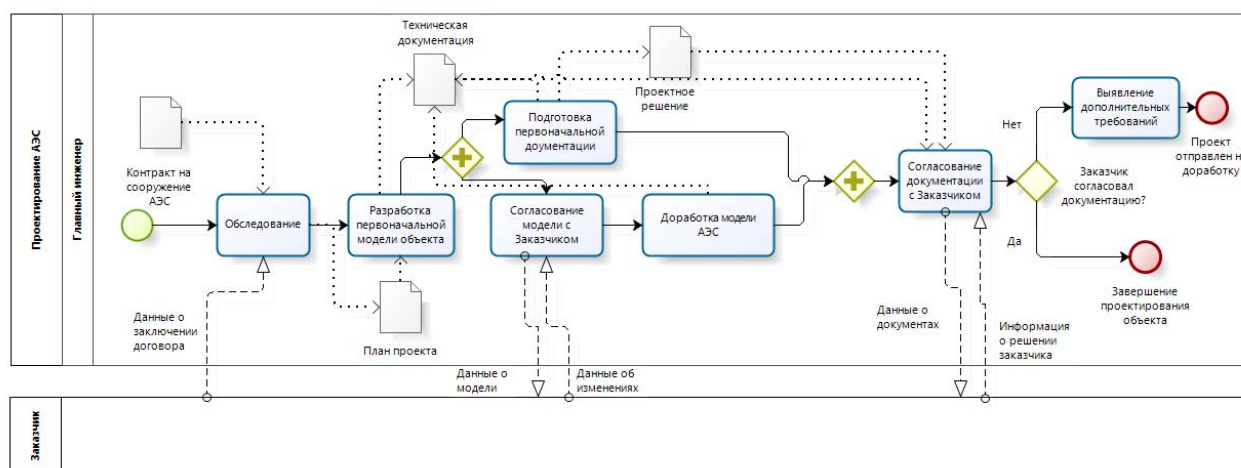


Рис. 2 - Модель бизнес-процесса "Проектирование АЭС"

### Разработка онтологии предприятия

Все вышеперечисленные модели были разработаны с использованием разных нотаций. Для решения неполноты каждой из нотаций предлагается подход, основанный на разработке онтологии архитектуры предприятия. Это позволит, с одной стороны, разработать единую метамодель и устранить несогласованность моделей различных языков архитектуры предприятия, с другой, проводить машинный анализ архитектуры предприятия с помощью программного средства и получить достоверные знания о состоянии предприятия.

На первом этапе для устранения несогласованности понятий в моделях архитектуры предприятия необходимо определить, какие будут использоваться понятия и связи между ними. С этой целью используется мета-онтология (метамодель в виде онтологии) — это единая онтология



разделяемой концептуализации предметной области предприятия. Она соответствует основным осям архитектурных аспектов предприятия.

Мета модель служит «словарем», определяющим разновидности объектов, составляющих онтологию и возможные взаимоотношения (связи) между такими объектами, используемые при проектировании онтологии. Сходные по свойствам объекты группируются в подклассы и классы объектов. Каждый класс объектов включается в мета модель и описывает все существующие или возможные объекты данного класса. Связи между классами называются типами связей объектов. [9] Например, в предложении «сервис управления поставками реализуется с помощью системы логистики» слово реализована – это тип связи между классами «сервис» и «система», включение этого типа в мета модель позволяет учесть в модели архитектуры тот факт, что сервисы реализуются с помощью систем.

На Рис. 3 представлена мета модель предприятия в виде онтологии (мета-онтология), разработанная на основе мета модели TOGAF. [10] В мета модели выделены три основных класса (бизнес-архитектура, архитектура ИС, технологическая архитектура), которые соответствуют трем слоям архитектуры, соотносящиеся с доменами архитектуры предприятия по TOGAF: бизнес-слой, слой приложения и технологический слой. Бизнес-слой – описывает организационные единицы, процессы, продукты и сервисы предприятия. Слой приложений описывает поддержку бизнес уровня ИТ-приложениями и основные виды данных. Технологический слой рассматривает технологическую инфраструктуру, включающую аппаратное обеспечение, общесистемное программное обеспечение, необходимое для ИТ-приложений.





онтологии. Машинный анализ заключается в поиске устаревших информационных систем, связей между процессами и этими системами. В результате машинного анализа онтологии Предприятия с помощью SQL-запросов были получены достоверные данные по текущему состоянию архитектуры Предприятия. Основным процесс по проектированию АЭС поддерживается устаревшим базисным модулем системы SAP ERP, а также был выявлен не автоматизированный процесс Сервисные услуги.

На основе такого анализа можно сделать выводы, насколько ИТ поддерживают каждый из бизнес-процессов, соответствуют ли информационные системы требованиям бизнес-пользователей и выработать рекомендации к модернизации систем, а если их нет, сформулировать предложения по их созданию.

#### **Проектирование целевого состояния архитектуры предприятия**

На основе полученных результатов анализа онтологии была построена верхнеуровневая диаграмма целевого состояния и найдены следующие разрывы между текущим и целевым состоянием архитектуры предприятия (Рис. 4). В компании предполагается проектирование нового бизнес-процесса по управлению сложными инженерными объектами, который будет реализован с помощью системы управления ЖЦ сложных инженерных объектов. Также будет автоматизирован процесс предоставления сервисных услуг с помощью виртуального сервиса по обслуживанию компаний эксплуатирующих АЭС. Оптимизация данных процессов позволит улучшить протекание основных бизнес-процессов: проектирование АЭС, организация строительно-монтажных работ и другие. В слое информационных систем появятся две системы по сервисному обслуживанию клиентов и управлению ЖЦ сложных инженерных объектов.

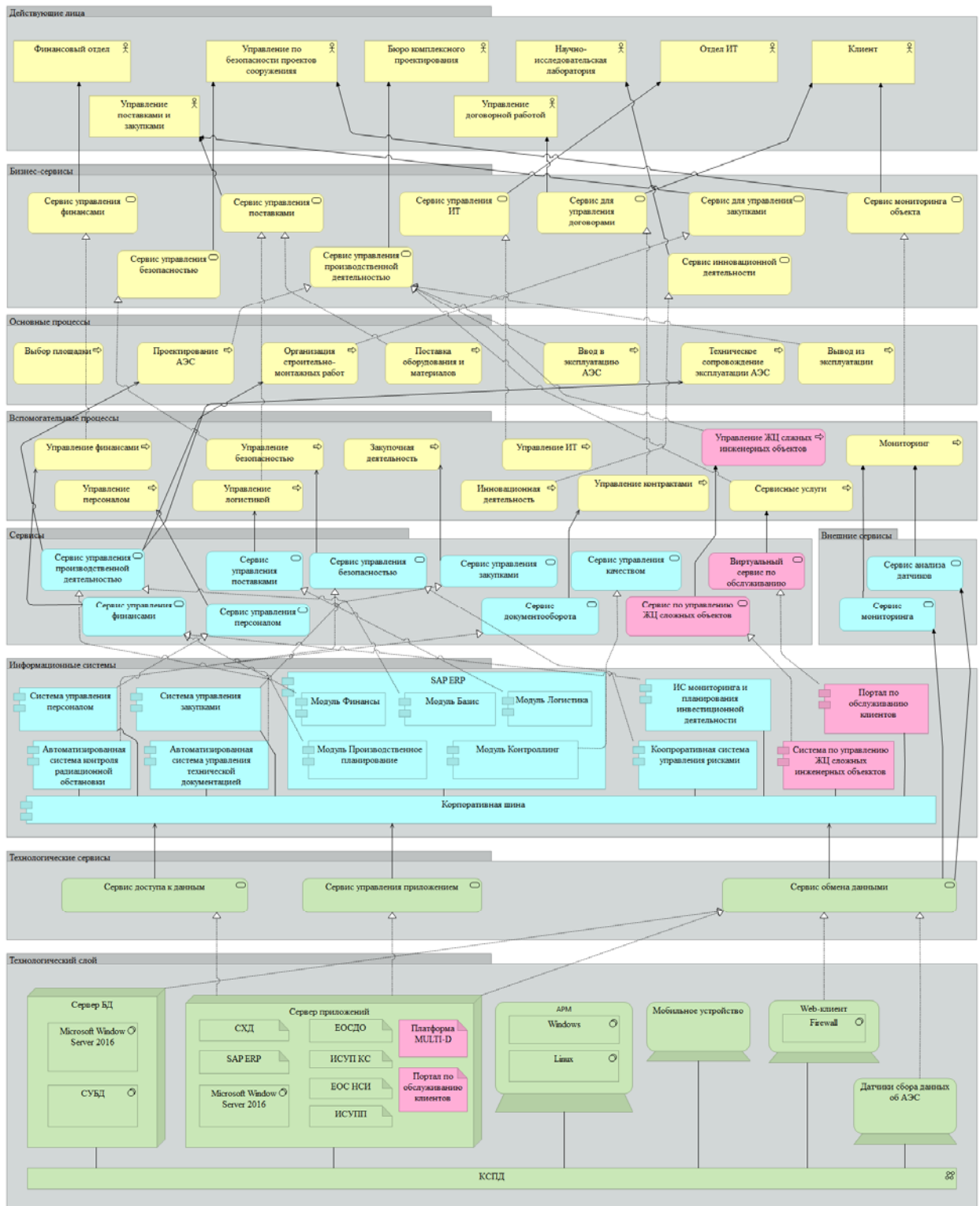


Рис. 4 – Целевое состояние архитектуры предприятия

В результате исследования был рассмотрен онтологический подход, имеющий ряд преимуществ. Разработка онтологии предприятия позволяет минимизировать вероятность ошибки при моделировании АП, создать

единый репозиторий данных АП и представляет возможность ускоренной актуализации объектов в онтологии в связи с возможностями экспорта и импорта разных моделей. С другой стороны, возможности онтологии предприятия ограничены из-за программного инструмента, который не имеет локализации и доступной документации для начинающего пользователя.

В связи с современными тенденциями неизменно растет сложность архитектуры предприятия, то есть появляется большое количество объектов и связей между ними. На примере данного исследования можно увидеть, что разработка онтологии и проведенный машинный анализ позволяет получить достоверные знания о предприятии, на основе которых возможно спроектировать целевое состояние предприятия. В будущем применение онтологий в архитектуре предприятия позволит разработать механизм для управления сложностью архитектурой предприятия с помощью искусственного интеллекта и машинного обучения.

В перспективе данного исследования предполагается изучение способов проверки на наличие несоответствий в различных моделях архитектуры предприятия в Protégé для получения наиболее достоверных знаний об архитектуре предприятия. А также изучение применения других плагинов/запросов в Protégé, использование которых позволит не только проводить машинный анализ в архитектуре предприятия, но и строить модели на основе полученных результатов оценки текущего и целевого состояния для стейкхолдеров.

### Литература

1. Богуславский И.В., Слюсарь Б.Н. Предприятие сферы высоких технологий: особенности менеджмента и управления // Инженерный вестник Дона, 2007, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/45](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/45).
2. Ontology Engineering in a Networked World, Mari Carmen Sua´rez-Figueroa Asuncio´n Go´mez-Pe´rez, Enrico Motta Aldo Gangemi, 2012, 456 p.



3. Business Process Ontologies: Speeding up Business Process Implementation by Dieter E. Jenz President, Jenz & Partner GmbH July, 2010, 22 p.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001, 384 с.
5. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Онтологический инжиниринг. // Журнал «Бизнес-информатика», ВШЭ, 2007, №2 URL: [cyberleninka.ru/article/v/ontologicheskiy-inzhiniring](http://cyberleninka.ru/article/v/ontologicheskiy-inzhiniring)
6. Кудрявцев Д.В., Зараменских Е.П., Арзуманян М.Ю. Разработка учебной методологии управления архитектурой предприятия. // Открытое образование. - №4. – 2017. – С.84-92.
7. Using Ontologies for Enterprise Architecture Integration and Analysis, Gonçalo Antunes, Marzieh Bakhshandeh, Rudolf Mayer, José Borbinha, Artur Caetano, 2014, 23 p.
8. Protégé - Stanford University. URL: [protege.stanford.edu](http://protege.stanford.edu)
9. Цвелик Е.А. Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/19715](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/19715).
10. TOGAF®, the Open Group standard. URL: [opengroup.org](http://opengroup.org)

### References

1. Boguslavskij I.V., Slyusar' B.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2007. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/45](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/45)
  2. Ontology Engineering in a Networked World, Mari Carmen Sua´rez-Figueroa Asuncio´n Go´mez-Pe´rez, Enrico Motta Aldo Gangemi, 2012, 456 p.
  3. Business Process Ontologies: Speeding up Business Process Implementation by Dieter E. Jenz President, Jenz & Partner GmbH July, 2010, 22 p.
  4. Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. Bazy znaniy intellektual'nykh sistem. [Knowledge bases of intellectual systems], SPb.: Piter, 2001, 384 p.
-



5. Avdoshin S.M., Hatilov M.P., Zhurnal biznes-informatika, 2007, №2. URL: [cyberleninka.ru/article/v/ontologicheskiy-inzhiniring](http://cyberleninka.ru/article/v/ontologicheskiy-inzhiniring)
6. Kudryavtsev D.V. Otkrytoe obrazovanie, №4, 2017, p.84-92.
7. Gonçalo Antunes, Marzieh Bakhshandeh, Rudolf Mayer, José Borbinha, Artur Caetano, 2014, 23 p.
8. Protégé - Stanford University. URL: [protege.stanford.edu](http://protege.stanford.edu)
9. Cvelik E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1971](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1971)
10. TOGAF®, the Open Group standard. URL: [opengroup.org](http://opengroup.org)