

УДК 629.7.01

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ОСНОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Д.В. Шустова

*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет), Самара, Россия
ShustovaDV@yandex.ru*

Аннотация

Современный период развития информационных технологий связан с интеллектуальной поддержкой процессов принятия решений, с совершенствованием методов и технологий взаимодействия пользователей с информационными системами. На сегодняшний день одним из наиболее интересных подходов в теории и практике разработки информационных систем, основанных на знаниях, является онтологический подход. В статье приведены результаты анализа существующих стандартов и редакторов онтологий. Описывается методика создания онтологий, предназначенных для использования в качестве семантических основ разрабатываемых информационных систем в предметной области «Проектирование и производство авиационной техники». Приведены примеры использования разработанной методики при проектировании - тезаурус предметной области «Самолет», являющийся семантической основой информационной системы «Робот-проектант», - и при производственном планировании - базовая онтология машиностроительного предприятия, являющаяся семантической основой при создании информационной системы «Smart Factory».

Ключевые слова: *информационная система, онтология, тезаурус, семантическая основа, сущность, связь.*

Введение

Увеличение эргономичности интерфейсного обеспечения, мощности баз данных и знаний в предметных областях (ПрО), связанных с проектированием и производством авиационной техники (ППАТ), коллективов разработчиков информационных систем (ИС) требует согласования данных и знаний, циркулирующих как в самих системах, так и находящихся в неформализованном виде у пользователей. Построение ИС на основе онтологического анализа ПрО и разработка семантических моделей этих областей как фундамента информационного и лингвистического обеспечения, существенно сокращает время на доводку разрабатываемых систем под новые задачи, повышает качество работ за счёт согласованности данных, процедур и интерпретации результатов моделирования.

Семантическая основа – это информационная модель ПрО, обработанная с учётом анализа взаимосвязи терминов и понятий этой ПрО и отношений между ними. Семантические основы ИС для ППАТ учитывают:

- особенности и специфику решаемых задач ПрО ППАТ;
- многопользовательский характер применения инструментариев;
- разный уровень компетенций и ответственности пользователей;
- сложившийся понятийный аппарат ПрО ППАТ.

1 Особенности создания онтологий

Онтология – это формальная спецификация концептуализации [1], смысловая модель предметной области [2]. Онтологии в общем виде определяются как совместно используемые формальные концепции конкретных ПрО, информацией из которых могут обмениваться люди и приложения [3].

Создание онтологии – сложный и длительный процесс. При её создании можно использовать языки представления онтологий [4] или воспользоваться конструктором онтологий – приложением, поддерживающим создание и управление онтологиями, импорт/экспорт в разные форматы, доступ к библиотекам онтологий, визуализацию, машины вывода, языки запросов. Конструктор онтологий позволяет вносить изменения в систему специалистам без навыков программирования, а также без прерывания работы системы [5]. Кроме этого на выбор того или иного конструктора онтологий оказывает существенное влияние предметная область и сфера деятельности.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных стандартов организации онтологических баз данных, определяющих структуру объектов и систем, является стандарт ISO 15926. В нём специфицируется принимаемая модель данных, определяющая значение сведений о жизненном цикле промышленного объекта в едином контексте. В соответствии со стандартом ISO 15926 классы в онтологии упорядочены в структуру (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура онтологии на базе стандарта ISO 15926

Основные сущности понятия «Онтология», показаны на рисунке 2. Создаваемая «Онтология ПрО ППАТ» является *одним из видов* «Онтологий в информатике». «Способом представления онтологии» для разрабатываемого робота-проектанта является «семантическая сеть» и «тезаурус», который *содержит* «термины», «определения», «отношения», «связи» и имеет «язык описания». Базовая онтология машиностроительного предприятия является *одним из видов* «Онтологий ПрО ППАТ». «Онтология МСП» представлена в виде «семантической сети», которая *содержит* «термины», «отношения», «связи» и «графическое представление» (см. рисунок 2, где: *has subclass* – ведущий тип отношений, *subclass some* – прочий тип отношений).

2 Методика создания онтологий в ПрО ППАТ

На основании рассмотренных стандартов (см. раздел 1), а также с учётом результатов исследований в области онтологий [1-10] предлагается методика создания онтологий в ПрО ППАТ, являющихся семантической основой разрабатываемых прикладных ИС. Методика

включает в себя некоторые правила и принципы разработки тезаурусов и онтологий, описанные в источниках [6-8], доработанные автором в соответствии со спецификой ПрО ППАТ. Основное содержание методики представлено ниже.

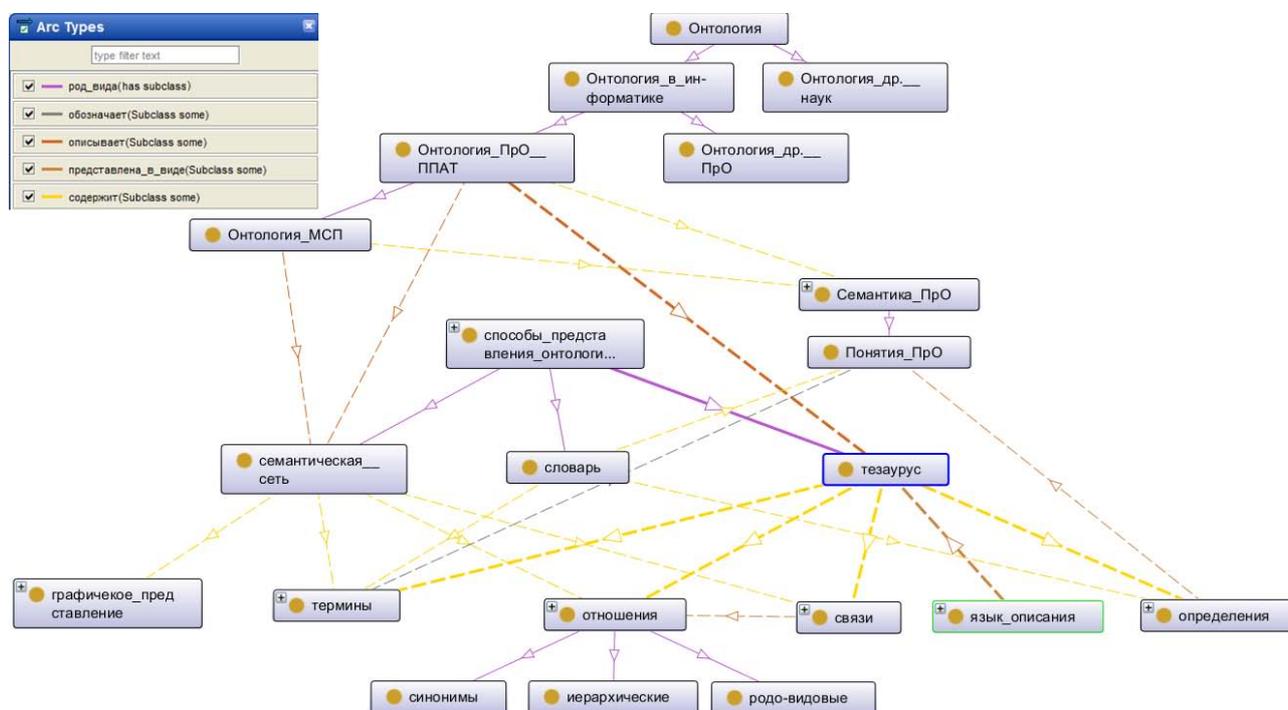


Рисунок 2 – Основные сущности понятия «Онтология»

1) *Определение ПрО создаваемой онтологии.*

Перед созданием онтологии необходимо найти глобальные границы исследуемой ПрО (самолетостроение, машиностроение, электротехника, двигателестроение, химическая промышленность, пищевое производство и др.) и локальные границы (одну или несколько стадий проектирования, один или все виды летательных аппаратов, автомобилей, двигателей и др.) для того, чтобы в процессе создания не перейти в смежную ПрО. Для определения границ не существует чётких правил, имеет значение только задача, под которую создаётся онтология. В процессе использования онтологии возможно добавление или удаление некоторых сущностей в зависимости от трансформации задач, например, при использовании онтологии ПрО «Самолёт» на предприятии, специализирующемся на выпуске двигателей, возможно добавление в существующую онтологию сущностей ПрО «Авиационное двигателестроение».

2) *Определение причин создания онтологии.*

Потребность в разработке онтологии может возникнуть по многим причинам, например:

- *Для анализа, обучения и повторного использования знаний в ПрО.*
Декларативная спецификация терминов ПрО, а также графическое представление (семантическая сеть) позволяют анализировать и получать знания в выбранной ПрО. Явные спецификации знаний в ПрО полезны для новых пользователей, которые могут узнать значения терминов этой ПрО [6]. При расширении или создании онтологий в выбранной или смежных ПрО возможно интегрировать несколько существующих онтологий.
- *Для использования структурированной информации исследуемой ПрО при создании ИС.*
Онтология может являться семантической основой при создании ИС. Часто онтология

ПрО сама по себе не является целью. При разработке онтологии определяется набор данных и их структура для использования прикладными программами.

3) **Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий.**

Перед началом разработки онтологии необходимо изучить и учесть наличие онтологий в выбранной ПрО. Если такие онтологии существуют, необходимо проверить возможность их использования или расширения.

4) **Изучение ПрО и определение масштаба создаваемой онтологии.**

В процессе создания онтологии, в зависимости от трансформации задач, границы ПрО (глобальные и локальные) и масштаб онтологии (количество сущностей и их экземпляры, содержащиеся в онтологии) могут быть изменены, но на разных этапах проектирования онтологии они помогают ввести ограничения и придерживаться заданных параметров. Масштаб онтологии может быть ограничен быстродействием и/или памятью устройства, на котором используется онтология.

5) **Определение предполагаемых вариантов и сценариев использования.**

Необходимо предположить или точно определить варианты (в учебном процессе, на промышленном предприятии, в бизнесе и др.) и сценарий (учебный план, техническое задание, бизнес-процесс и др.) использования создаваемой онтологии, т.к. от него зависит:

- вид представления онтологии (см. рисунок 2);
- определение целевой группы (пользователей или разработчиков);
- определение требований к рабочей среде, языку онтологии.

Если онтология будет использоваться в качестве семантической основы для ИС, необходимо уточнить у разработчиков ИС какой именно вид представления онтологии им потребуется. При использовании онтологии в учебном процессе необходимо продумать интуитивность и удобство поиска терминов и связей, а также графическую составляющую.

6) **Выбор онтологического редактора.**

С учетом ISO 15926 и Коммюнике онтологического Саммита [9], которое отражает вопросы оценки онтологий в течение всего жизненного цикла и последние тенденции в области создания и поддержки прикладных онтологий, как основ ИС, в качестве критериев для сравнительного анализа онтологических редакторов следует принимать во внимание:

- открытость системы, удобство работы (интуитивность);
- наличие доступного материала для самообучения;
- возможность импортирования данных из СУБД;
- поддержка формата OWL.

7) **Определение терминологической базы и методов её расширения.**

После того, как определена ПрО, в которой будет создаваться онтология и изучены работы в этой ПрО, необходимо определить какие из этих работ (учебники, учебные пособия, словари, справочники, статьи) будут использованы при создании ПрО. Кроме этого необходимо учитывать знания и опыт специалистов выбранной ПрО на протяжении всего жизненного цикла онтологии [9]. Также терминологическая база и методы её расширения могут изменяться как во время создания, так и во время использования онтологии.

8) **Определение ведущего типа отношений между сущностями.**

Сущности в онтологии образуют классы и подклассы. Классы онтологии составляют таксономию — иерархию понятий по отношению вложения [10]. Существует несколько возможных подходов для разработки иерархии классов в онтологии [8]:

- процесс нисходящей разработки (определение самых общих понятий ПрО с последующей конкретизацией);
- процесс восходящей разработки (определение самых конкретных низших классов иерархии с последующей группировкой этих классов в более общие понятия);

- процесс комбинированной разработки (сочетание нисходящего и восходящего подходов, определение более значимых понятий с последующим обобщением и ограничением).

При создании онтологий в наукоемких ПрО, таких как ППАТ, отличающихся большим количеством информации и трансформацией задач на протяжении всего жизненного цикла онтологии, предлагается использовать процесс нисходящей разработки, а именно, начинать создание онтологии с определения ведущего типа отношений (часть-целое, род-вид и др.) в соответствии с ГОСТ [6]. В онтологию, содержащую сущности, связанные только ведущим типом отношений, предлагается добавлять сущности с другими типами отношений путём установливания между ними связей-ассоциаций, определяемых с помощью предикатов (см. пример в разделах 3 и 4, п.8).

9) **Корректировка масштаба онтологии.**

Выбор (см. позицию 4) масштаб онтологии на протяжении создания онтологии может изменяться. На последних этапах создания онтологии необходимо определить:

- достаточно ли сущностей в онтологии для того, чтобы использовать её в соответствии с выбранным сценарием;
- есть ли необходимость расширения созданной или слияния нескольких онтологий;
- есть ли необходимость включения в онтологию экземпляров классов.

Слияние онтологий подразумевает расширение выбранной онтологии путём добавления в неё нескольких онтологий. При слиянии онтологий необходимо принимать во внимание родовидовые и ассоциативные отношения, наличие синонимов и омонимов, а так же уровень иерархии.

Проверка и установление недостающих ассоциативных связей между сущностями в онтологии, полученной путем слияния двух онтологий, является трудоёмким процессом и может привести к ошибкам. Тем не менее, возможность слияния онтологий позволяет распределить задания между несколькими разработчиками и одновременно создавать несколько онтологий с последующим их объединением.

10) **Использование онтологии в соответствии с выбранным сценарием.**

После начала использования онтологии в ИС, для которой она создавалась, можно оценить её качество. Например, если онтология используется в учебном процессе, целесообразно провести опрос пользователей (преподавателей и студентов) с целью выявления достоинств и недостатков работы с созданной онтологией. При использовании онтологии на промышленном предприятии, можно провести сравнительную оценку качества работ до и после использования онтологии.

3 Тезаурус как семантическая основа интеллектуального помощника проектанта

Разрабатываемый в СГАУ помощник проектанта («робот-проектант») [11] - это, с одной стороны, проект ИС для обучения студентов и магистрантов предварительному проектированию самолёта, с другой стороны, - это прототип будущих интеллектуальных ИС, который отрабатывается и верифицируется на ПрО «предварительное проектирование самолёта».

Ниже описаны особенности создания онтологии в виде тезауруса ПрО ППАТ (проектирование самолёта) на основе разработанной методики.

1) Определение ПрО создаваемой онтологии.

Глобальной ПрО является самолётостроение, локальной – этап предварительного проектирования самолёта.

2) Определение причин создания онтологии.

Для разработки ИС «Робот-проектант» необходима семантическая основа и интегратор всех компонент будущей ИС.

3) Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий.

Повторное использование иных созданных онтологий невозможно, т.к. на сегодня отсутствуют онтологии в ПрО ППАТ, созданные с учётом специфики данной ПрО и в заданном формате (графическое представление, OWL).

4) Изучение ПрО и определение масштаба создаваемой онтологии.

Создаваемый тезаурус должен содержать основные сущности выбранной ПрО. В данном случае это этап предварительного проектирования самолёта, в процессе которого связываются воедино различные аспекты проектирования самолёта, касающиеся исследования его геометрических, весовых, аэродинамических характеристик, состава оборудования и снаряжения, лётно-технических данных и траекторий полёта.

Ограничений на масштаб или размер тезауруса не вводилось. К настоящему моменту (2015 год) онтология ПрО «проектирование самолёта» содержит 1226 терминов и 505 логических ассоциативных связей. Масштаб планируется увеличивать в соответствии с изменением (расширением) решаемых задач.

5) Определение предполагаемых сценариев использования.

Тезаурус используется в качестве семантической основы и интегратора всех компонент в ИС «Робот-проектант».

6) Выбор онтологического редактора.

На основе проведённого сравнительного анализа онтологических редакторов [12] для построения онтологий можно рекомендовать для использования онтологический редактор Protégé [13]. Принципы создания тезауруса ПрО «проектирование самолёта» с использованием редактора Protégé описаны в статье [14].

7) Определение терминологической базы и методов ее расширения.

Общая терминология ПрО ППАТ (проектирование самолёта), включённая в тезаурус, основана на морфологических таблицах, матрицах проектов, сценариях и методиках проектирования, а также учебниках [15], терминологических словарях [16], энциклопедиях [17]. Кроме этого, тезаурус создан с учётом знаний и опыта специалистов ПрО ППАТ.

8) Определение ведущего типа отношений между сущностями.

Понятия в онтологии, представленной в виде тезауруса (O_T), организованы в таксономию. Тезаурус определяется как

$$O_T = \langle X, R_x, R \rangle$$

где X — конечное множество понятий ПрО, R_x — отношение «род-вид» между понятиями, R — конечное множество отношений между экземплярами понятий.

Установление родовидовых отношений между терминами в тезаурусе реализуется в соответствии с ГОСТ 7.25-2001 [6]. Родовидовая связь устанавливается между двумя дескрипторами, если объём понятия нижестоящего дескриптора входит в объём понятия вышестоящего дескриптора. Например, «крыло» и «оперение» являются одним из видов «несущих поверхностей», «несущие поверхности», являются одним из видов «конструктивных частей самолёта», а «конструктивные части самолёта» - одним из видов «конструкции» и т.д. (рисунок 3).

В случае, если между терминами (например «самолёт» - «конструкция», «самолёт» - «двигатель», «самолёт» - «параметры» и т.д.) нельзя установить иерархические родовидовые отношения («конструкция» и «двигатель» не являются одним из видов «самолёта») и они не являются синонимами, но состоят в отношениях принадлежности: «самолёт» имеет

«конструкцию», «самолёт» имеет «двигатель», «самолёт» имеет «параметры» и т.д., предлагается устанавливать связи-ассоциации, определяемые с помощью предикатов.



Рисунок 3 – Установление иерархической родо-видовой связи между терминами

В Protégé отношения ассоциации отображаются пунктирными линиями, стрелки показывают направление, в котором связаны термины (рисунок 4).

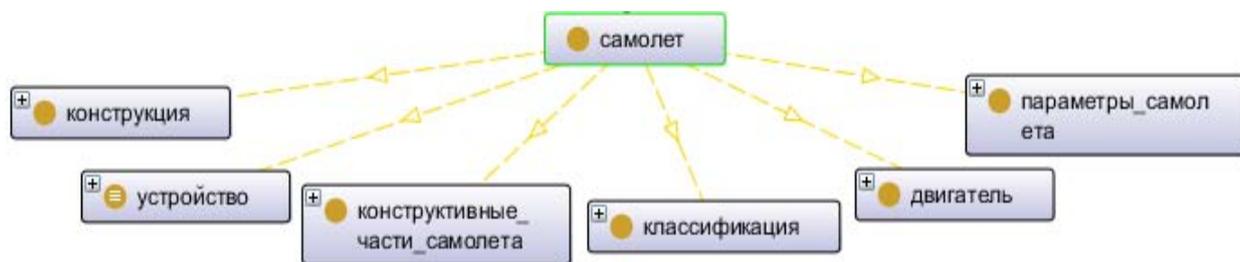


Рисунок 4 - Ассоциативные связи принадлежности («имеет») между терминами

Ассоциативные связи полезны при поиске сущностей в онтологии, т.к. позволяют обнаружить дополнительные дескрипторы по искомой тематике.

9) Корректировка масштаба онтологии.

Расширение тезауруса подразумевает наполнение существующих классов иерархии подклассами, а также заполнение классов экземплярами.

10) Использование онтологии в соответствии с выбранным сценарием.

Использование тезауруса в качестве семантической основы позволяет получать полное описание характеристик исследуемого объекта – самолёта, обеспечивать информационную поддержку работы в этой ПрО при разработке ИС «Робот-проектант» и интегрировать все компоненты этой ИС.

Одной из важных составляющих самолёта является крыло. Ниже представлена семантическая сеть фрагмента тезауруса – класс «Крыло», формализуемая и представленная в онто-редакторе Protégé (рисунок 5).

Формирование содержательной части экранных форм разрабатываемой ИС «Робот-проектант» строится на основе тезауруса. На рисунке 6 показан один из экранов ИС «Робот-проектант» с сущностями тезауруса «проектирование самолёта» на примере фрагмента, реализующего класс «Крыло».

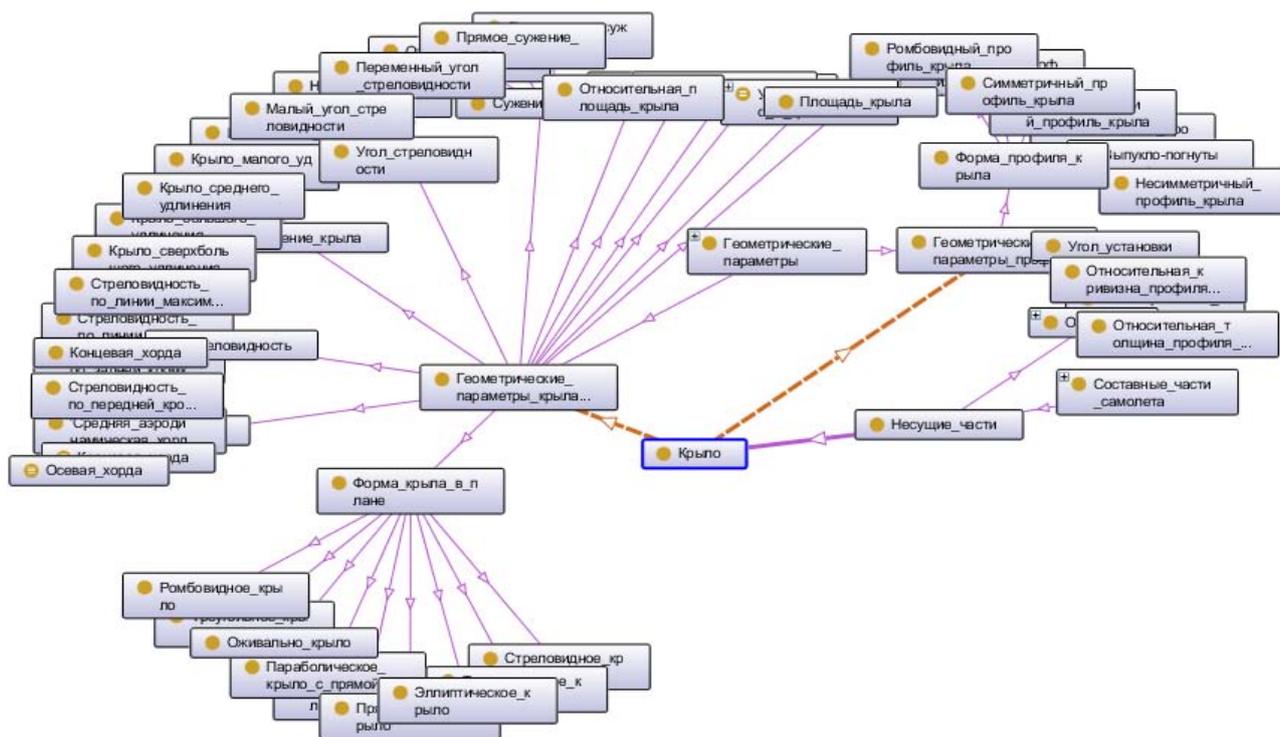


Рисунок 5 – Описание класса «Крыло» в Protégé

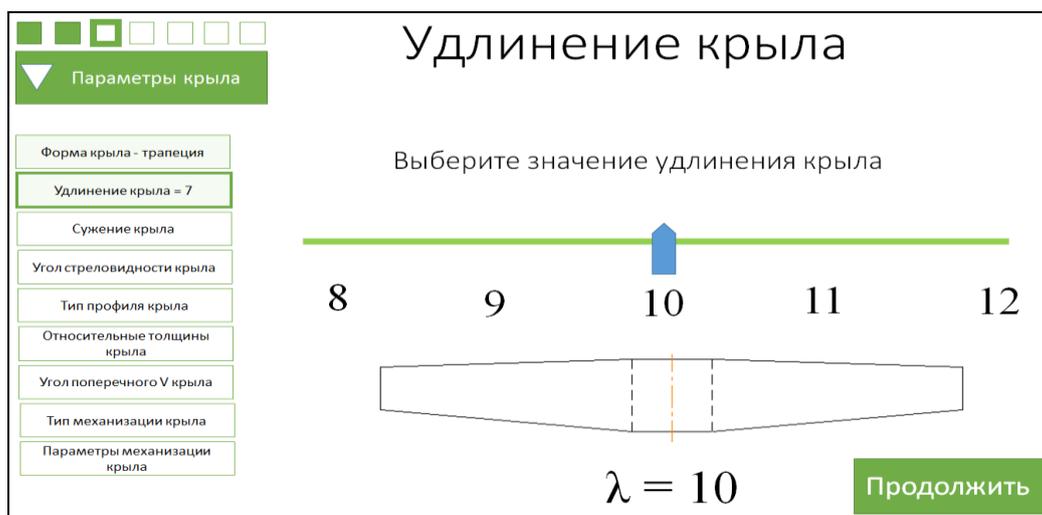


Рисунок 6 - Экран ИС «Робот-проектант» с сущностями тезауруса «Самолёт»

4 Базовая онтология машиностроительного предприятия как семантическая основа построения производственных ИС

Онтология предприятия – это формализованное описание знаний о ПрО каждого отдельно взятого предприятия. Онтология является семантической основой при создании ИС производственного планирования.

Ниже описаны особенности создания базовой онтологии машиностроительного предприятия на основе разработанной методики.

- 1) Определение ПрО создаваемой онтологии.

ПрО, в которой создается онтология, является ведущее машиностроительное предприятие ОАО «Кузнецов», специализирующееся на производстве и ремонте авиационных газотурбинных двигателей, жидкостных ракетных двигателей для космических ракет, приводов газоперекачивающих агрегатов и блочно-модульных электростанций [18].

2) Определение причин создания онтологии.

При создании автоматизированной системы производственного планирования «Smart Factory», разработанной НПК «Разумные решения» (г. Самара), необходима семантическая основа в виде базовой онтологии предприятия.

3) Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий.

До настоящего времени отсутствовало семантическое формализованное описание ПрО, поэтому повторное использование невозможно. ИС планирования производства на основе мультиагентных технологий создавалось на предприятии ОАО «Кузнецов» впервые [19].

4) Изучение ПрО и определение масштаба создаваемой онтологии.

Документы, регламенты, а также результаты анкетирования сотрудников предприятия и проведенный анализ ПрО способствовали выявлению сущностных связей и отношений в производстве, необходимых для построения базовой онтологии, позволили сформулировать требования к разрабатываемой ИС, основные из которых изложены в [19].

В онтологии машиностроительного предприятия выделены восемь основных сущностей (рисунок 7):

- предприятие и все его сущности являются *объектами управления*;
- управление предприятием – *субъекты предприятия* (работники);
- документы – *средства управления*;
- материальные ресурсы – *производственные ресурсы*;
- выпускаемая продукция – *результат деятельности* (управления);
- оборудование – *средства для получения результата деятельности*;
- процессы – *процессы, выполняемые сущностями*;
- заказчики – *субъекты, оказывающие воздействие на процессы, выполняемые сущностями*.

Эти сущности предприятия являются фундаментальными и практически неизменны для любого машиностроительного предприятия. В зависимости от специфики исследуемой ПрО их можно дополнить, тем самым изменить масштаб онтологии.

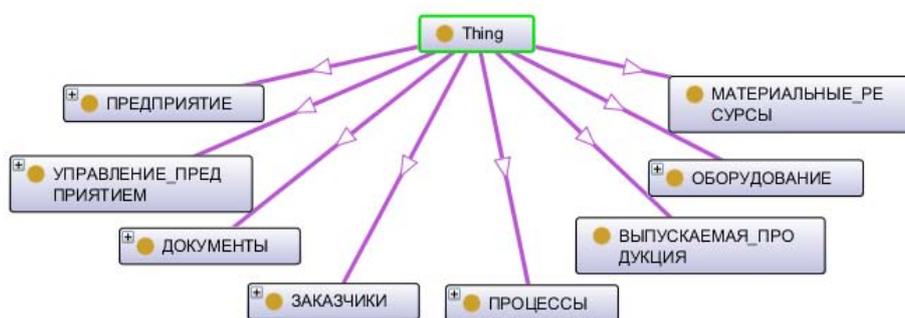


Рисунок 7 – Основные сущности машиностроительного предприятия

5) Определение предполагаемых сценариев использования.

Онтология машиностроительного предприятия является формализованным представлением исследуемого предприятия и выступает в роли семантической основы на этапе разработки ИС, предназначенной для производственного планирования. Онтология определяет выбор методов и технологий решения задач, а на этапе запуска системы в производство является связующим звеном между работниками предприятия и программным обеспечением.

6) Выбор онтологического редактора.

Онтологический редактор Protégé 4.2 beta [13]. Критерии выбора описаны в разделе 2 (п.6).

7) Определение терминологической базы и методов её расширения.

Онтология предприятия строится на основе информации о предприятии в форме регламентов и структурно-функциональных схем.

8) Определение ведущего типа отношений между сущностями.

Для создания базовой онтологии машиностроительного предприятия всем сущностям предприятия сопоставлены понятия, атрибуты, экземпляры, а между ними выстроены иерархические и ассоциативные отношения.

Каждая из сущностей (см. рисунок 7) содержит подклассы. Например, для концепта «ПРЕДПРИЯТИЕ» это структурные элементы машиностроительного предприятия: цехи, отделы, бюро и др. Для «УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ» - управляющий персонал или субъекты управления: директора, начальники цехов, инженеры, рабочие и пр. Для «ДОКУМЕНТЫ» - данные о документации машиностроительного предприятия: разрешительные документы, регламентирующие документы, ключи доступа и т.п.

При создании базовой онтологии принято допущение общей структуры для всех цехов предприятия, иерархической связи между понятиями и составляющими структуры предприятия, управления предприятием, документов, материальных ресурсов и выпускаемой продукции. Кроме того, очевидно, что отношения между этими понятиями не ограничиваются иерархическими связями, поэтому были установлены многочисленные связи-ассоциации.

На рисунке 8 (на примере структуры управления планово-диспетчерского отдела) сплошной линией изображены связи иерархии (подчинённость сотрудников), а пунктирными – ассоциативные связи («курирует», «управляет»).

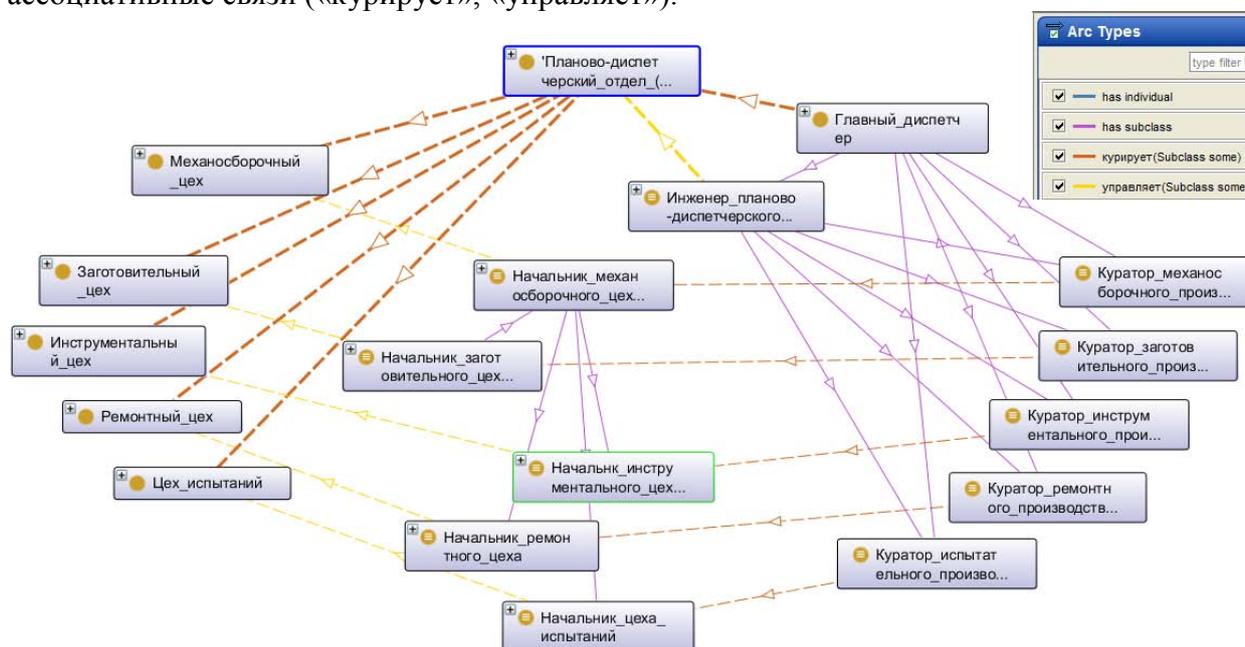


Рисунок 8 – Структура управления планово-диспетчерского отдела

9) Корректировка масштаба онтологии.

Базовая онтология машиностроительного предприятия может расширяться и дополняться в соответствии с изменением структуры предприятия или трансформацией решаемых задач.

10) Использование онтологии в соответствии с выбранным сценарием.

Большинство современных машиностроительных предприятий работают в среде «производство на заказ», когда заказчик размещает конкретный заказ на конкретную продукцию, указывая при этом требуемое количество и дату поставки. На рисунке 9 приведён фрагмент семантической сети процесса выполнения заказа. Например, *мастер смены* получает и выполняет *сменно-суточные задания*, а также *проставляет отметку о выполнении задания*. *Мастер смены* подчиняется *начальнику участка*, который в свою очередь *подготавливает производственное расписание*.

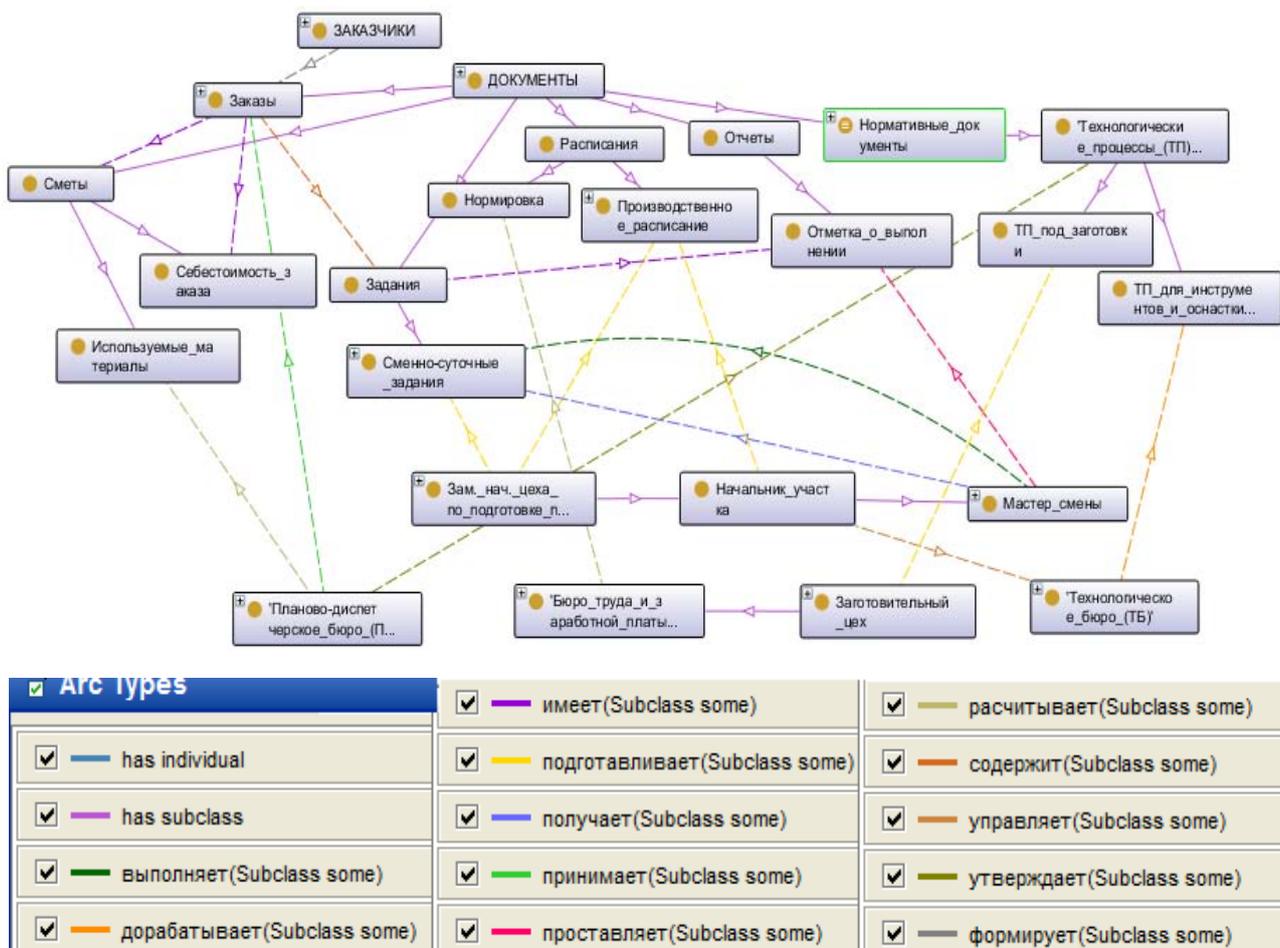


Рисунок 9 – Фрагмент семантической сети процесса выполнения заказа

Таким образом, описана семантика рабочего процесса, выполняемого мастером смены и начальником участка, все сущности этого процесса связаны между собой, а знания формализованы и использованы при создании ИС.

На рисунке 10 показано окно главного меню мультиагентной ИС производственного планирования «Smart Factory», разработанной НПК «Разумные решения» для ОАО «Кузнецов» с использованием сущностей базовой онтологии машиностроения.

Планирование заказа в системе «SmartFactory», построенной на основе базовой онтологии машиностроения, представлено на рисунке 11 в форме учебного примера, подготовленного для курса «Онтология производственной сферы», изучаемого в СГАУ.

Наряду с мультиагентной парадигмой распределения ресурсов и работ на предприятии в онтологии предприятия используется принцип ответственности, основанный на традиционной иерархической парадигме.

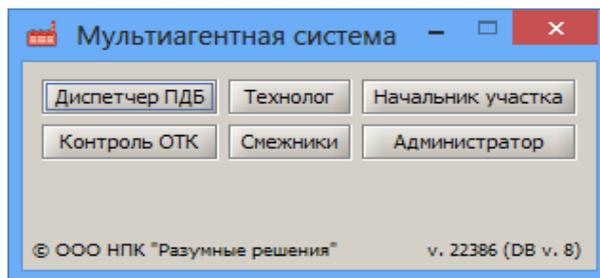


Рисунок 10 – Окно выбора рабочего экрана системы производственного планирования «Smart Factory»

№ операции	Тип операции	Модель обор...	Специальность	Разряд работы	Тарифный ра...	Т шт	Время подгот...	Время вылек...	Переходы	Группа
001	Слесарная	-	Слесарь	4	0	0,15	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
002	Контроль ул...	-	Контроллер	3	0	0,12	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
003	Токарная	-	Токарь	5	0	0,4	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
004	Контроль	-	Контроллер	2	0	0,8	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
005	Токарная	-	Токарь	5	0	0,61	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
006	Протяжка	-	Протяжник	3	0	0,5	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
007	Токарная	-	Токарь	5	0	0,35	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
008	Протяжка	-	Протяжник	2	0	0,5	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
009	Полировальная	-	Полировщик	3	0	0,34	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
010	Прочувка	-	Прочувщик	1	0	0,2	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
011	Слесарная	-	Слесарь	4	0	0,1	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
012	Балансировка	-	Балансировщик	2	0	0,15	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
013	Фрезерная	-	Фрезеровщик	3	0	0,12	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
014	Токарная	-	Токарь	5	0	0,23	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
015	Слесарная	-	Слесарь	4	0	0,13	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
016	Токарная	-	Токарь	5	0	0,17	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
017	Фрезерная	-	Фрезеровщик	3	0	0,8	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
018	Слесарная	-	Слесарь	4	0	0,2	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-
019	Упаковка	-	Упаковщик	5	0	0,3	0	0:00	<input type="checkbox"/>	-

Технология	Плановая трудоемкост...	Количество по специф...	Характеристика	Единица измерения	Цех-исполнитель	Площадь
Диск компрессора_1	154,25	5	Требуется	штук	№18	-

Рисунок 11 – Планирование заказа в системе «Smart Factory», построенной на основе базовой онтологии машиностроения

В разработке ИС производственного планирования базовая онтология машиностроения явилась прикладным инструментом и обеспечила разработчиков ИС полной информацией о предприятии, его структуре, протекающих в нём бизнес-процессах. Онтология, построенная на основе обработки и анализа информации, позволила не только описать исследуемую ПрО и решаемые в ней задачи, и тем самым зафиксировать знания о ПрО, но и использовать эти знания при формировании шаблонов экранов, структуры баз данных, отработке сценария работы с ИС.

Заключение

Проведённый анализ существующих стандартов, языков моделирования, редакторов онтологий позволил исследовать возможности создания семантических моделей ПрО ППАТ и разработать методику создания онтологий в ПрО ППАТ, являющихся семантическими основами при создании прикладных ИС.

С учётом разработанной методики создан тезаурус ПрО «самолёт», который является семантической основой разрабатываемой в СГАУ системы робот-проектант и используется в

обучении студентов. Создана базовая онтология машиностроительного предприятия, которая послужила основой при создании мультиагентной системы производственного планирования «Smart Factory», разработанной НПК «Разумные решения» для ОАО «Кузнецов» (г. Самара). За счёт внедрения системы с использованием семантической основы стало возможным:

- существенно упростить интеграцию с существующей на заводе ERP-системой «Кузнецов» для расчёта заработной платы сотрудникам (за счёт единого формата представления данных в модели машиностроительного предприятия, обеспечивающего формализованную запись знаний в онтологии машиностроения);
- обеспечить быструю реакцию на непредсказуемые события (новый заказ, поломки оборудования и т.д.) за счёт единого понятийного аппарата в основе онтологии машиностроения, сокращающего время на обработку запросов мультиагентной системой;
- уменьшить влияние негативного человеческого фактора (ошибки, опечатки и т.д.) при принятии решений (за счёт единой терминологической базы в онтологии машиностроения);
- увеличить производительность цеха с тем же количеством имеющихся ресурсов, а также повысить прозрачность бизнес-процессов в производственных цехах.

Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ и НПК «Разумные решения» за консультации при создании онтологий в ПрО ШПАТ, научному руководителю Н.М. Боргесту за оказанное доверие и передаваемый опыт в области онтологического моделирования, а также Министерству образования и науки РФ за финансовую поддержку проведённых исследований.

Список источников

- [1] *Gruber, T.* A translation approach to portable ontology specifications / T. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. - Vol. 5. – P. 199-220.
- [2] *Смирнов, С.В.* Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2013. - №2(8). – С. 12-19.
- [3] *Овдей, О.М.* Обзор инструментов инженерии онтологий / О.М. Овдей, Г.Ю. Проскудина // Институт программных систем НАН Украины. – <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part4/op>
- [4] *Гаврилова, Т.А.* Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. - СПб.: Питер, 2000. – 382 с.
- [5] *Боргест, Н.М.* Онтология проектирования: теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы / Н.М. Боргест. - Самара: Изд-во СГАУ, 2010. – 88 с.
- [6] ГОСТ 7.25-2001 СИБИД. Тезаурус информационно-поисковый одноязычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления – http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_7252001_SIBID_Tezaurus_in.html.
- [7] *Лукашевич, Н.В.* Тезаурусы в задачах информационного поиска / Н.В. Лукашевич. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – 512 с.
- [8] *Natalya, F.N.* Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology / F.N. Natalya, D.L. McGuinness // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
- [9] Коммюнике онтологического саммита 2013 // Онтология проектирования. – 2013. - №2(8). – С. 66-74.
- [10] *Добров Б. В.* Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения / Добров Б. В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 173 с.
- [11] *Боргест, Н.М.* Робот-проектант: фантазия и реальность / Н.М. Боргест, А.А. Громов, А.А. Громов, Р.Х. Морено, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова, С.А. Одинцова, Ю.Е. Княжихина // Онтология проектирования. – 2012. - №4(6) - С. 73-94.
- [12] *Боргест, Н.М.* Программное обеспечение онтологии концептуального проектирования самолета / Н.М. Боргест, А.В. Глушков, А.В. Петровский, Д.В. Шустова // Перспективные информационные техноло-

- гии для авиации и космоса (ПИТ-2010): Избранные труды Международной конф. с элементами научной школы для молодежи. – Самара: СГАУ, 2010. - С. 348-352.
- [13] Protégé. – <http://protege.stanford.edu>.
- [14] **Боргест, Н.М.** Принципы создания тезауруса «проектирование самолета» с использованием редактора Protégé / Н.М. Боргест, Д.В. Шустова, С.Р. Гиматдинова // 13-я Национальная конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16-20 октября 2012 г., Белгород, Россия): Труды конф. Т. 3. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - С. 186-193.
- [15] **Егер, С.М.** Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев, А. А. Бадягин, В. Е. Ротин, Ф. И. Склянский, Н. А. Кондратов, В. А. Киселев, И. А. Фомин. // Под ред. С. М. Егера. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2005. — 616 с.
- [16] **Боргест, Н.М.** Краткий словарь авиационных терминов / Н.М. Боргест, А.И. Данилин, В.А. Комаров // Под ред. В.А. Комарова. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 224 с.
- [17] Большой энциклопедический словарь (БЭС). – <http://www.slovopedia.com>.
- [18] ОАО «Кузнецов» – <http://www.kuznetsov-motors.ru/company>.
- [19] **Шпилевой, В.Ф.** Разработка мультиагентной системы «Smart Factory» для оперативного управления ресурсами в режиме реального времени / В.Ф. Шпилевой, П.О. Скобелев, Е.В. Симонова, А.В. Царёв, С.С. Кожевников, Э.В. Кольбова, И.В. Майоров, Я.Ю. Шепилов // Информационно-управляющие системы. – 2013. №6(67). – С. 91-98

APPROACH TO DEVELOPING A SEMANTIC BASIS OF INFORMATION SYSTEMS FOR AIRCRAFT SYSTEMS DESIGN AND PRODUCTION

D.V. Shustova

*Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University),
Samara, Russia
ShustovaDV@yandex.ru*

Abstract

The modern period of development of information technologies is closely connected with intellectual support of decision-making processes, with the improvement of methods and technologies for users to interact with information systems. Today, one of the most interesting approaches in the theory and practice of information knowledge-based systems is the ontological approach. The paper presents the results of an analysis of existing standards and ontology editors. The paper gives insight on how to create ontologies that are to be used as semantic foundations for developed information systems for design and manufacture of aircraft domain. Examples of the use of the developed technique for the design of - Thesaurus about the “airplane”, which serves as the basis of semantic information system “robot designer”; basic ontology of an engineering enterprise for a production planning system, which is a semantic basis for the creation of information system “Smart Factory”, are presented.

Key words: *information system, ontology, thesaurus, semantic basis, relationship, entity*

Acknowledgment

The author expresses his gratitude to the staff of the Department of aircrafts design SSAU and "Smart Solutions" company for advice when creating ontologies, prof. Borgest N.M. for the transfer of experience in the field of ontological modeling, as well as the Ministry of Education and Science for financial support of conducted research.

References

- [1] **Gruber, T.** A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 1993, V. 5, pp.199-220.
- [2] **Smirnov, S.V.** Ontologii kak smyslovye modeli [Ontology as a semantic model] / S.V. Smirnov // Ontologia proektirovaniya. - 2013. - №2 (8) – pp. 12-19. ISSN 2223-9537 / 2313-1039 (In Russian).
- [3] **Ovdey, O.M.** Obzor instrumentov inzenierii ontologii [Overview ontology engineering tools] / O.M. Ovdey, G.Y. Proskudina // Program Systems Institute of the NAS of Ukraine. - <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part4/op> (In Russian).

- [4] **Gavrilova, T.A.** Bazy znaniy intellektual'nykh sistem [Knowledge base of intelligent systems] / T.A. Gavrilova, V.F. Khoroshevskiy. - SPb.: Piter, 2000. - 382 p. (In Russian).
- [5] **Borgest, N.M.** Ontologia proektirovaniya: teoreticheskie osnovy. Chast' 1. Ponyatiya i printzipi [Ontology design: theoretical basis. Part 1: Concepts and Principles] / N.M. Borgest. - Samara: Publishing House of SSAU, 2010. - 88 p. (In Russian).
- [6] GOST 7.25-2001 SIBID. Thesaurus monolingual information retrieval. Terms of development, structure, composition and presentation - http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_7252001_SIBID_Tezaurus_in.html (In Russian).
- [7] **Lukashevich, N.V.** Tezaurusy v zadachakh informatsionnogo poiska [Thesauri in problems of information retrieval] / N.V. Lukashevich. - M.: Publishing House of MSU, 2011. - 512 p. (In Russian).
- [8] **Natalya, F.N.** Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology / F.N. Natalya, D.L. McGuinness // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
- [9] Kommynike ontologicheskogo sammita 2013 [Ontology Summit 2013 Communiqué] // Ontologia proektirovaniya. - 2013. - No. 2(8) - pp. 66-74. ISSN 2223-9537 / 2313-1039. (In Russian).
- [10] **Borgest, N.M.** Robot-proyektant: fantaziya i real'nost' [Robot designer: fantasy and reality] / N.M. Borgest, A.A. Gromov, A.A. Gromov, A.D. Moreno, M.D. Korovin, D.V. Shustova, S.A. Odintsova, Y.E. Knyazikhina // Ontologiya proektirovaniya. - 2012. - No. 4(6) - pp. 73-94. ISSN 2223-9537 / 2313-1039 (In Russian).
- [11] **Borgest, N.M.** Programmnoe obespechenie ontologii kontseptual'nogo proektirovaniya samolyota [Software ontology conceptual design of the aircraft] / N.M. Borgest, A.V. Glushkov, A.V. Petrovsky, D.V. Shustova // Advanced information technologies for aviation and space (PIT-2010): Proc. of the International Conference with the elements of scientific school for young people. - Samara: Publishing House of SSAU, 2010 - pp. 348-352. (In Russian).
- [12] **Protégé.** Ontology editor - <http://protege.stanford.edu>
- [13] **Borgest, N.M.** Printsipy sozdaniya tezaurusa «proyektirovaniye samoleta» s ispol'zovaniyem redaktora Protégé [Principles of Creating a thesaurus “aircraft design” using the editor Protégé] / N.M. Borgest, D.V. Shustova, S.R. Gimatdinova // The 13th National Conference on Artificial Intelligence CAI 2012 (16-20.10.2012, Belgorod, Russia): Proc. Vol. 3. - Belgorod: Publishing House of BGTU, 2012. - pp. 186-19 (In Russian).
- [14] **Jaeger, S.M.** Proyektirovaniye samoletov: Uchebnik dlya vuzov [Design of aircraft: Textbook for universities] // S.M. Jaeger, V.F. Mishin, N.K. Liseysev, A. A. Badyagin, V. Ye. Rotin, F. I. Sklyanskiy, N. A. Kondratov, V. A. Kiselev, I. A. Fomin. // Ed.: S.M. Jaeger. - 3rd ed., Rev. and add. - M.: Mashinostroenie, 1983. - 616 p. (In Russian).
- [15] **Borgest, N.M.** Kratkiy slovar' aviatsionnykh terminov [Concise Dictionary of aviation terms] / N.M. Borgest, A.I. Danilin, V.A. Komarov // Ed.: V.A. Komarov. - M.: Publishing House of the MAI, 1992. - 224 p. (In Russian).
- [16] **Bol'shoy entsiklopedicheskiy slovar'** (BES) [Great Encyclopedic Dictionary (GED)] - <http://www.slovopedia.com>. (In Russian).
- [17] “Kuznetsov” JSC - <http://www.kuznetsov-motors.ru/company>.
- [18] **Shpilevoy, V.F.** Razrabotka mul'tiagentnoy sistemy «SmartFactory» dlya operativnogo upravleniya resursami v rezhime real'nogo vremeni [The development of multi-agent system “SmartFactory” for operational management of resources in real-time] / V.F. Shpilevoy, P.O. Skobelev, E.V. Simonova, A.V. Tsarev, S.S. Kozhevnikov, E.V. Kol'bova, I.V. Mayorov, Ya. Yu. Shepilov // Information and Control Systems. - 2013. - No. 6(67). - pp. 91-98 (In Russian).

Сведения об авторе



Шустова Дина Владимировна, 1987 г. рождения. Окончила Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) в 2009 г., магистратуру СГАУ в 2010 г. Аспирант кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. В списке научных трудов более 30 работ в области автоматизации проектирования и искусственного интеллекта. Область научных интересов: онтология проектирования.

Dina Vladimirovna Shustova (b.1987) graduated from the Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolev (National Research University) in 2009, magistracy SSAU (2010). She is a post-graduate student of SSAU, co-author of more than 30 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. Area of scientific interests: ontology of designing.