



# OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

## РОЛЬ ОНТОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Боргест Н.М.

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева, г. Самара, Россия*  
borgest@ssau.ru

*Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук, г. Самара, Россия*  
borgest@yandex.ru

В работе показана определяющая роль онтологии в выборе средств, методов, инструментов и технологий при создании информационных систем. Отмечается взаимосвязь жизненных циклов онтологий и информационных систем. Приведены примеры построения онтологий, на основе которых разработаны соответствующие информационные системы в области проектирования и производства авиационной техники.

**Ключевые слова:** онтологии; информационные системы; жизненный цикл; проектирование.

### Введение

В Коммюнике онтологического саммита (Ontology Summit 2013 Communiqué), подготовленного в мае 2013 года, в качестве проблемы отмечается отсутствие как общего мнения о методологии проектирования онтологий, так и согласия относительно методов оценки онтологий. Результатом проведенного группой международных экспертов анализа явился документ, в котором для оценки онтологий было предложено пять основных показателей качества: понятность, точность, техническое совершенство, адекватность и встроенность. Отмечено, что для обеспечения успеха при разработке, внедрении и использовании онтологий, их оценка должна проводиться на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) [Neuhaus et al., 2013].

Проработка вопросов проектирования онтологий и связанное с ними исследование стадийности и формализмов в онтологическом пространстве предметной области (ПрО) напрямую влияет на все показатели и функционал разрабатываемых информационных систем (ИС), нацеленных на решение конкретных прикладных задач [Боргест и др., 2013].

В работе на примерах разработки системы автоматизированного проектирования самолета на этапе подготовки технических предложений и создания системы планирования производства авиационных двигателей для машиностроительного предприятия показана роль онтологий в определении структуры и функционала этих систем.

### 1. Онтологический анализ предметной области

Онтологический анализ ПрО – это разделение реального мира на составляющие и классы объектов, и определение их онтологий, или же совокупности фундаментальных свойств, которые определяют их изменения и поведение [Benjamin et al., 1994]. Онтологический анализ обычно начинается с составления словаря терминов, который используется при исследовании характеристик объектов и процессов, составляющих рассматриваемую систему, а также создания системы точных определений этих терминов. Кроме того, документируются основные логические взаимосвязи между соответствующими введенным терминам понятиями. Результатом этого анализа является онтология системы или же совокупность словаря терминов, точных их определений и взаимосвязей между ними.

Уже почти 20 лет процесс построения онтологии, согласно методологии IDEF5, рассматривается как состоящий из следующих действий или этапов [Benjamin et al., 1994]:

1. Изучение и систематизирование начальных условий. Этот этап устанавливает основные цели разработки онтологии, а также распределяет роли между участниками проекта.

2. Сбор и накапливание данных.

3. Анализ данных. Эта стадия заключается в анализе и группировке собранных данных с целью облегчения построения терминологии.

4. Начальное развитие онтологии. На этом этапе на основе отобранных данных формируется предварительная онтология.

5. Уточнение и утверждение онтологии.

Онтологический анализ ПрО представляет собой особый вид научной деятельности, в результате которой производится построение модели предметных знаний. Концептуальные составляющие предметных знаний являются онтологическими знаниями ПрО. В основе онтологического анализа лежит описание ПрО в терминах сущностей, отношений между ними и преобразования сущностей, которое выполняется в процессе решения некоторой задачи. При разработке онтологии ПрО проектные решения основываются на структурных свойствах класса. Онтология всегда отражает взгляд аналитика, т.е. всегда субъективна, а поэтому на сегодня не существует единственно правильного способа ее создания. Несмотря на это можно выделить некоторые основные принципы, на которых базируется создание онтологий. Это: ясность, согласованность, расширяемость, минимум влияния кодирования и онтологических обязательств [Гаврилова и др., 2000], [Найханова, 2008].

## 2. Модель жизненного цикла онтологий

На рисунке 1 представлено фактическое развитие методологии IDEF5 в виде обобщенной модели ЖЦ онтологий, включающей в себя 8 основных этапов или стадий «жизни» онтологий.

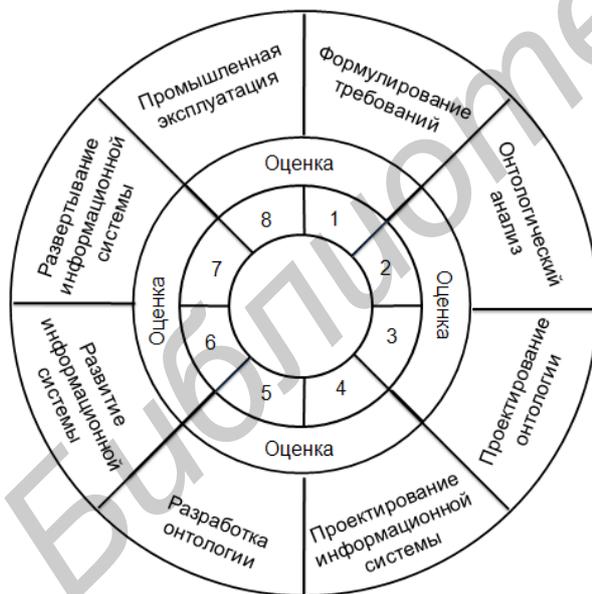


Рисунок 1 – Жизненный цикл онтологий [Neuhaus et al., 2013]

1. Формулирование требований
2. Онтологический анализ
3. Проектирование онтологии
4. Проектирование информационной системы
5. Разработка онтологии
6. Развитие информационной системы
7. Развертывание информационной системы
8. Промышленная эксплуатация

## 3. Жизненный цикл программного обеспечения

Жизненный цикл программного обеспечения (ПО) – это период времени, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания программного продукта и заканчивается в момент его полного изъятия из эксплуатации [IEEE Std, 1990]. Основными стандартами жизненного цикла ПО являются ГОСТ 34.601-90 и ISO/IEC 12207:1995 (российский аналог — ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99). Модель жизненного цикла ПО – это структура, определяющая последовательность выполнения и взаимосвязи процессов, действий и задач на протяжении ЖЦ. Модель ЖЦ зависит от специфики, масштаба и сложности проекта и специфики условий, в которых система создается и функционирует [IEEE Std, 1990].

Стандарт ISO/IEC 2382-1 определяет ИС как систему обработки информации, работающую совместно с организационными ресурсами, такими как люди, технические средства и финансовые ресурсы, которые обеспечивают и распределяют информацию. В узком смысле ИС это подмножество компонентов ИС, включающее базы данных, СУБД и специализированные прикладные программы. В этом случае ИС рассматривается как программно-аппаратная система, предназначенная для автоматизации целенаправленной деятельности пользователей и обеспечивающая в соответствии с заложенной в неё логикой обработки возможность получения, модификации и хранения информации [Маглинец, 2010].

## 4. Выбор онтологического редактора

При создании онтологий целесообразно использовать соответствующие инструменты, так называемые редакторы (конструкторы) онтологий или онтологические системы.

В настоящее время на рынке программных средств достаточно активно продвигаются более 50 редакторов онтологий и систем поддержки их жизненного цикла [Климань и др., 2010]. Для сравнительного анализа онтологических систем обычно в качестве критериев рассматривают: открытость системы, удобство работы (интуитивность), наличие доступного материала для самообучения, возможность импортирования данных из СУБД, поддержка формата OWL.

## 5. Стандарты для построения онтологий

Развитие работ в области создания ИС и онтологий, накопление успешных практик и обобщающих методик подталкивает специалистов ПрО, баз данных и онтологов к разработке стандартов, фиксирующих полезные начинания. Некоторые примеры таких успешных «рекомендаций» рассмотрены ниже.

**ISO 10303 (STEP).** Стандарты ISO 10303 определяют средства описания (моделирования)

промышленных изделий на всех стадиях ЖЦ. Проект STEP развивается с середины 80-х годов прошлого века. Единообразная форма описаний данных о промышленной продукции обеспечивается введением в STEP языка Express, инвариантного к приложениям. В стандартах STEP использован ряд идей, ранее воплощенных в методиках информационного IDEF1X и функционального IDEF0 проектирования. В рамках STEP предпринята попытка создания единых информационных моделей (онтологий) целого ряда приложений. Эти модели получили название прикладных протоколов. В качестве альтернативного языка для обмена геометрическими и техническими данными о промышленных изделиях используется язык разметки XML. В 2004 г. компаниями Dassault Systemes и Lattice Technology предложено подмножество 3D XML языка XML, которое получает все большую популярность для межсистемных обменов в CALS-технологиях.

**ISO 22745 (eOTD).** Международная ассоциация управления кодами электронной коммерции (ECCMA) активно продвигает стандарты ISO 22745 (Системы промышленной автоматизации и интеграции), ISO 8000 (Качество информационных технологий) и eOTD (открытый технический словарь). Стандарт ISO 22745 включает в себя словарь, представляющий собой совокупность терминов, определений и концепций, применяемых для описания отдельных объектов, организаций, адресов, товаров и услуг. В комплексе стандартов ISO 22745 описаны элементы данных, относящиеся к конкретным классам и парам значений свойств.

Открытый технический словарь позволяет точно определить свойства в соответствии с данными ISO 10303, определять информацию и обмениваться данными с партнерами из других стран без искажения смысла данных.

**ISO (P-Lib).** ISO 13584 Parts Library - это серия международных стандартов для представления и обмена доступными для компьютерной интерпретации данными о поставляемых компонентах и комплектующих изделиях (узлах, деталях). Стандарт ISO 13584 PLIB включает в себя 7 разделов: общий обзор и основополагающие принципы; концептуальная модель библиотеки деталей; основные ресурсы; логическая модель библиотеки поставщика; данные о поставщике; программный интерфейс к данным; методология структуризации классов (семейств) деталей. В отличие от стандарта ISO 10303 STEP, предназначенного для описания конкретного экземпляра продукта, стандарт PLIB позволяет описывать классы продуктов (компонентов и комплектующих).

**ISO 15926.** Наиболее перспективным стандартом организации онтологических баз данных является ISO 15926. Данный стандарт определяет структуру объектов. В нем специфицируется модель данных, определяющая значение сведений о ЖЦ в едином контексте. Эталонная модель данных (справочная

онтология) отражена в библиотеке справочных данных (RDL). Интеграция приложения в информационное пространство требует приведения в соответствие классов и атрибутов прикладной модели этого приложения к классам и атрибутам эталонной модели (операционная онтология).

## **6. Тезаурус - семантическая основа интеллектуального помощника проектанта**

Современные ИС становятся не только инструментом, но и «помощником» проектанта [Боргест и др., 2012]. Благодаря высокой степени формализации процессов проектирования, компьютерные системы могут выполнять все больший набор функций. На сегодняшний день умение работать с САПР – необходимый навык инженера при решении им проектных задач. Современные САПР – это сложнейшие программные комплексы, освоение которых может затрудняться из-за сложного интерфейса. Для преодоления этой проблемы ведущие разработчики САПР ставят перед собой задачи, включая создание систем, способных общаться с пользователем на тривиальном языке, что позволит значительно облегчить освоения сложных САПР. Наличие в арсенале САПР тезауруса ПрО приблизит решение указанной проблемы.

### **6.1. Модель сущностей и отношений**

В качестве основы метамодели для Робота-проектанта используется тезаурус предметной области. Тезаурус представляет собой систематизированную совокупность понятий определенной отрасли науки, отражающих логические связи между терминами (рисунок 2). Эти связи основываются на классовой иерархии, родо-видовых и ассоциативных связях.

Основными единицами тезаурусов являются термины предметной области. Термин является одним или большим числом слов, обозначающих понятие. Понятие рассматривается как единица мысли, формируемая мысленно для отражения всех или некоторых свойств конкретного или абстрактного, реально существующего или мысленного объекта. Понятия существуют как абстрактные сущности, независимо от терминов, которые их выражают. Понятие предметной области обычно имеет несколько возможных вариантов лексического представления в тексте, которые рассматриваются как синонимы. Среди таких синонимов выбирается дескриптор-термин, который рассматривается как основной способ ссылки на понятие в рамках тезауруса. Другие термины из синонимического ряда, включенные в тезаурус, называются аскрипторы. Они используются как вспомогательные элементы, помогающие найти подходящие дескрипторы.

Тезаурус дает единые, исчерпывающие данные о конкретном объекте. Целями использования

тезауруса в работе-проектанте являются: обеспечение общей терминологии для ПрО с целью совместного использования всеми пользователями; получение точных и непротиворечивых определений каждого термина; обеспечение задания семантики с помощью множества аксиом, которые автоматически позволяют получать ответ на множество вопросов о ПрО.

Помимо задач интеграции тезаурус может использоваться как основа для реализации голосового интерфейса. Содержимое тезауруса может быть использовано в качестве ключевых слов для подпрограммы голосового взаимодействия.

## 6.2. Установление родо-видовых отношений

Родо-видовая связь устанавливается между двумя дескрипторами, если объём понятия нижестоящего дескриптора входит в объём понятия вышестоящего дескриптора (ГОСТ 7.25-2001). Например, «крыло» и «перо» являются одним из видов «несущих поверхностей», «несущие поверхности», в свою очередь, являются одним из видов «конструктивных частей самолёта», а «конструктивные части самолёта» - одним из видов «конструкций». На рисунке 3 показана также эквивалентная связь между терминами «фюзеляж» и «корпус самолёта».

## 6.3. Создание ассоциативных связей

Отношение ассоциации является неиерархическим и наиболее трудно определяемым. Ассоциативное отношение является объединением отношений, не входящих в иерархические отношения или в отношения синонимии. Допускается включать в ассоциативное отношение все виды отношений, кроме синонимии и отношения «род-вид». Основное назначение установления ассоциативных отношений между дескрипторами тезауруса - указание на дополнительные дескрипторы, полезные при индексировании или поиске. Например, «самолёт» - «конструкция», «самолёт» - «двигатель», «самолёт» - «параметры» и т.д. Между этими терминами нельзя установить иерархические родо-видовые отношения (например, «конструкция» не является 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. В таком случае устанавливаются ассоциативные связи. В Protégé отношения ассоциации отображаются пунктирными линиями, стрелки показывают направление, в котором связаны термины (рисунок 4).

Ассоциативное отношение между двумя дескрипторами стоит устанавливать, если при употреблении одного термина другой термин подразумевается. Один термин может быть необходимым элементом определения другого

термина, например, термин «конструкция» составляет необходимую часть определения термина «самолёт». Отношения ассоциации включаются в онтологию тогда, когда нет возможности установить иерархические отношения или отношения синонимии.

В онтологию «Проектирование самолёта» включены 15 видов ассоциативных связей. Из них можно выделить несколько типов связей: принадлежности - «имеет», функциональные - «выполняет преобразование», «обеспечивает», «предназначен для», «разрушает», «создаёт», «назначает», «выбирает», «производится», «вызывает», «участвует», характеристические - «характеризует», «показывает», «представляет собой», «является». При создании онтологии количество видов ассоциативных связей минимизировалось с целью универсальности использования их для различных терминов.

Тезаурус «Самолет» создан на языке OWL, который позволяет отображать сложные связи и отношения рассматриваемой ПрО в информационной модели, а также использовать тезаурус для представления сложных информационных структур.

## 7. Онтология машиностроения

Онтология предприятия наиболее полно описана в монографии [Шведин, 2010]. Продукция машиностроительного предприятия характеризуется высокой степенью сложности и состоит из нескольких уровней сборок. При этом и детали, и компоненты, как правило, проходят различные маршруты и производятся несколькими цехами. В производстве сложной техники, такой как самолет или авиационный двигатель, производственные траектории объединяют целые сети предприятий отрасли, включая и межотраслевые связи и отношения. Системы оперативного производственного планирования на основе мультиагентных технологий, позволяют найти и осуществить такие решения, которые обеспечивают параллельное выполнение нескольких заказов [Скобелев, 2013]. В такой системе одновременно должны осуществляться процессы распределения ресурсов, планирования, оптимизации, мониторинга и контроля выполнения заказов в режиме реального времени. Для создания, и, в дальнейшем, для полного и безошибочного функционирования такой системы необходима базовая онтология выбранной ПрО.

Цель создаваемой онтологии машиностроения выступить в роли семантической основы разрабатываемой ИС, предназначенной для производственного планирования, помочь в обосновании определения методов и технологий решения задач.

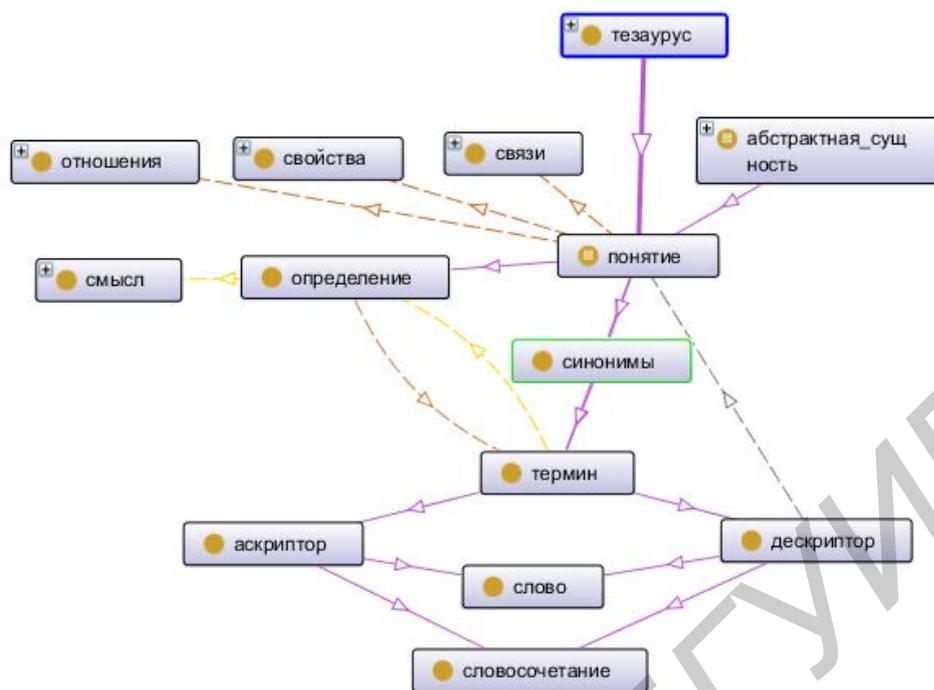


Рисунок 2 – Модель сущностей и отношений в тезаурусе

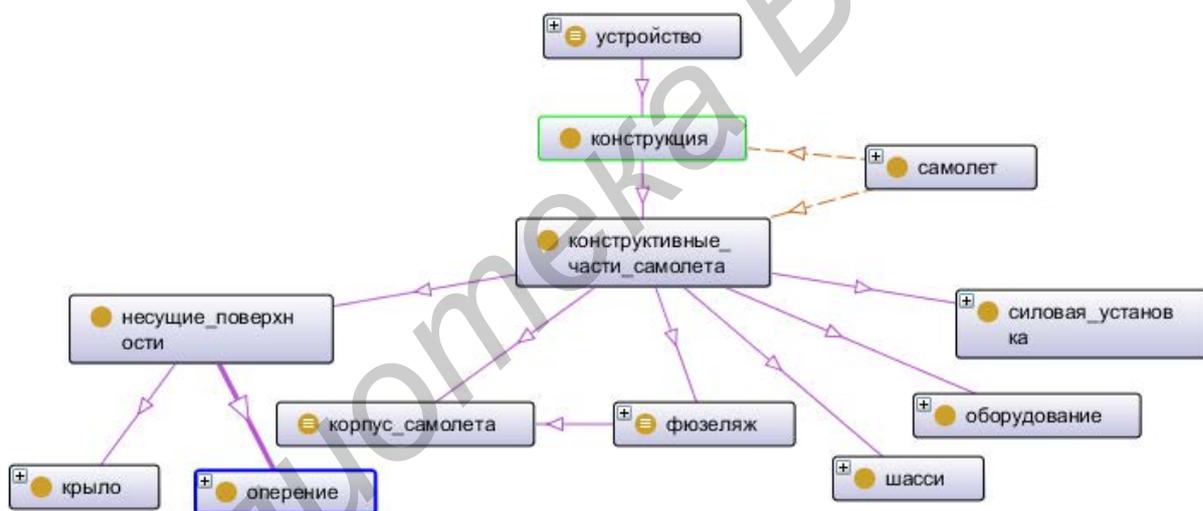


Рисунок 3 – Установление иерархической родо-видовой связи между терминами

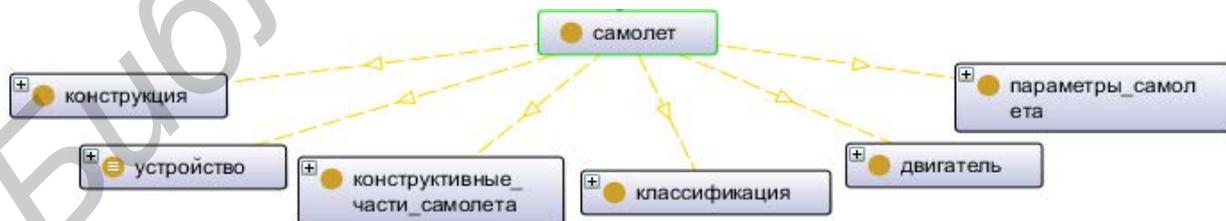


Рисунок 4 – Установление ассоциативных связей принадлежности между терминами

На первом этапе был определен верхний уровень иерархии и выделены основные сущности предприятия. Основным критерием для включения сущности в верхний уровень иерархии является отсутствие у нее надкласса. В онтологии машиностроительного предприятия созданы шесть подклассов [Шустова, 2013]:

1. Предприятие и все его сущности (цеха, отделы, бюро и проч.) являются объектами управления,
2. Управление предприятием (начальники, мастера, инженеры, и др.) – субъекты управления,
3. Документы – средства управления,
4. Материальные ресурсы – ресурсы для управления,

5. Выпускаемая продукция – результат деятельности (управления),
6. Процессы – процессы, выполняемые сущностями.

Предприятия различных отраслей промышленности имеют разную производственную структуру. В цехах создаются соответствующие бюро и службы: планово-диспетчерское бюро, бюро организации труда и заработной платы, техническое бюро, бухгалтерия, службы технолога, механика, энергетика и др.

Основными (типовыми) цехами современных машиностроительных предприятий являются цеха:

- заготовительного производства;
- инструментального производства;
- механосборочных работ;
- испытаний изделий;
- ремонта изделий.

Кроме описания деятельности подразделений в онтологию предприятия заносятся комментарии, которые доступны для просмотра как в основном окне, так и в контекстном меню блока семантической сети.

Разработанная НПК «Разумные решения» для ОАО «Кузнецов» на основе созданной базовой онтологии машиностроения мультиагентная система производственного планирования «Smart Factory» функционирует как автономная система. Она может быть интегрирована с существующими программами, такими как: программы по складскому учету, расчету заработной платы, системами бухгалтерского учета и отчетности и др. Система может применяться на машиностроительных заводах, которые характеризуются постоянными инновациями, существенной сложностью изделий и высокой динамикой изменений в среде, а также априорной неопределенностью спроса и предложения, требующей адаптивности при реакции на события в режиме реального времени.

## Заключение

Работа в части создания прототипа интеллектуального помощника проектанта поддержана Программой развития НИУ СГАУ в рамках НИР по теме: «Разработка и развитие технологии генерации знаний на основе использования CAE/CAD/CAM/PLM-систем на примере создания элементов прототипа робота-проектанта в предметной области «самолет», в части создания базовой онтологии машиностроения поддержана Минобрнауки РФ в рамках государственного контракта № 07.524.12.4022 по теме: «Разработка распределенной интеллектуальной системы согласованного управления производственными цехами корпораций машиностроительных предприятий, построенных по сетевому принципу», а также входит в число

фундаментальных работ по онтологическому инжинирингу ИПУСС РАН.

## Библиографический список

[Боргест и др., 2013] Онтологии: современное состояние, краткий обзор / Н.М. Боргест, М.Д. Коровин // Онтология проектирования. – 2013. - №2. - с. 49-55.

[Боргест и др., 2012] Робот-проектант: фантазия и реальность / Боргест Н.М., Громов А.А., Громов А.А., Морено Р.Х., Коровин М.Д. Шустова Д.В. и др. // Научный журнал «Онтология проектирования» №4(6) – 2012 - с.73-94

[Гаврилова и др., 2000] Базы знаний интеллектуальных систем: учебное пособие для вузов / Гаврилова Т.А., Хоросhevский В.Ф. // СПб.: Питер, 2000. - 382с.

[Климань и др., 2010] Критерии принятия решений при выборе редактора онтологий. / Д. Климань, В. Любченко // Information Models of Knowledge.ITHEA. Kiev, Ukraine – Sofia, Bulgaria, 2010-101 с.

[Маглинец, 2010] Анализ требований к автоматизированным информационным системам : учебное пособие / Ю. А. Маглинец. – М. : Интернет-Ун-т информ. технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 200 с.

[Найханова, 2008] Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования: монография / Найханова, Л.В. // г. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. - 244с.

[Скобелев, 2013] Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / Скобелев П.О. // Онтология проектирования. – 2013. – №2. с.26-49.

[Шведиц, 2010] Онтология предприятия: экспириентологический подход: Технология построения онтологической модели предприятия / Шведиц Б.Я. – М: Ленанд, 2010. – 240 с.

[Шустова, 2013] Онтологии инженерной деятельности – семантическая основа разрабатываемых систем / Шустова Д.В// Научно-информационный межвузовский журнал "Аспирантский вестник Поволжья", № 7-8, 2013.

[Benjamin et al., 1994] IDEF5 Method Report. /Perakath C. Benjamin, Christopher P. Menzel, Richard J. Mayer, Florence Fillion, Michael T. Futrell, Paula S. de Witte, Madhavi Lingineni. // Information Integration for Concurrent Engineering (IICE). Contract: F33615-C-90-0012. Knowledge Based Systems, Inc. 1994. - p.187.

[Neuhaus et al., 2013] Ontology Summit 2013 Communiqué: Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle, Fabian Neuhaus, Amanda Vizedom, Matthew West, Peter Yim // 2013, 13 p. [http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013\\_Communique](http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Communique)

[IEEE Std, 1990] 610.12-1990 - IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. - Available from: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/610.12-1990.html>

## ROLE OF ONTOLOGIES IN INFORMATION SYSTEMS DESIGN

Borgest N.M.

*Samara State Aerospace University named after S.P. Korolev, Samara, Russia*

**borgest@ssau.ru**

*Institute of Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russia*

**borgest@yandex.ru**

The work shows the prominent role of ontologies in the choice of means, methods, tools and technologies in creation of informational systems. Noted the relationship of the life cycles of ontologies and information systems. We present examples of ontologies and relevant information systems in the design and manufacture of aeronautical engineering.