

Разработка семантических основ информационных систем при проектировании и производстве машиностроительных изделий

Шустова Д.В.
ИПУСС РАН
г. Самара, Россия
Email: shustovadv@ya.ru

Боргест Н.М.
Самарский университет
г. Самара, Россия
borgest@yandex.ru

Аннотация—В работе объектом исследования являются процессы формирования информационного и лингвистического обеспечения информационных систем (ИС) на основе онтологического анализа предметной области (ПрО). Предметом исследования являются семантические основы информационного и лингвистического обеспечения ИС в ПрО, связанных с проектированием и производством авиационной техники. В работе рассмотрено применение различных типов онтологий при решении задач в двух ПрО по схеме «ПрО – задача в выбранной ПрО – онтологическое представление решаемой задачи в выбранной ПрО»: проектирование – предварительное проектирование самолета – тезаурус проектанта; производство – производственное планирование на машиностроительном предприятии – онтология машиностроительного предприятия.

Keywords—семантические основы, информационные системы, проектирование, производство, машиностроительные изделия.

I. Введение

Анализ ситуации в области разработки, сопровождения и эксплуатации информационных систем (ИС), проведенный на основе отечественной и зарубежной практики создания и использования элементов таких систем, показал, что сложившиеся традиционные направления, базирующиеся в основном на совершенствовании математического моделирования объектов и процессов, перестали быть доминирующими в создании ИС [Андриченко, Боргест, Лукашевич, Мордвинов]. Современный период развития информационных технологий в значительной степени связан с интеллектуальной поддержкой процессов принятия решений, с совершенствованием методов и технологий взаимодействия пользователей с ИС, с онтологизацией ИС и дальнейшей содержательной формализацией [Смирнов, Шведин, Шпилевой, Шустова]. Интерфейсное обеспечение становится более эргономичным, наращивается мощность баз данных и знаний в предметных областях (ПрО), связанных с проектированием и производством авиационной техники (ППАТ), увеличиваются коллективы разработчиков ИС. Все это требует согласования данных и знаний, циркулирующих как в самих системах, так и находящихся в неформализованном виде у пользователей. В связи с этим, в современных ИС для ППАТ возникает необходимость в методах и средствах,

ориентированных на обработку и анализ семантики информационных материалов при решении задач ППАТ [Шустова, 2015]. Междисциплинарный характер проводимых исследований в области ППАТ, вовлеченность узких специалистов в совместный процесс приводят к изменению терминов и самих понятий ПрО. Разрабатываемые терминологические стандарты не успевают за ростом номенклатуры и вводимых специальных терминов, при этом тезаурусы, содержащие сущности и связи между ними в выбранной ПрО, практически отсутствуют. Существующие терминологические соглашения в ПрО носят лишь локальный характер (объектный, проблемный), и при любом расширении области использования требуется их пересмотр. Для успешного развития ИС актуальной и практически важной является разработка их семантической основы – информационной модели ПрО ППАТ, содержащей информацию, обработанную с учётом анализа взаимосвязи терминов и понятий этой ПрО и отношений между ними. При этом разрабатываемые семантические основы ИС для ППАТ в виде методик, практик, технологий и инструментариев должны учитывать:

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

Несмотря на то, что опубликованные работы формируют контур будущих интеллектуальных систем, в них в недостаточной мере рассмотрены и решены методические вопросы разработки семантической основы ПрО ППАТ, а также практическое применение семантических основ ПрО ППАТ при разработке ИС.

II. Цель и задачи

Целью работы является повышение качества и сокращение времени подготовки решений с помощью ИС за счет разработки и реализации в ИС семантических

основ, построенных в результате онтологического анализа исследуемой ПрО ППАТ. Для достижения цели при создании семантических моделей поставлены следующие научные задачи:

- провести анализ существующих стандартов, языков моделирования, редакторов онтологий с целью исследования возможности создания семантических моделей ПрО ППАТ;
- для ПрО ППАТ разработать методику создания онтологий, являющихся семантическими основами при создании ИС в этих ПрО;
- на основе разработанной методики создать тезаурус ПрО «Проектирование самолета», который будет являться семантической основой разрабатываемой ИС - интеллектуальный помощник проектанта (робот-проектант);
- на основе разработанной методики создать базовую онтологию машиностроительного предприятия, которая будет являться семантической основой при создании ИС для производственного планирования на этом предприятии.

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



Рис. 1. Структура онтологии на базе стандарта ISO 15926

III. Методика

Предлагаемая методика включает в себя совокупность правил и принципов разработки тезаурусов и онтологий, а так же правила и принципы, включенные автором в соответствии с проведенным анализом и спецификой ПрО ППАТ. Разработанная методика включает в себя:

- Определение ПрО создаваемой онтологии.
- Определение причин создания онтологии.
- Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий.

- Исследование ПрО и определение масштаба создаваемой онтологии.
- Определение предполагаемых вариантов и сценариев использования.
- Выбор онтологического редактора.
- Определение терминологической базы.
- Определение и соблюдение ведущего типа отношений между сущностями, построение онтологии и дополнение ее ассоциативными связями.
- Корректировка масштаба онтологии.
- Использование онтологии в соответствии с выбранным сценарием.

Созданный тезаурус «Проектирование самолета» является семантической основой и интегратором компонент в ИС «Робот-проектант», который используется для обучения студентов и магистрантов предварительному проектированию самолета и является прототипом будущих интеллектуальных ИС. При создании тезауруса реализовывался семантический подход, суть которого в рассмотрении ПрО как взаимодействия целого и составляющих ее частей. Общая терминология, включенная в тезаурус, основана на Авиационных правилах, учебниках и учебных пособиях, терминологических словарях, справочниках для логического анализа определений терминов, энциклопедий, научно-технических публикациях и базах данных в ПрО ППАТ, а также на матрицах проектов и используемых проектных процедурах, включая математические модели. Установление родо-видовых отношений между терминами в тезаурусе реализуется в соответствии с ГОСТ 7.25-2001. (Тезаурус информационно-поисковый одноязычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления). Понятия в онтологии, представленной в виде тезауруса, организованы в таксономию.

Выявлены проблемы при построении тезауруса и предложены пути их решения:

1. Проблема выявления ассоциативных связей

Для решения проблемы выявления ассоциативных связей предложено устанавливать связи-ассоциации между терминами, не подлежащими родо-видовым отношениям, с помощью предикатов. Например, «самолёт» - «конструкция», «самолёт» - «двигатель», «самолёт» - «параметры» и т.д. Между этими терминами отсутствуют иерархические родо-видовые отношения («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.

2. Проблема синонимии (проблема контекста)

Для решения проблемы синонимии предложено при включении синонимов в тезаурус использовать пояснительные слова. Например, дескрипторы «устройство» и «прибор» являются синонимами, в то же время, под

устройством в авиационной отрасли часто понимается «строение механизма», но ряд: «прибор = устройство = строение механизма» не является логически верным. Таким образом, при создании эквивалентных классов предложено в скобках указывать значение, в котором употребляется данный термин. На рисунке 2 приведен пример использования пояснительных слов для класса «Устройство».

3. Проблема расширения и слияния тезаурусов

Для решения проблемы расширения и слияния тезаурусов сформулированы и предложены некоторые решения основных проблем. Расширение тезауруса подразумевает наполнение существующих классов иерархии подклассами, а также заполнение классов экземплярами. К настоящему моменту тезаурус «Проектирование самолетов» содержит 1226 терминов и 505 логических ассоциативных связей. Слияние тезаурусов подразумевает расширение выбранного тезауруса путем добавления в него нескольких тезаурусов. При слиянии тезаурусов необходимо учитывать родо-видовые и ассоциативные отношения, наличие синонимов и омонимов, а так же уровни иерархии. Проверка и установление недостающих ассоциативных связей между сущностями в тезаурусе, полученного путем слияния двух тезаурусов, является трудоёмким процессом и может привести к ошибкам. Тем не менее, возможность слияния тезаурусов позволяет распределить задания между несколькими разработчиками и одновременно создавать несколько тезаурусов с последующим их объединением.

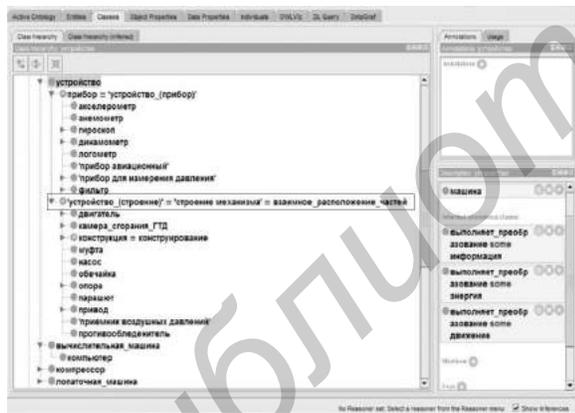


Рис. 2. Класс «устройство». Использование пояснительных слов

Одной из важных составляющих самолёта является крыло. На рисунке 3 представлена семантическая сеть фрагмента тезауруса – класс «Крыло», формализуемая и представленная в онторедакторе Protégé и один из экранов ИС «Робот-проектант» сформированный на основе этого фрагмента тезауруса (класс «Крыло»). 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.



Рис. 3. Экран ИС «Робот-проектант» с сущностями фрагмента тезауруса

Семантическая основа в виде онтологии машиностроительного предприятия способствует интеграции разнородной информации, распределенной на предприятии, а также позволяет повысить эффективность коммуникаций. Онтология предприятия строится на основе информации о предприятии в форме регламентов и структурно-функциональных схем. При создании онтологии всем сущностям предприятия сопоставлены понятия, атрибуты, экземпляры, роли, а между ними выстроены иерархические и ассоциативные отношения. В онтологии машиностроительного предприятия выделены восемь основных сущностей:

- 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 процессы, выполняемые сущностями.

Эти сущности предприятия являются фундаментальными и практически неизменны для любого машиностроительного предприятия, в зависимости от специфики исследуемой ПрО их можно дополнить. Большинство 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 4 приведен 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. Таким образом, описана семантика рабочего процесса, выполняемого мастером смены и начальником участка, все сущности этого процесса связаны между собой, а знания формализованы и использованы в виде онтологии, которая является семантической основой при создании ИС. На рисунке 5 представлены сущности процесса планирования работ онтологии машиностроительного предприятия, которые используются в ИС производственного планирования «Smart Factory», разработанной НПК «Разумные решения», при создании диаграммы Ганта. Наряду с мультиагентной парадигмой распределения ресурсов и работ на предприятии в онтологии предприятия используется принцип ответственности, основанной на традиционной иерархической парадигме.

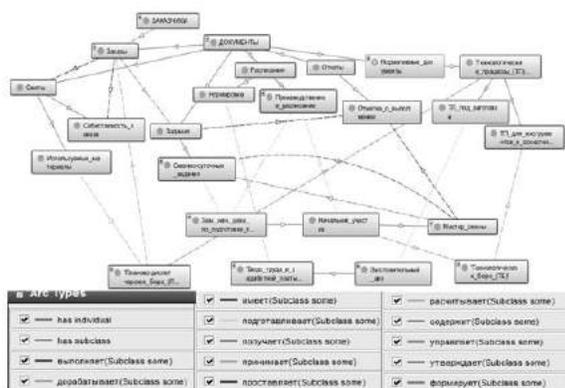


Рис. 4. Фрагмент семантической сети процесса выполнения заказа

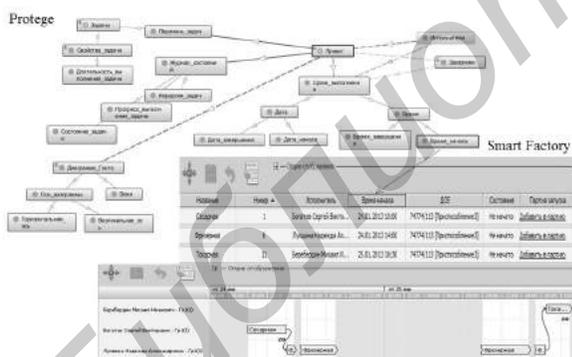


Рис. 5. Сущности процесса планирования работ

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-процессов. 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, обработке сценария работы с ИС.

Список литературы

- [1] Андриченко, А.Н. Тенденции и состояние в области управления справочными данными в машиностроении / А.Н. Андриченко // Научный журнал «Онтология проектирования» №2 (4) – 2012. – с.25-35.
- [2] Боргест Н.М., Власов С.А., Громов Ал.А., Громов Ан.А., Коровин М.Д., Шустова Д.В. Робот-проектант: на пути к реальности / Научный журнал «Онтология проектирования», Т.5, №4(17), 2015. - с. 429-449. - DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-429-449.
- [3] Лукашевич, Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска / Н.В. Лукашевич. – М.: Издательство МГУ, 2011.- 512с.
- [4] Мордвинов, В.А. Онтология моделирования и проектирования семантических информационных систем и порталов: Справочное пособие / Мордвинов В.А. - М.: МИРЭА, 2005. - 237 с.
- [5] Смирнов, С.В. Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов// Научный журнал «Онтология проектирования» №2 (8)/2013. – с.12-19.
- [6] Шведин, Б.Я. Онтология предприятия: экспириентологический подход: Технология построения онтологической модели предприятия / Б.Я. Шведин – М: Ленанд, 2010. – 240 с.
- [7] Шпилевой, В.Ф. Разработка мультиагентной системы «SmartFactory» для оперативного управления ресурсами в режиме реального времени / В.Ф. Шпилевой, П.О. Скобелев, Е.В. Симонова, и др.. // Информационно-управляющие системы. – 2013. №6(67).
- [8] Шустова Д.В. Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники // Научный журнал «Онтология проектирования». №1(15) – 2015 - с.70-84.

DEVELOPMENT OF SEMANTIC FOUNDATIONS OF INFORMATION SYSTEMS IN THE DESIGN AND MANUFACTURE OF ENGINEERING PRODUCTS

Shustova D.V., Borgest N.M.

In this paper the object of study are the processes of the Information and Linguistic Support of Information Systems (IS) on the basis of ontological domain analysis. Subject of research constitute the semantic foundations of information and linguistic support of IS data domain related to the design and manufacture of aircraft. The application of different types of ontologies for solving problems in two data domain on a "domain - task in the selected domain - ontological representation of the problem being solved in the selected domain": design - preliminary design of the aircraft - the thesaurus designer; production - production planning for the machine-building enterprise - ontology engineering enterprise.