

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Н. М. Боргест

Онтология проектирования

Теоретические основы

Часть 1.

Понятия и принципы

Электронное учебное пособие

САМАРА

2010

УДК 004.9(075)
ББК 32.97

Автор: **Боргест Николай Михайлович**

Учебное пособие по одноименной дисциплине «Онтология проектирования» является частью контента образовательных программ магистратуры, разрабатываемого на основе использования новых образовательных технологий, ресурсов и систем электронного и дистанционного обучения для магистерской программы «Проектирование, конструкция и CALS-технологии в авиационной технике» по направлению 160100.68 «Авиастроение».

Пособие разработано на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов в рамках разрабатываемого научного направления «Онтология проектирования».

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Терминологические соглашения	7
2. Практика проектирования – искусственный отбор	27
3. Замысел Создателя – принципы проектирования.....	32
4. Онтология как спецификация концептуализации.....	45
5. Применение онтологий.....	54
6. Онтологий верхнего уровня	66
7. Онтологии предметных областей	73
8. Языки описания онтологий	77
9. Инструментальные средства проектирования онтологий.....	84
Литература	90

ПРЕДИСЛОВИЕ

Образовательный контент модуля^{*)} «Онтология проектирования» для магистерской программы "Проектирование, конструкция и CALS-технологии в авиационной технике" по направлению 160100.68 "Авиастроение" включает в себя:

- данное учебное пособие;
- методические указания к лабораторным работам [6];
- подборку научных статей [2];
- список рекомендуемой литературы и интернет ресурсов [3].

Основным символом дисциплины «Онтология проектирования», который, скорее всего, останется в памяти магистрантов и будет в дальнейшем сопровождать их в творческих изысканиях, является **онтологический анализ**. Составной частью этого анализа является семантический анализ. Применяя его к составным частям вышеназванного образовательного контента, следует обратить внимание магистрантов на смысл и значение этих структурированных информационных компонент.

Стержнем образовательного контента является учебное пособие. Пособие, как известно, от глагола «пособить», т.е. помочь, в данном случае оказать помощь в освоение учебного материала. Сам материал, изложенный в пособии, не может научить. Он лишь обеспечивает, а вернее, способствует успешному освоению дисциплины. Дать вектор, направить, определить круг чтений и основной глоссарий изучаемой предметной области, раскрыть суть используемых методов, теорий и гипотез, осветить проблемы, указать возможные пути их решения – вот цель и смысл этой образовательной компоненты.

Методические указания, которые дополняют учебное пособие, акцентируют внимание уже на том, **как можно** выполнить конкретные практические работы в изучаемой предметной области. В рамках данной дисциплины предлагается выполнить ряд лабораторных работ, решая проектные задачи с использованием онтологических систем.

Тексты научных статей погружают в результаты конкретных научных исследований в данной предметной области, показывают глубину решаемых проблем и, безусловно, полезны в понимании полноты и границ изучаемого научного направления.

Дополняет образовательный контент список литературы и ссылки на интернет ресурсы, которые рекомендуют разработчики модуля. Указанный список и ссылки размещены в конце данного пособия.

^{*)} в прежней, а потому и привычной терминологии этот англоязычный термин *Content Module* означает – содержание методического обеспечения учебной дисциплины

*Два мира властвуют от века,
Два равноправных бытия:
Один объемлет человека,
Другой — душа и мысль моя.
И как в росинке чуть заметной
Весь солнца лик ты узнаешь,
Так слитно в глубине заветной
Все мирозданье ты найдешь.*
Афанасий Фет (1820-1892)

ВВЕДЕНИЕ

Если позволить себе произвести замещение некоторых понятий, то известная фраза о гражданской позиции поэта может быть интерпретирована как: «Магистром можешь ты не быть, но инженером быть обязан». Или с еще более прагматичной концовкой «..то защититься ты обязан». Не всем магистрантам суждено будет стать исследователями, но разрабатывать проекты, обосновывать свои решения предстоит по жизни каждому. Для этого очень важно уметь видеть главное, вычленять элементы, составляющие разрабатываемый объект или систему, владеть системным подходом, объектно-ориентированным и процессным, видеть взаимосвязь, определять функции, понимать цели.

Бурное развитие информационных технологий существенно изменили сам процесс проектирования и как следствие требования к узко-профильным специалистам, создающим сложные системы и объекты. Одновременное освоение знаний предметной области создаваемого объекта (самолет, двигатель, космический аппарат и т.п.) и информационных технологий чаще всего приводят к компромиссу в ту или другую сторону. Владеющие в совершенстве одним, чаще всего слабо разбираются в другом. Усложнение техники и технологий, вынужденной и естественной дифференциации инженерного труда, многоступенчатый характер проектирования, длительность и многоэтапность всего жизненного цикла изделия, а также многочисленность персонала, вовлеченного в процесс создания и эксплуатации изделий, приводит к необходимости однозначного толкования данных и понятий предметной области. Что касается проектирования, то, несмотря на значительную часть проектных процедур и операций, которые с легкостью решаются современными компьютерами, наиболее ответственные участки не формализованы и соответственно не компьютеризированы. Подход к решению этих сложных участков видится в дальнейшей интеллектуализации САПР.

Работы в области искусственного интеллекта ведутся уже несколько десятилетий по разным направлениям. С одной стороны, это работы по изучению биологического интеллекта, его структуры, эволюции и процесса познания, с другой стороны, искусственный интеллект рассматривается как инженерная дисциплина компьютерного моделирования разумного поведения с целью создания конструкции.

Онтология традиционно философская дисциплина нашла свое продолжение и развитие в форме онтологического анализа. Онтология проектирования определяет суть сложного процесса моделирования будущего. Онтология как наука о сущем в своем прикладном значении исследует закономерности того что уже существует. Проектирование же изначально процесс создания того, чего еще нет. Но в большинстве случаев проектирование базируется на изученных и исследованных закономерностях. Если в онтологии материального мира есть примеры эталонных онтологических моделей (периодическая система химических элементов Менделеева), то «в области онтологий нематериального или социального мира своих менделеевых пока нет. **Все только начинается**» [23]. Отсюда определенные трудности в постулировании «однозначных» знаний, но и неподдельный интерес, присущий всем пионерским работам.

Основой многих прикладных онтологий является тезаурус, разработка которого позволяет упорядочить знания о предмете, «договориться» о понимании сути обозначений и понятий, определиться и разобраться с терминологией.

Четверть века тому назад, когда автор этих строк, защитив диссертацию по оптимизации параметров рабочего процесса двигателя в системе самолета, пришел работать на кафедру конструкции самолета, первое с чего он начал, это стал разбираться с терминами. Расширить границы предметной области было невозможно без владения специальными терминами, понимания их сути. Спустя пять лет в соавторстве с коллегами по кафедре в издательстве МАИ был выпущен «Краткий словарь авиационных терминов» [4], который по сей день является хорошей шпаргалкой для студентов авиационных специальностей, так как позволяет быстро найти толкование необходимого термина. На его основе в интернет уже существует авиационная минивикипедия, созданная выпускником МАИ. Адрес www.aviaslovar.ru.

Данное пособие не будет исключением. В первой части пособия, мы обсудим ряд важных, по мнению автора, терминов, которые будут полезны в освоении дисциплины.

Когда умрем, то все до одного
Познаем, что не знаем ничего
Авиценна (980-1037)

Блажен, кто ничего не знает:
он не рискует быть непонятым
Конфуций (551-470 до н.э.)

Я знаю только то, что я ничего не знаю,
но некоторые не знают и этого.
Сократ (469-399 до н.э.)

Если я знаю, что знаю мало,
я добьюсь того, чтобы знать больше.
Ленин В.И. (1870-1924)

1. Терминологические соглашения

Информационный вал, обрушившийся на всех участников коммуникаций, давно уже перевалил за критический порог, за которым каждый чувствует себя дилетантом практически во всем. ГОСТирование терминов не успевает за многообразием и разнообразием трактовок казалось бы устоявшихся понятий и вновь вводимых символов и обозначений разнообразных сущностей.

Поэтому еще «на берегу», до начала коммуникаций всегда важно договориться, прийти к соглашению о смысле используемых терминов, что они определяют, идентифицируют, что включают в себя, каково их содержание.

Этими же соглашениями озабочены и специалисты, внедряющие системы, транслирующие данные о продукции по всем этапам жизненного цикла. Новомодные системы громоздятся над процессами, инициированными человеком, лишь с одной целью – не потерять данные и не запутаться в них.

Онтологический анализ предметной области, разработка тезаурусов способствует взаимоувязке, согласованности, однозначности и тем самым эффективности и качеству решений.



Трудно не согласиться с великим *Декартом*, утверждавшим что «половина недоразумений» кроется в разночтении понятий (если точно, то он говорил о верности или правильности употребления слов). Известно, также что корректно (полно и точно) сформулированная задача уже считается наполовину решенной.

Опираясь на сказанное можно полагать, что читатель, вдумчиво и внимательно прочитавший этот раздел, уже может считать, что половину дисциплины он уже усвоил. **Поздравляю!**

Важные для данной дисциплины понятия (проектирование, оптимизация, автоматизация, формализация, неопределенность и др.) изложены также в разделе «Ключевые термины» учебного пособия [1]. Несмотря на зрелый возраст указанной брошюры, она не потеряла своей актуальности, так как изложенный в ней материал, в том числе и концепция интеллектуальной САПР, до сих пор еще не реализован ни у нас в стране, ни за рубежом. Профессор Самойлович О.С., в свое время, прочитав пособие, не только дал лестный для автора отзыв, но и высказал мысль, что наши разработки в области интеллектуализации начального этапа проектирования самолета (конечно, в те «далекие» времена) были, по его утверждению, передовыми. Поэтому настоятельно рекомендую пролистать эту брошюру, она существенно дополнит изложенный ниже материал по онтологии проектирования.

Хорошим дополнением к личному словарному запасу является уже отмеченное печатное издание «Краткого словаря авиационных терминов» [4], а также электронная его версия, размещенная в интернете www.aviaslovar.ru.

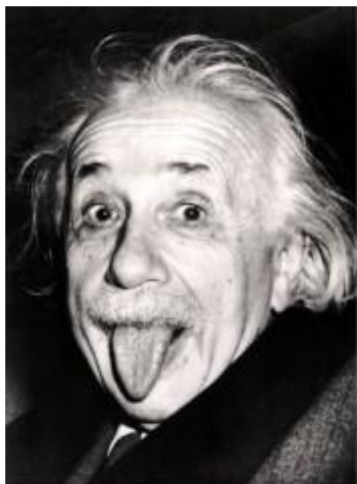
Артефакт (от лат. Artefactum — искусственно сделанное) – в широком смысле любой искусственно созданный объект или какое-либо явление, не существующее в природе в самородном виде. Либо это предмет, который создан руками человека, но не соответствующий своей эпохе. Иначе А. - древняя вещь, которая имеет особую ценность, или наполнена особым смыслом. Как правило, редкая и дорогая, или используемая в мистических ритуалах. В биологии, А. процесс или образование, несвойственные организму в норме.



Бог (творец, создатель) – некий Абсолют знаний. Идея Бога кристаллизовалась в различных религиозных традициях человечества, как - Высшее, создающее и устроивающее мир, дающее вещам и существам их бытие, меру, значение и закон. Сознывая сами себя несовершенными, мы измеряем своё существо идеей всесовершенного существа. Эта идея не есть наша выдумка, не есть и вывод из опыта. Она могла быть вложена в нас только самим всесовершенным существом. Полное совершенство мыслимо лишь при условии обладания всеми свойствами в высшей степени, а, следовательно, и полной реальностью, бесконечно превосходящей нашу собственную реальность. *Декартово* доказательство бытия Божия - в соединении антропологической (психологической) и онтологической точек зрения. В

нашем же случае, введение понятия Абсолюта и всесовершенной виртуальной сущности необходимо для онтологической ясности, целостности и полноты картины самого процесса и магии (еще непознанного) создания новых артефактов, понимания сути естественного и искусственного отбора, места и роли субъектов проектирования. Абсолют как нематериальная сущность, как виртуальный «владелец» вселенских знаний плавно открывает их своему разумному созданию.

Библейский антипод Бога – Дьявол, традиционно ассоциируется со злом, разрушениями, местом мук и страданий (ад). Поэтому не все открытые человеку знания есть благо для него самого. Известно куда устлана дорога «благими намерениями».



Разумное использование знаний соотносится с моральными и нравственными качествами *субъектов*. Очевидно, что Знание – сила. В чьих руках эта сила – имеет значение. Гиперболоид Гарина, водородная бомба, андронный коллайдер – все это творения мыслей и рук человеческих. Использовать полученные знания и как – каждый решает сам. Леонардо да Винчи, Никола Тесла, *Альберт Эйнштейн* пытались соотнести потребность и тягу к новым знаниям с готовностью человечества использовать их себе во благо. Всему свое *время*, а оно, как известно, относительно.

Время онтологическое – есть изменение как единство исчезающего, пребывающего и появляющегося, единство прошлого, настоящего и будущего. Нет изменения – нет времени. Традиционное физическое время – это измеренное движение, психологическое время, напротив, индивидуально, субъективно, есть не что иное, как состояние души. Время не статично, оно движется и имеет направление. Настоящее время для конкретного единичного субъекта – уникальная эгоцентрическая темпоральная точка онтологической опоры, благодаря которой он владеет перспективой и ретроспективой видения окружающего его мира. Онтологическая точка «конца» означает, что нет настоящего, нет будущего, но есть прошлое, которое можно законсервировать, транслируя опыт. Если, конечно, есть что транслировать [23].

Время, как философская категория, атрибут онтологии, реально влияет на параметры проектируемой системы, проектные решения и поэтому должно явно или опосредовано «присутствовать» в модели объекта проектирования [1].

Временной принцип оптимизации – улучшение характеристик оптимизируемого объекта проектирования должно осуществляться только за счет изменения проектных переменных, так как для получения достоверного результата оптимизации важно выдержать условия, которые обеспечат

отсутствие влияния на эти результаты других факторов кроме варьируемых параметров. В частности, при оптимизации объекта проектирования важно соблюсти неизменное совершенство свойств будущей конструкции (например, весовое, конструктивное, технологическое, термодинамическое, аэродинамическое), которое должно соответствовать тому периоду времени, на который планируется выпуск серийного изделия [1].

Временной принцип проектирования – проектирование объекта должно осуществляться на определенный временной интервал с учетом тех технологических, научно-технических достижений, которые ожидаются в этот период. Известная максима: «Если хочешь, чтобы Бог посмеялся над тобой – сообщи ему о своих планах» - не должна быть препятствием. Планирование человеческой деятельности и ее результатов составляет одну из фундаментальных особенностей человеческого бытия. Желание заглянуть в будущее основывается на трансляции социально-организационного опыта и непосредственно связано с прогнозированием результатов деятельности [23].

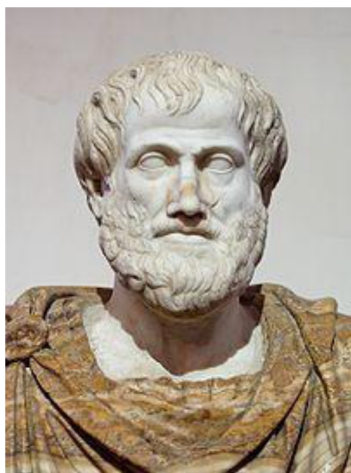


Гештальт-психология (нем. *gestalt* — целостная форма или структура) — школа психологии начала XX века, основанная [Максом Вертгеймером](#). Ключевая работа Вертгеймера «Продуктивное мышление». «Мышление заключается в усмотрении, осознании структурных особенностей и структурных требований; в действиях, которые соответствуют этим требованиям и определяются ими, и тем самым в изменении ситуации в направлении улучшения её структуры...». Базовый постулат: первичными данными психологии являются целостные структуры (гештальты), в принципе не выводимые из образующих их компонентов. Простейшее формирование восприятия заключается в разделении зрительных ощущений на объект — *фигуру*, расположенный на *фоне*. Подход гештальт-психологии применяется при создании прикладных онтологий [30]. Основная гипотеза: «Гармония = концептуальный баланс + ясность».

Глоссарий (лат. *glossarium* — словарь, глосс) – словарь, в который входят специализированные термины в какой-либо области. Каждый термин в глоссарии снабжен подробными комментариями и примерами.

Жизненный цикл проекта (англ. *Project Life Cycle*) — отличается от жизненного цикла продукции и исходя из потребностей управления проектом определяет последовательность фаз [проекта](#). Жизненный цикл проекта имеет 5 фаз: Инициация (*Initiating*); Планирование (*Planning*); Выполнение (*Executing*); Контроль и мониторинг (*Controlling and Monitoring*); Завершение (*Closing*).

Логистика в традиционном понимании - это часть экономической науки и область деятельности, предмет которых заключается в организации и регулировании процессов продвижения товаров от производителей к потребителям, функционирования сферы обращения продукции, товаров, услуг, управления товарными запасами, создания инфраструктуры товародвижения. В нашем случае логистика – это динамические и статические концептуальные модели, описывающие реальность, логику и последовательность решения различных задач, в том числе бизнес-задач. Модель логистики – это *онтологический паттерн*, одно из средств описания, структурирования и артикуляции опыта предприятия.



Метафизика или первая философия - умозрительное учение о первоначальных основах всякого бытия или о сущности мира. Слово М. произошло случайно. Когда ученики Аристотеля приводили в порядок все его сочинения, то ряд книг с рассуждениями о первых причинах, оставшиеся после учителя в необработанном виде, были помещены после трактатов о физике и обозначены, как следующие за физическими (книгами) - meta физика. Понятое в переносном смысле, как обозначающее самое содержание "первой философии" (по Аристотелю), название М. указывает на изучение того, что лежит за пределами физических явлений. Этот смысл термина и остался в общем сознании.



Монада (от греч. μονάς — единица, простая сущность) — невидимая метафизическая частица, несущая в себе некую информацию. **Монадоло́гия** — работа Готфрида Лейбница 1714 г., повествующая о монадах.

Мута́ция (от лат. *mutare* «изменяться») — многозначный термин: М. — в биологии стойкое изменения генотипа, происходящие под влиянием внешней или внутренней среды. Процесс возникновения мутаций получил название мутагенеза. М. голоса - в физиологии, возрастное изменение голоса человека. М. в теории музыки - композиционно-технический приём, объясняющий расширение звуковой системы. В создании артефактов под мутацией понимается стойкое изменение свойств объекта за счет изменения его структуры (в авиации: создание и применение новых материалов, двигателей, авионики и пр.).

Объекты проектирования – реальные и виртуальные сущности, разрабатываемые субъектами проектирования. К ним относятся: материальные объекты, системы, машины, механизмы, компьютеры, а также программное обеспечение.

*Важнейшим понятием для изучаемой дисциплины является понятие **ОНТОЛОГИИ**. Для полноты картины и ясности понимания сути приводится несколько толкований этого термина из различных источников.*

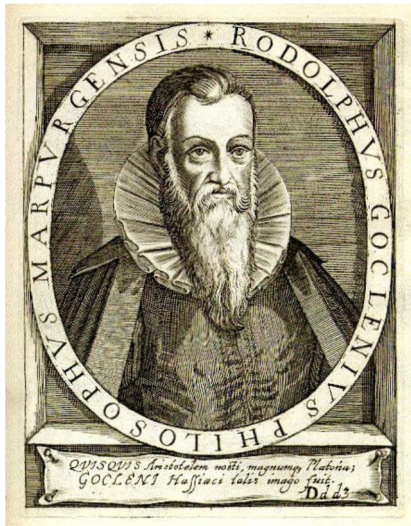


Онтология (от греч. *on (ontos)* - сущее и *logos* - понятие, разум) (Философский энциклопедический словарь. 1998.) - учение о бытии. С начала 17 века онтология рассматривалась, как **метафизика** бытия и вещей, являющаяся основой метафизики вообще. У Гегеля онтология является только «учением об абстрактных определениях сущности». В 20 веке онтология вновь возрождается. Различие между старой и современной формами онтологии заключается в том, что первая рассматривала весь мир в его отношении к человеку. Человек благодаря этому становился конечной целью мирового порядка. Новая же онтология выработала широкое понятие реальности, сообщив полную реальность духу и пытаясь с этой позиции определить автономное бытие духа и его активность в отношении к автономному бытию остального мира. Старая онтология ограничивала сферу реального лишь материальным.

Онтология (Большой энциклопедический словарь Брокгауза Ф.А., Ефрона И.А.) - вообще учение о сущем. Здесь рассматриваются понятия *нечто* и *ничто*, *возможное* и *невозможное*, *определенное* (или *действительное*) и *неопределенное*, *количество* и *мера*, *качество*, *порядок* и *истина* (определяемая формально, как единство многообразного или согласие различного), свойства и условия действительного бытия - пространство, время, движение, форма, происхождение из другого и переход в другое; наконец, излагается учение о простых единицах реального бытия или **монадах**.

Онтология (СЭС), раздел философии, учение о бытии, в котором исследуются всеобщие основы, принципы бытия, его структура и закономерности.

Онтология (Толковый словарь Ожегова) - философское учение об общих категориях и закономерностях бытия, существующее в единстве с теорией познания и логикой.



Онтология (Большой Энциклопедический словарь) - (от греч. Ontos - сущее и ...логия), раздел философии, учение о бытии (в отличие от гносеологии - учения о познании), в котором исследуются всеобщие основы, принципы бытия, его структура и закономерности; термин введен немецким философом *Р. Гоклениусом* (1613).

Онтология ([Толковый словарь Даля](#)) – ученье о существе или о сущности, бытии, сути.

Онтология (в информатике) — это попытка всеобъемлющей и детальной *формализации* некоторой области знаний с помощью [концептуальной схемы](#). Обычно такая схема состоит из [структуры данных](#), содержащей все *релевантные* классы [объектов](#), их [связи](#) и [правила](#) (теоремы, ограничения), принятые в этой области. Этот термин в информатике является производным от древнего философского понятия «онтология». В области искусственного интеллекта онтологией называется эксплицитная (явная, открытая) спецификация концептуализации.

Онтология предприятия - это формализованное описание знаний о предметной области каждого отдельно взятого предприятия. Онтология описывает классы объектов (например, бизнес-ресурсы компании, проекты, задачи, заказы и планы) и их атрибуты, отношения и процессы. Отделяя знания о предметной области от системного кода, онтология не только позволяет внесение изменений в систему специалистам без навыков программирования, но и дает возможность вносить эти изменения без прерывания работы системы.

Онтологическая модель предприятия – целостная модель конкретного развивающегося предприятия, которая позволяет: структурировано описывать его жизнедеятельность как единичного сущего и обеспечивать самоуправление, выживание и приспособительное поведение в среде существования в течение всего жизненного цикла.

Онтологический анализ – разделение реального мира на составляющие и классы объектов, и определение их онтологий, или же совокупности фундаментальных свойств, которые определяют их изменения и поведение.

Онтологический анализ обычно начинается с составления словаря терминов, который используется при обсуждении и 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 взаимосвязей между ними.

В любой системе существует две основные категории предметов восприятия, такие как сами объекты, составляющие систему (физические и интеллектуальные) и взаимосвязи между этими объектами, характеризующие состояние системы. В терминах онтологии, понятие взаимосвязи, однозначно описывает или является точным дескриптором зависимости между объектами системы в реальном мире, а термины - являются, соответственно, точными дескрипторами самих реальных объектов.

Процесс построения онтологии, согласно методологии **IDEF5** состоит из пяти основных действий:

1. **Изучение и систематизирование начальных условий.** Это действие устанавливает основные цели и контексты проекта разработки онтологии, а также распределяет роли между членами проекта.
2. **Сбор и накопление данных.** На этом этапе происходит сбор и накопление необходимых начальных данных для построения онтологии.
3. **Анализ данных.** Эта стадия заключается в анализе и группировке собранных данных и предназначена для облегчения построения терминологии.
4. **Начальное развитие онтологии.** На этом этапе формируется предварительная онтология, на основе отобранных данных.
5. **Уточнение и утверждение онтологии.**

Онтологические паттерны (англ. *pattern* — образец, пример, принцип, шаблон) — средство для описания, структурирования и артикуляции человеческого опыта. Онтологические паттерны являются специфически индивидуальным средством типологического схватывания бытия для каждого конкретного единичного субъекта жизнедеятельности. Они концептуально описывают в виде схемы законченный смысловой эпизод деятельности, ситуацию, в ее существенных чертах и свойствах, относящуюся к конкретному социальному существу.

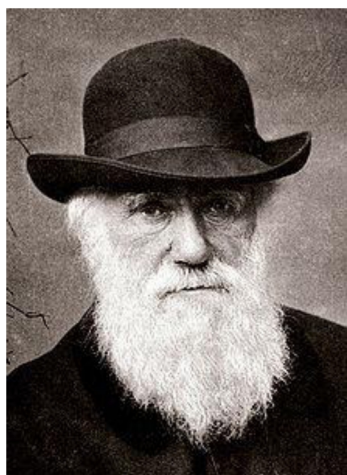
Паттерны проектирования — повторяемая архитектурная конструкция, представляющая собой решение проблемы проектирования в рамках некоторого часто возникающего контекста.

Обычно шаблон не является законченным образцом - это лишь пример решения задачи, который можно использовать в различных ситуациях. Объектно-ориентированные шаблоны показывают отношения и взаимодействия между классами или объектами, без определения того, какие конечные классы или объекты приложения будут использоваться.

Алгоритмы по своей сути также являются шаблонами, но не проектирования, а вычисления, так как решают вычислительные задачи

Онтология проектирования - это формализованное описание знаний *субъектов проектирования* о *процессе проектирования* новых или модернизаций уже известных *артефактов*, включая знания о самом *объекте проектирования* и близких к нему по свойствам артефактов, а также *тезаурус* предметной области.

Опыт проектирования – это персонифицированное бытие, накопленное за конкретный отрезок времени жизнедеятельности субъектом проектирования при решении конкретных задач, в конкретных условиях, организованное, структурированное, зафиксированное и законсервированное в системах памяти в виде *онтологических паттернов*, специфичных для каждого единичного субъекта бытия. Опыт является подобием органического синтеза, интеграцией разрозненных эпизодов, ситуаций деятельности с удержанием существенного путем сокращения и свертывания самой деятельности [23].



Отбор естественный - процесс, приводящий к выживанию и преимущественному размножению более приспособленных к данным условиям среды особей, обладающих полезными наследственными признаками. В соответствии с теорией Дарвина и современной [синтетической теорией эволюции](#), основным материалом для естественного отбора служат случайные наследственные изменения — [мутации](#) и их комбинации. Главный творец и контролер этих процессов – сущность, условно называемая *Бог* (от богатства и благодати). Человек, как производная его творений, удостоен чести созидать в пределах своего совершенства и понимания. Это также достижение естественного отбора и выбора Абсолюта. Искусственный отбор делегирован человеку Творцом, но сам по себе есть продукт естественного выбора Абсолюта. Современный процесс проектирования артефактов, их модификация, совершенствование осуществляемые человеком пока лишь жалкое подобие того, что создано Творцом. Но от понимания этого жизнь не становится менее интересной и прекрасной!

Отбор искусственный - процесс создания новых пород животных, сортов культурных растений и *артефактов* путем систематического сохранения особей и изделий с определенными, ценными для человека признаками и свойствами и путем содействия их размножению, использованию и производства. Данная трактовка расширительно толкует общепринятое понятие, включая в него не только биологические структуры. Дарвин выделил две формы искусственного отбора: бессознательный и сознательный, или методический.

Методический отбор заключается в том, что селекционер сознательно ставит перед собой определенную задачу и тщательно подбирает произ-



водителей, наиболее соответствующих намеченной цели, выбраковывая, уничтожая остальных. Следовательно, цель достигается не только выбором лучших, но и устранением (элиминацией) менее соответствующих поставленной задаче.



Бессознательный отбор - более старая форма, существовавшая еще в древности. Человек не ставил тогда перед собой цели улучшения своих одомашненных животных и введенных в культуру растений, но он стремился сохранить для размножения лучших животных и лучшие семена; тем самым уничтожались, использовались в пищу менее ценные животные и растения.



Пользуясь принципом отбора, Дарвин объяснил не только причину совершенствования форм, но и их многообразие. Иногда сходные требования, предъявляемые к разным породам, приводят к появлению одинаковых признаков у различных по происхождению организмов. Сближение признаков получило название конвергенции. Дарвин отмечает, что важным фактором, способствующим отбору, является большое число особей - в этом случае повышается вероятность нахождения необходимых отклонений. Отмеченные особенности искусственного отбора присутствуют в технике и характерны для *проектирования* новых объектов с новыми свойствами (признаками). Отбор эффективных для человека свойств артефактов происходит непрерывно. Выживают сильнейшие!

Потребность — вид функциональной или психологической нужды или недостатка какого-либо объекта, субъекта, индивида, социальной группы, общества. Являясь внутренними возбудителями активности, потребности проявляются по-разному в зависимости от ситуации. Потребность является движущей силой в создании новых артефактов и разрушении старых.



В психологии принято ранжировать человеческие потребности, представляя их в виде диаграммы или пирамиды. Нижняя ступень — физиологические потребности, верхняя — духовные. Иерархия человеческих потребностей по *Абрахаму Маслоу* имеет вид (снизу вверх): 1. Физиологические, 2. Безопасность, 3. Любовь /Принадлежность к чему-либо, 4. Уважение, 5. Познание, 6. Эстетические, 7. Самоактуализация. Причем последние три уровня: «познание», «эстетические» и «самоактуализация» в общем случае называют «Потребностью в самовыражении» (потребность в личностном росте). Фактически данная иерархия потребности расставляет все известные биологические особи по ступеням их развития, от низших форм до Высшей субстанции. Далеко не каждый человек занимает здесь свое почетное место.

«Далека же ты в небе, звезда Идеала, но стремиться к тебе - это тоже не мало!». В проектировании потребность трансформируется в цель, цель в поиск решений.

Предметная область — часть реального мира, рассматриваемая в пределах данного контекста. Под контекстом здесь может пониматься, например, область исследования или область, которая является объектом некоторой деятельности. Это может быть проектирование как вид научно-технической деятельности, проектирование самолета – как объектно-ориентированные методы. Предметная область рассматривается также и как множество всех предметов, свойства которых и отношения между которыми рассматриваются в некой научной теории.

Предприятие (в контексте рассматриваемой дисциплины может быть проектная организация) - это самостоятельный организационно обособленный хозяйствующий субъект, созданный для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг с целью удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли. Проектные и конструкторские бюро, фирмы и лаборатории, как социальные структуры, решающие проектные задачи, также относятся к категории предприятий.

Прое́кт (от лат. *projectus* - брошенный вперед, выступающий, выдающийся вперёд). Этот термин со временем приобрел два содержания: 1) проект как уникальная (в отличие от операций) деятельность, имеющая начало и конец во времени, направленная на достижение заранее определённого результата/цели, создание определённого, уникального продукта или услуги, при заданных ограничениях по ресурсам и срокам, а также требованиям к качеству и допустимому уровню риска, 2) проект как результат проектной деятельности, комплекс проектной документации, необходимой для оценки будущего артефакта и принятия решения о его создании.

Проектирование внешнее (макропроектирование) - проектирование, в процессе которого решаются функционально-структурные вопросы системы в целом. Макропроектирование начинается с формулировки проблемы разрешения **потребности**, которая включает в себя: определение целей создания системы и круга, решаемых ею задач; оценку действующих на систему факторов и определение их характеристик; выбор показателей эффективности системы. Цели и задачи системы определяют, исходя из **потребностей** их практического использования, с учётом тенденций и особенностей технического прогресса, а также целесообразности. Существенное значение при этом имеет опыт применения имеющихся аналогичных систем.

К внешнему проектированию относят:

концептуальное проектирование (conceptual design), включающее разработку концепции и технического задания. Итоговым документом на данной стадии являются *аванпроект* (также используются наименования - концептуальный проект, пилотный проект);

эскизное проектирование (draft design), включающее разработку предварительных проектных решений по системе и её частям. Итоговым документом выполнения работ на данной стадии проектирования является *эскизный проект*, который содержит принципиальные конструкторские и схемные решения объекта разработки, а также данные, определяющие его назначение и основные параметры;

Проектирование внутреннее (микропроектирование)- проектирование, связанное с разработкой элементов системы как физических единиц оборудования.

К внутреннему проектированию относят:

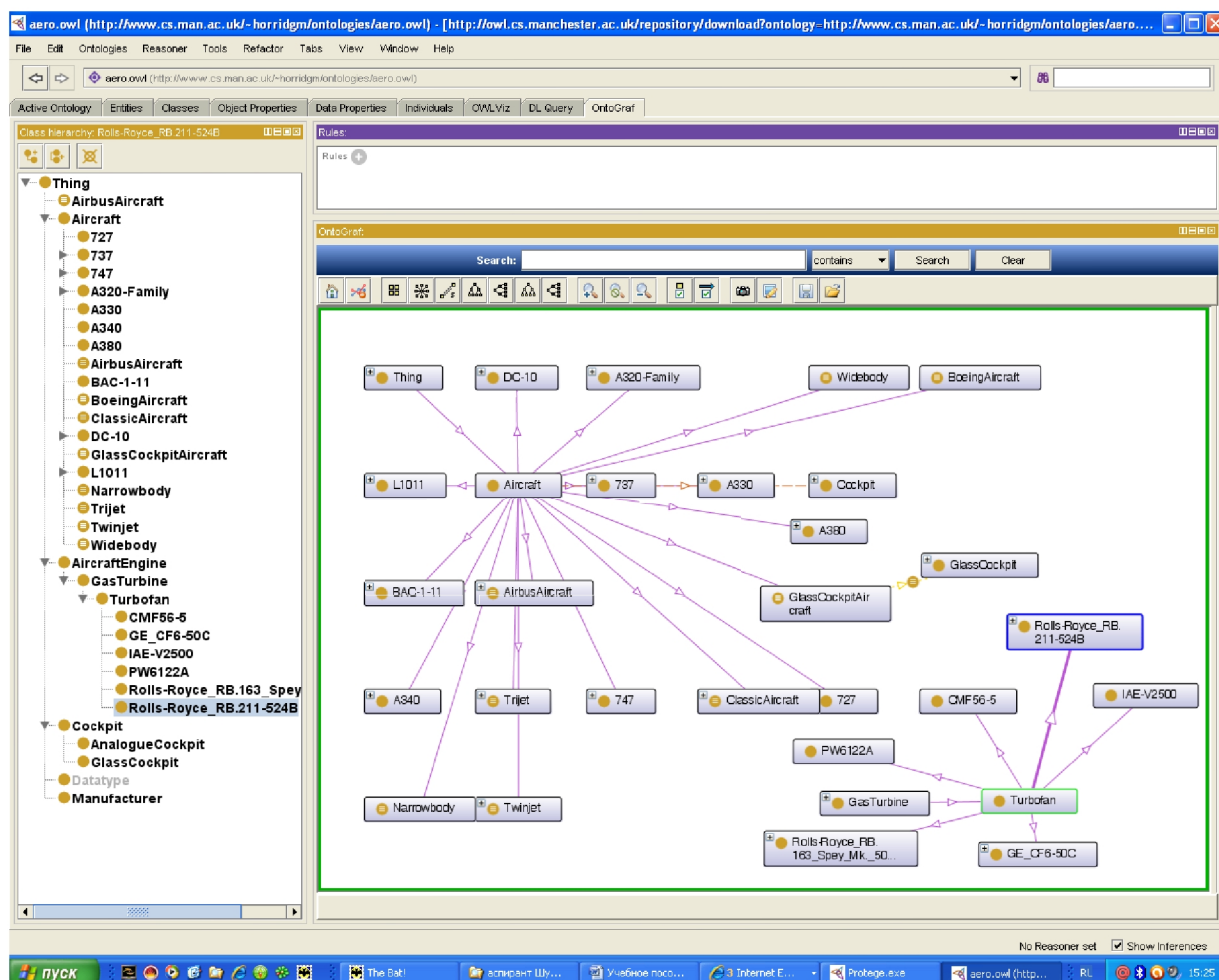
предварительное (или техническое) проектирование (preliminary design) включает разработку проектных решений по системе и её частям; разработку и оформление документации на поставку изделий для комплектования и/или технических требований (технических заданий) на их разработку; а также разработку заданий на проектирование в смежных частях проекта. Итоговым документом данной стадии проектирования является *технический проект*, содержащий помимо перечисленных материалов принципиальные схемы и конструкторскую документацию объекта разработки и составных его частей.

рабочее проектирование (detailed design) – заключительная стадия проектирования, которая помимо разработки рабочей документации на систему и её части предусматривает уточнение и детализацию результатов предыдущих этапов, создание и испытания опытного и/или опытно-промышленного образца, разработку технологической и эксплуатационной документации. Результаты излагаются в *рабочем проекте*.

Проектные задачи (условная онтологическая идеализация) – хорошо структурированное и артикулированное представление и описание цели деятельности, связанного с определенной частью деятельности конкретного субъекта проектирования в конкретных условиях и характеризующаяся применением конкретных способов и приемов деятельности в заданной среде, обеспечивающих достижение данного результата за определенное время. Любые типологии и классификации задач начинаются с «четкой и однозначной их персонификации. Сам термин имплицитно подразумевает того, кто эту задачу будет выполнять» [23]. Самое фундаментальное деление задач на стандартные (рутинные) и нестандартные (креативные). Критерий этого типологического деления – это наличие или отсутствие опыта у данного конкретного *субъекта* проектирования. Для решения стандартных задач могут быть извлечены и использованы уже накопленные *онтологические паттерны*, как отработанные модели *логистики*, и транслироваться для новых исходных данных и условий. Нестандартные задачи, понимаемые как первичные, новые имеют отношение к разыгрыванию и анализу сингулярности и тем самым к провоцированию мышления [23]. Поэтому важно создавать на предприятии каталог описаний и решений всех стандартных и нестандартных задач.

Пространство относится к разряду онтологических координат онтологической модели и включает, по крайней мере, две составляющие: глобальную географию и инфраструктурное пространство. Глобальная география – это типологическое структурирование физического пространства, на котором оперируют субъекты, в данном случае, проектирования, взаимодействуя со средой и объектами. Инфраструктурное пространство – это типологически организованная структура среды проектирования, обеспечивающая прозрачное и эффективное управление задачами, подразделениями и процессами. Инфраструктурное пространство является специфическим именно для конкретного предприятия и не может механически переноситься на деятельность другого.

Протежé (фр. *Protégé* - защищаемый, оберегаемый) - человек, получающий помощь влиятельной персоны. Часто употребляется в отношении одарённого человека, которому помогает в продвижении более опытный и богатый доброжелатель. Такими же свойствами по мнению разработчиков из Стенфордского университета обладает и их разработка - популярный редактор онтологий **Protégé**.



Процесс проектирования включает в себя целеполагание, уточнение проектной ситуации, анализ проектной ситуации, дивергенцию (расхождение, расширение границ), трансформацию (изменение формы), конвергенцию (схождение, соединение), гармонизацию (устранение конфликтов, противоречий), экспертизу и защиту.

Методы целеполагания: принуждение (силовое навязывание цели); агитация (промыывание мозгов); «свободный выбор» (из ограниченного количества возможностей); системный подход.

Методы уточнения проектной ситуации: интервьюирование; анкетирование; исследование поведения потребителей; системные испытания

Методы анализа: структурный; функциональный; стоимостный; конфликтный; причинный; потоковый.

Методы дивергенции: метод Элмера Гейтса; метод записной книжки Хефеле; мозговой штурм Алекса Осборна; синектика Уильяма Гордона; метод фокальных объектов Чарльза Вайтинга; морфологический анализ Фрица Цвикки; алгоритм наращивания идеальности.

Методы конвергенции: ранжирование; метод канонических критериев; формула красоты.

Методы гармонизации: приемы и принципы разрешения противоречий; стандартные решения изобретательских задач; алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ); алгоритм гармонизации.

Методы трансформации: гиперболизация; миниатюризация; диспропорция; мультипликация; деформация.

Методы экспертизы: метод экспертных оценок; моделирование.

Методы защиты: изготовление и демонстрация опытного образца; защита проекта на экспертном совете.

Методы организации процесса проектирования: функционально стоимостный анализ (ФСА); кружки качества; 8Д (Global 8Д, Ford 8Д, или TOPS 8Д); FMEA; PDCA.

Психология инженерная, одна из специальных дисциплин психологии. И. п. решает следующие задачи: 1) рациональная организация деятельности людей в системах "человек и машина", предназначенных для управления и обработки информации; 2) целесообразное распределение функций между управляющим и обслуживающим персоналом и техническими средствами автоматизации; 3) оптимизация процессов информационного обеспечения и принятия решения. В решении этих задач И. п. основывается на данных таких наук, как психология личности, психология труда и др., а также тесно взаимодействует с **системотехникой** и инженерными дисциплинами.

Психология проектирования относится к прикладной психологии. Наиболее близкими к ней направлениями являются инженерная психология, когнитивная психология (ее новое направление – виртуальная психология) и акмеология, которая трактуется как наука о закономерностях и путях достижения максимального совершенства во всех видах индивидуальной деятельности человека.

В проектировании всегда присутствуют **объекты** и **субъекты** проектирования. Субъект формулирует цель, определяет методы, средства и

подбирает ресурсы для создания конкретного артефакта – объекта проектирования. Личностные характеристики (предпочтения, пристрастия, представления, понимание, опыт) формируют не только **потребность** и критерии оценки будущего объекта проектирования, но и определяют выбор исполнителей с их методами, подрядчиков с их комплектующими и даже потребителей, и рынок. От идеи, возникшей в голове у гения, до покупателя, сориентированного менеджером – человеческий фактор играет решающую роль. Психология проектирования в отличие от инженерной и виртуальной психологии, моделируя творческую деятельность человека, изучает процесс формирования и трансформации потребностей в воображаемый виртуальный объект.

Революция (от лат. *revolutio* — движение, обращение, круговращение) - в таком смысле это слово употреблялось в средневековой латыни. Революцией обозначается полный и притом внезапный и весьма быстрый переворот или изменения. В современной трактовке термин революция чаще используют, говоря об изменении государственного и общественного строя. Революции противоположна *эволюция*, т. е. процесс постепенного развития. Очень часто говорят о революции в общественном устройстве, идеях, в умах, в литературе, в науке (Дарвин произвел революцию в биологии, Кант - в философии и т. п.).

Релева́нтность (лат. *relevo* — поднимать, облегчать) в информационном поиске — семантическое соответствие поискового запроса и поискового образа документа, мера близости между реально полученными документами и тем, что следовало бы получить из системы. Одно из наиболее близких понятию качества «*релевантности*» — «*адекватность*», то есть не только оценка степени соответствия, но и степени *практической применимости* результата.

Сема́нтика (от греч. - знак) - наука о смысловом значении слов, словосочетаний, символов и др. знаков, служащих для передачи информации. Семантика призвана устанавливать и уточнять смысл словесных знаков при помощи сопоставления аналогичных или тождественных слов. Семантика исследует смысловую нагрузку терминов, изучает внутреннюю структуру, логику и развитие знаков.

Семанти́ческая сеть — информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершины (или узлы) которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы. С.с. является одним из способов представления знаний. В с.с. роль вершин выполняют понятия базы знаний, а дуги (причем направленные) задают отношения между ними.

Отношение между объектом и множеством, обозначающим, что объект принадлежит этому множеству, называется отношением классификации ("это-есть" **ISA**). Связь **ISA** предполагает, что свойства объекта *наследуются* от множества.

Отношение между надмножеством и подмножеством называется **АКО** — «A Kind Of» («разновидность») (пример: "самолет является летательным аппаратом" = "тип с именем «самолет» является подтипом типа «летательный аппарат»"). Элемент подмножества называется гипонимом (самолет), а надмножества — гиперонимом (летательный аппарат).

Объект, как правило, состоит из нескольких частей, или элементов. Например, *самолет* состоит из планера, двигателя, авионики и т. д. Важным отношением является **HasPart**, описывающее части/целые объекты (отношение меронимии). *Мероним* — это объект, являющийся частью для другого. Двигатель — это мероним для автомобиля или самолета. *Холоним* — это объект, который включает в себя другое. Например, у планера есть крыло. Планер — холоним для крыла. Крыло — холоним для лонжерона.

Часто в семантических сетях требуется определить отношения синонимии и антонимии. Эти связи дублируются явно в самой сети.

Системотехника - научно-техническая дисциплина, охватывающая вопросы проектирования, создания, испытания и эксплуатации сложных систем. При разработке сложных систем возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составных частей (элементов, подсистем), но также и к закономерностям функционирования объекта в целом; появляется широкий круг специфических задач, таких, как определение общей структуры системы, организация взаимодействия между подсистемами и элементами, учёт влияния внешней среды, выбор оптимальных режимов функционирования, оптимальное управление системой и т.д. Системотехника объединяет точки зрения, подходы и методы по вопросам внешнего проектирования сложных систем.

Среда проектирования – окружение, в котором осуществляется таинство создания новых артефактов – **объектов** проектирования. Помимо объектов и **субъектов** проектирования в среде проектирования присутствуют и активно используются различные инструментарии (другие объекты: реальные и виртуальные) и ресурсы (материальные, интеллектуальные, финансовые).

Стадии разработки: техническое предложение, эскизный, технический и рабочий проекты (ГОСТ 2.103-68, ГОСТ 2.118-73 (1995)).

Техническое предложение - совокупность конструкторских документов, содержащих технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом

конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий.

Эскизный проект - совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Технический проект - совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Субъекты проектирования – разумные сущности, участвующие в процессе создания **артефакта** – **объекта проектирования**. К ним относятся: специалисты (*онтолог, когнитолог, психолог, маркетолог, проектант, конструктор, прочнист, аэродинамик, технолог, экономист, эксплуатационник, исполнитель..*), организованная группа специалистов (*предприятие, проектное бюро, институт, лаборатория*), заказчик (*потребитель, пользователь, клиент..*), Бог (*Создатель, Творец, Абсолют*). Субъекты проектирования являются носителями знаний, а также обладают свойством передавать, получать и обрабатывать знания. В состав субъектов проектирования включен и Бог, как виртуальный Создатель всего и вся. Его незримое присутствие ощущается рядовыми творцами, которые считывают по крупицам знания о мироздании, малую часть из которых направляют на

совершенствование среды обитания и самосовершенствование.

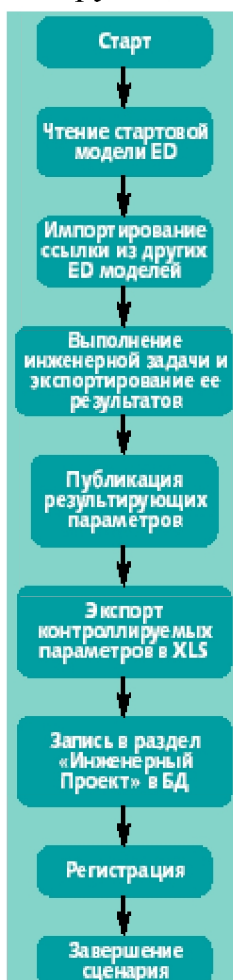
Сценарии проектирования – последовательность выполнения проектных процедур и операций, совокупность паттернов проектирования.

Рассмотрим сценарий проектирования на примере стадии инженерного моделирования.

Работа над моделью начинается с загрузки в систему CATIA из базы данных SMARTEAM одной из стартовых моделей. Стартовая модель — это «пустая» в содержательном смысле модель, обладающая заранее определенными свойствами. Например, стартовая модель содержит в себе параметры, формулы, проверки и другие элементы знаний.

Далее осуществляется поиск других ранее выполненных моделей (прототипов), данные которых требуются для разрабатываемой модели. Если такие модели найдены, то из них проводится импортирование ссылок. После этого, производится доведение модели до уровня поставленных требований. Результаты работы публикуются, становясь доступными для импорта в другие модели (например, для использования на следующих стадиях проектирования). Таким способом обеспечивается сохранение конфиденциальности разработки, и «облегчаются» модели, наследующие полученные результаты, что важно для последующего формирования больших сборок.

Затем выполняется проверка корректности модели в соответствии с заранее определенными критериями. Если результаты проверки положительны, то производится утверждение модели и запись ее в базу



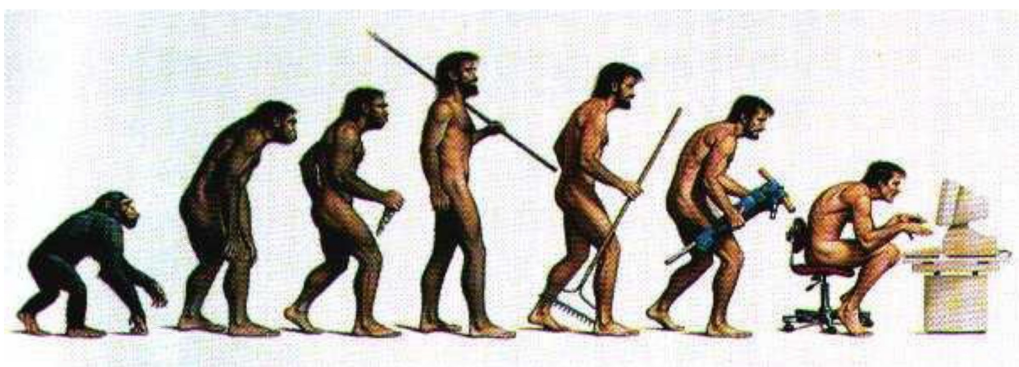
данных SMARTTEAM. На самом деле автоматическая проверка на соответствие правилам происходит постоянно в процессе работы в реальном времени, а не только по завершении работы.

Теза́урус (от греч. *θησαυρός* — сокровище) в современной лингвистике — особая разновидность словарей общей или специальной лексики, в которых указаны семантические отношения (синонимы, антонимы, паронимы, гипонимы, гиперонимы и т. п.) между лексическими единицами. Таким образом, тезаурусы, особенно в электронном формате, являются одним из действенных инструментов для описания отдельных предметных областей.

В отличие от толкового словаря, тезаурус позволяет выявить смысл не только с помощью определения, но и посредством соотнесения слова с другими понятиями и их группами, благодаря чему может использоваться для наполнения баз знаний систем искусственного интеллекта.

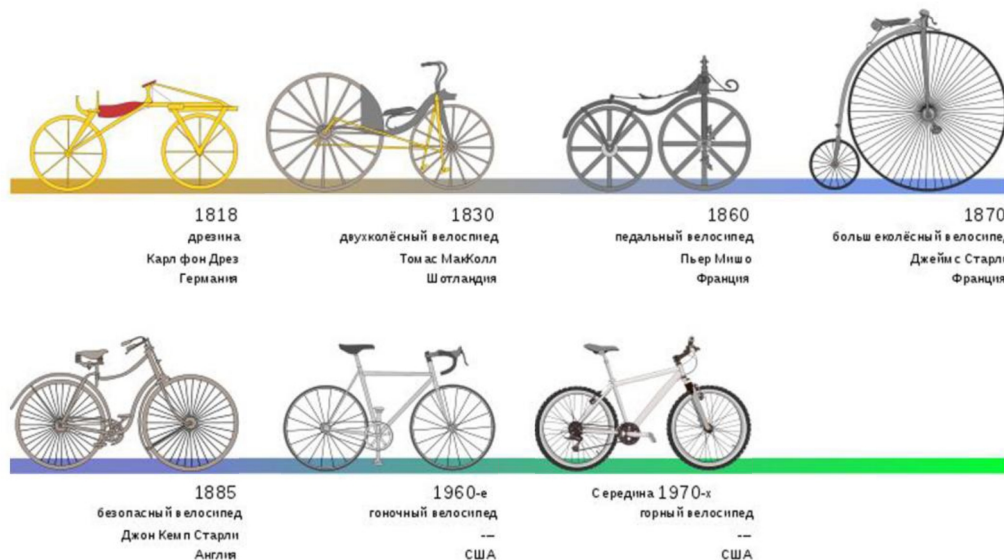
В прошлом термином *тезаурус* обозначались по преимуществу словари, с максимальной полнотой представлявшие лексику языка с примерами её употребления в текстах.

Фрейм (англ. *frame* — «каркас» или «рамка») — способ представления знаний в искусственном интеллекте, представляющий собой схему действий в реальной ситуации. Первоначально термин «фрейм» ввёл Марвин Минский в 70-е годы XX века для обозначения структуры знаний для восприятия пространственных сцен. Фрейм — это модель абстрактного образа, минимально возможное описание сущности какого-либо объекта, явления, события, ситуации, процесса. Обычно один фрейм содержит множество слотов, хотя может состоять и из одного. Слот представляется в виде (Имя_слота, Значение_слота).



Эволюция (от лат. *ēvolūtiō* «развёртывание, раскрытие») - процесс постепенного прогрессивного развития чего-либо. Эволюция знания совпадает с эволюцией жизни. В жизни как в эволюционном процессе работает не обучение, а отбор. В первые минуты существования Вселенной бурно эволюционировали элементарные частицы. С образованием химических элементов начался процесс эволюции минералов. Минералы -

участники геологической эволюции и эволюции органических веществ. Биологическая эволюция продолжила процесс, унаследовав сложившиеся структуры и механизмы развития. Эволюционная самосборка продолжилась в формировании сообществ животных и людей. Эволюционное проектирование унаследовал и сам продукт эволюции – человек.



К радости атеистов академик А.Н. Коновалов развил идеи Энгельса, высказанные в «Диалектике природы» о происхождении жизни, но уже на основе открытых супрамолекулярных систем. По утверждению академика жизнь не есть случайное стечение обстоятельств, она неизбежно возникнет там, где есть элементарные частицы, которые самоорганизуются в атомы, атомы – в молекулы, молекулы – в супрамолекулярные системы, супрамолекулярные системы – в биологические системы... Естественно, для всего этого нужны условия. На нашей планете, слава Богу, они есть. Пока.

Язык веб-онтологий OWL - язык для определения и представления *веб-онтологий*. Веб-онтология может включать описания *классов*, *свойств* и их примеры. [Формальная семантика OWL](#) описывает, как получить логические следствия, имея такую онтологию, т.е. получить факты, которые не представлены в онтологии буквально, но следуют из ее семантики. Эти следствия могут быть основаны на одном документе или множестве распределенных документов, которые комбинируются с использованием [механизмов OWL](#). Одним из преимуществ OWL онтологий - это доступность инструментов, которые обеспечат общую поддержку, не являющейся специфической для данной предметной области.

Для поддержания процесса построения онтологий в **IDEF5** существуют специальные онтологические языки: **схематический язык** (Schematic Language-SL) и **язык доработок и уточнений** (Elaboration Language-EL). SL является наглядным графическим языком, специально предназначенным для изложения компетентными специалистами в рассматриваемой области

Если художник решит приписать
К голове человеческой шее коня,
А потом облечет в разноцветные перья тело,
Которое он соберет по куску отовсюду -
Лик от красавицы девы,
А хвост от чешуйчатой рыбы, -
Кто бы, по-вашему, мог, поглядев,
Удержаться от смеха?

Гораций (65-8 до н.э.)

2. Практика проектирования – искусственный отбор

Наверняка многих удивил тот факт, что в разделе «Терминологические соглашения» появились термины, обычно не употребляемые проектировщиками. Это - отбор искусственный и естественный, революция и эволюция. А что такое собственно проектирование, как не искусственный отбор! Причем в проектировании присутствуют обе формы отбора: бессознательная и методическая, а изменения, которые происходят в мире артефактов, носят эволюционный и революционный характер.

По самому смыслу проектирования - методический, целенаправленный отбор превалирует на практике. В тоже время, известно, что пионеры авиации не предполагали и даже не мечтали, что их летающие «игрушки-покатушки», сделанные для забавы, совершенствуясь, превратятся в целую отрасль, и в короткий срок существенно изменят наш мир, удовлетворяя уже совсем иные потребности.

Для того чтобы лучше понять процесс создания любого артефакта – желательно принимать непосредственное участие в его создании, при этом важно изучить предшествующий опыт проектирования подобных объектов. Профильная для специальности «Авиастроение» тема «самолет» изобилует многочисленными примерами того как создается эта сложная техническая система. Богатый опыт, накопленный за 100-летний период развития авиации как у нас в стране, так и за рубежом, не решил всех проблем проектирования. Ни достижения науки, ни современные технологии, включая CALS, не позволяют спрогнозировать с высокой точностью характеристики будущего самолета. Практически все оценки носят лишь приближенный расчетный характер и как в случае с погодой справедливы лишь на аналогичный по продолжительности экстраполяционный период.

Поучительной и наглядной иллюстрацией высказанного утверждения могут являться приведенные ниже две заметки о примерах проектирования самолетов (в США и России), о том, как принимаются решения и какова их достоверность.

Если отбросить отличие в применяемых технологиях изготовления и методах проектирования, типах двигателей и материалах, и, конечно, в стиле изложения этих материалов, то можно заметить, что результаты современного проектирования, т.е. сами заявленные параметры самолета, получаются с той же степенью достоверности, что 70 лет тому назад.

УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ САМОЛЁТОВ

(статья Р. Р. Осборна в журнале "Aviation", в сокращении.

Источник: К. Вуд Проектирование самолетов. Пер. с англ., Москва, 1940)

Проектирование и производство самолетов многие представляют, как нечто таинственное. Многие не имеют никакого представления, почему для одного типа самолета используется бипланная схема, в то время как для другого монопланная. Мы опросили некоторых опытных конструкторов, каким образом они создают новый самолет. Ниже мы приводим с их слов описание процесса создания обычного самолета - от чертежной доски до аэродрома.

Так как лучшие чертежники заняты изготовлением реклам для торгового отдела, то главный конструктор с неудовольствием узнает о том, что чертить будет неопытный человек, а расчеты и вычисления он должен делать сам.

Конструктор задается размахом крыла 37,5 фута. Чертежник не разбирается в его почерке и делает чертеж самолета с площадью крыла 375 кв. футов.

Первоначально намечается моноплан. Но происходит смена районных инспекторов Департамента Торговли. Новый инспектор предпочитает бипланы, поэтому конструкция изменяется на биплан.

Партнер главного инженера по игре в гольф является владельцем моторного завода. Это обстоятельство оказывает решающее влияние на выбор мотора. Конструктор возмущается. Главный инженер начинает хуже играть в гольф, и партнер постоянно обыгрывает его. Тогда он предлагает конструктору взять лучший мотор другой фирмы. Конструктор снова озадачен: он не знает, что ему делать с новым мотором.

Президент акционерного общества предписывает всемерное снижение себестоимости и эксплуатационных затрат. Конструкция соответствующим образом изменяется.

Конструктор узнает, что самолетная фирма X проектирует самолет с крылом типа "чайка". Он немедленно стирает все начерченное и начинает разрабатывать новое крыло типа "чайка". В это время конструктор фирмы X стирает свои чертежи и начинает набрасывать крыло типа "бабочка", так как он узнал, что фирма Y разрабатывает крыло этого типа.

Президент акционерного общества возвращается из поездки по стране и рассылает циркуляр, в котором пишет, что самым главным качеством самолета в данный момент является улучшение обзора пилота и для достижения этой цели надо жертвовать и дешевизной конструкции, и скоростью. Конструкция соответственно изменяется.

Цех делает ошибку и укорачивает фюзеляж на 1 фут. Так как перед этим цех покрыв одну из ошибок конструкторского бюро, то по принципу "рука руку моет" конструктор написал длинный доклад главному инженеру, доказывая, что наблюдается тенденция к более коротким фюзеляжам, а поэтому следует укоротить фюзеляж на 1 фут. Главный инженер, не уловив смысла туманных вычислений конструктора, распоряжается укоротить нос фюзеляжа на 1 фут. Конструктор и начальник цеха обсуждают этот вопрос, решают укоротить нос фюзеляжа на 1 фут и считают вопрос исчерпанным.

Наконец, прибывает мотор. Оказывается, что фирма построила девятицилиндровый мотор вместо семицилиндрового, а подмоторная рама рассчитана на семицилиндровый

мотор. После длительной безрезультатной переписки между обеими фирмами о том, что делать - заменить подмоторную раму или снять два цилиндра,- приходят к решению бросить монету (орел или решка). Заменяется подмоторная рама.

После установки мотора оказывается, что карбюратор задевает за шасси. Мотор отсылают обратно на завод, чтобы переделать карбюратор. Когда мотор возвращают, обнаруживается, что новый карбюратор задевает за масляный бак. Мотор снова отправляют на завод для переделки на непосредственный впрыск.

Ни один из рабочих, занятых на обтекателях, не знает английского языка, поэтому инженер-конструктор на пальцах объясняет им, какого типа крыльевые зализы необходимо сделать. Думая, что он говорит о капотах мотора, они делают новый тип капота на мотор; инженер-конструктор разрабатывает соответствующий чертеж и посылает его главному инженеру с указанием, что его новый проект должен дать увеличение скорости на 4 мили в час?

Шасси было рассчитано на колеса большого диаметра. Кто-то изобрел колеса малого диаметра и продал их агенту снабжения фирмы. После постановки их оказалось, что зазор между винтом и землей слишком мал. Инженер-конструктор считает, что надо поставить трехлопастный винт, так как окружная скорость концов лопасти слишком велика.

Во время сборки самолета обнаруживается, что верхнее крыло упирается в потолочную балку цеха. После сравнения стоимости потолочного перекрытия цеха и одного набора стоек самолета высоту коробки биплана решено уменьшить на 6 дюймов.

После первого взвешивания обнаруживается, что центр самолета сильно смещен. Для получения нужной центровки изготавливается новое верхнее крыло с резко выраженной стреловидностью в плане. Главный инженер пишет президенту фирмы, что связанная с этим задержка оправдывается улучшением обзора пилота.

При вытаскивании самолета из ворот ангара обламывают конец левого крыла размером в 1 фут. Другую сторону также укорачивают на 1 фут и оба конца аккуратно закругляют.

Самолет проходит скоростные испытания, причем максимальная скорость оказывается на 5 миль в час выше ожидаемой конструктором, но на 5 миль в час ниже той, которую он указал в предварительных технических условиях. Эта скорость на 10 миль в час больше той, которую ожидал получить инженер-расчетчик, и на 10 миль в час меньше той, которую он обещал президенту фирмы. Она на 15 миль в час больше ожидаемой управляющим торговым отделом и на 15 миль в час меньше указанной им в предварительной рекламе.

Именно эту скорость и ожидал получить президент фирмы, хорошо знающий свои предприятия.

SUPERJET 100 ОКАЗАЛСЯ ДАЛЕК ОТ ЗАЯВЛЕННЫХ РАЗРАБОТЧИКАМИ ПАРАМЕТРОВ

26 октября 2010 года, "РБК daily" (в сокращении)

<http://www.aex.ru/fdocs/1/2010/10/26/18469/>

Согласно материалам компании "Гражданские самолеты Сухого" (ГСС), за полтора года готовящийся к выпуску лайнер SSJ-100/95В потяжелел на несколько тонн. Так, максимальная взлетная масса самолета выросла с 42,52 до 45,88 т. Максимальная посадочная масса — с 39,4 до 41 т. Утяжеление самолета привело к большему расходу топлива. Ранее ожидалось, что при полетах на расстояния до 500 км самолет будет потреблять 1651 кг топлива в час, от 500 до 1000 км — 1615 кг, от 1000 до 1500 км — 1610 кг топлива в час и т.д. При этом заказчики считали, что средняя величина потребления равняется 1622 кг. Однако производитель сообщил первым заказчикам

самолета об увеличении среднечасового расхода топлива на 170 кг, то есть примерно до 1800 кг в час.

Не исключено, что перевозчики предъявят штрафные санкции за финансовые издержки, связанные с эксплуатацией данного самолета. Так, при налете 3 тыс. часов в год дополнительные расходы перевозчика могут составить 382,5 тыс. долл. в год (при цене топлива 750 долл. за тонну). Еще одной причиной претензий авиакомпаний к производителю может стать очередной перенос сроков поставки лайнера.

Практически всегда параметры нового самолета уходят в сторону утяжеления, потом начинается программа по сокращению веса. Это может быть также из-за конструкционных проблем. Но сможет ли самолет по мере доводки выйти на заявленные показатели? Так, например, первые машины Boeing-787 производитель оставил себе, так как их характеристики оказались далеки от заявленных.

Американская The Weekly Standard опубликовала статью заместителя министра промышленности и торговли РФ Дениса Мантурова, в которой содержится подробное описание значительных огрехов, допущенных при проектировании двигателя самолета (силовая установка самолета из двух двигателей SaM146 поставляется компаниями PowerJet – совместным предприятием между французским консорциумом Snecma/SAFRAN и российским НПП "Сатурн"/"Рыбинские Моторы").

Отмечаются повторяющиеся случаи разрушения крепления диска третьей ступени компрессора: первый случай приходится на 2009 г., второй произошел 9 февраля 2010 г., а третий – в марте 2010 г., когда мотор проходил наземные испытания на стенде.

Однако Европейское агентство авиационной безопасности (European Aviation Safety Agency, EASA) – европейский аналог американской Федеральной авиационной администрации (Federal Aviation Administration, FAA) сертифицировало двигатель как безопасный для перевозок пассажиров на воздушном транспорте. Получается, что EASA сертифицировало опасный в эксплуатации мотор с фундаментальными конструктивными недостатками.

Тем не менее, Sukhoi SuperJet-100 (SSJ-100) успешно завершил программу испытаний по определению уровня шума, которая является частью общей сертификационной программы. Прохождение этого теста дает возможность самолету совершать полеты в Европу. Это важный этап программы SSJ-100, который подтверждает хорошие перспективы продаж на международном рынке. В настоящее время, получив разрешение AP МАК и EASA, самолет принимает участие в испытаниях в условиях электромагнитных полей высокой интенсивности (HIRF). Программа испытаний HIRF разработана проектной группой ГСС при участии компании Alenia Aeronautica, входящей в концерн Finmeccanica, и соответствующих сертификационных властей.

ЗАО "Гражданские самолеты Сухого" основано в 2000 г. для реализации гражданских проектов холдинга. Чистый убыток ГСС в I полугодии 2009 г. вырос в семь раз по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года и составил 1170,5 млн руб.

В настоящее время основным проектом компании является программа по созданию семейства российских региональных самолетов Sukhoi SuperJet-100. Первый летный самолет SSJ-100 был представлен публике 26 сентября 2007 г. на заводе в Комсомольске-на-Амуре. Там же 19 мая 2008 г. он успешно совершил первый полет. 24 октября 2008 г., после завершения заводских доводочных испытаний, самолет передан на сертификацию.

Из приведенных публикаций видно, как важно в проектировании учесть все факторы (сущности: объекты, субъекты, их связи и характеристики), влияющие на эффективность будущего объекта или системы. В публикации 70-ти летней давности особенно выпукло видны: влияние человеческого фактора в части предпочтений и копирования идей в проектировании,

несогласованности действий между подразделениями и, как это может показаться не странно, в итоге малая чувствительность принимаемых решений и значений выбираемых параметров на результаты проектирования (пологость функционала).

Последнее обстоятельство объясняется, в том числе и изменяющимися приоритетами в процессе самого проектирования, когда требования и критерии уточняются и формулируются на ходу с учетом получаемой внешней и внутренней информации. Что по большому счету напоминает известный в биологии отбор, когда в природе находится место всем по их возможностям и их потребностям. Главное удержаться, остаться нужным, позаботиться о себе, выжить. Понятно, что сам **объект** сделать этого не может, но заложенные субъектами в него ресурсы, могут продлить жизнь даже менее совершенной модели артефакта. Так как в ряде случаев переход на более совершенные объекты потребует значительных ресурсов, которых может не оказаться в рассматриваемый период.

Здесь стоит обратить внимание и на **временные принципы оптимизации и проектирования**, которые в реальной практике создания объекта не всегда выполняются. Условная идеализация оптимизационных моделей, в которых должны быть учтены лишь исследуемые факторы, а влияние прочих «заморожено» - справедлива, с точки зрения оценки этих факторов. Однако параметры, характеризующие свойства объекта и не являющиеся проектными переменными и выступающими в роли заданных констант (например, свойства конструкционного материала), не всегда могут быть определены с высокой степенью достоверности.

Неопределенность проектной информации как абсолютно объективный фактор в силу естественных причин невозможности заглянуть в будущее учитывается при проектировании поиском устойчивых решений к погрешностям прогнозных оценок. В учебном пособии [1] вопрос неопределенности проектной информации, ее природа, виды - рассмотрен подробно. Там же изложен материал по оптимизации при проектировании – как основной процедуры синтеза проекта.

Актуальным принципом проектирования является **принцип экологичности**. Гармонизация создаваемого объекта с окружающей средой на всех этапах его жизненного цикла, как по потребляемым ресурсам, так и по воздействию на среду, учет необходимости дальнейшей естественной утилизации – все это, включая эргономичность артефакта, цель и смысл детей Творца – проектировщиков и конструкторов новых систем и объектов. Критерий энергопотребления летательного аппарата за весь жизненный цикл – один из важных показателей, позволяющий реализовать этот принцип при проектировании. Разработанный в КуАИ в далекие 70-е под руководством профессора Маслова В.Г., этот критерий соответствует современным тенденциям энергосбережения, а его развитие позволит оценивать новые объекты с фундаментальных позиций использования имеющихся энергетических ресурсов.

3. Замысел Создателя – принципы проектирования

Нам не дано понять богов,
Пусть помыслы чисты..

Исаия

Нам не дано предугадать,
Как слово наше отзовется, —
И нам сочувствие дается,
Как нам дается благодать...

Тютчев Ф.И.

Сначала было слово,
и слово было - Бог.

Из Библии

Надо быть достаточно смелым и невероятно умелым одновременно, чтобы попытаться разгадать замысел Творца или представить хотя бы гипотезы его задумки, его плана. Однако атеистическое воспитание дает о себе знать и позволяет автору не скромничать и снять с себя табу в этом вопросе.

По-видимому, замысел Абсолюта состоял в создании устойчивого, саморазвивающегося, эволюционирующего Мироздания от самых нижних его уровней - физических миров до наивысшего - уровня самого Создателя Вселенных. И самое главное во всем этом – это эволюция Сознания от момента его зарождения до полного самоосознания себя в мире - рождения Самосознания. Новорожденное сознание (наше в том числе) - несведущий младенец, которого Создатель отправляет в длинный путь познания Мира, чтобы он на собственном опыте познал его законы и научился жить самостоятельно согласно им. Не в нашей воле оспаривать Законы Творца или пытаться корректировать их, его воля - выбирать жизнь по ним. Этот выбор - основа эволюции.

Условия для эволюции сознаний создаются только при наличии свободного выбора из двух крайних противоположностей - при наличии полярности. Такие противоположности у человека ассоциируются с понятиями Добра и Зла, с созиданием и разрушением, со светом и тьмой. Полярность, конечно, условна. Как в спектре света бесконечны полутона, так и выбор, который делает природа или онтологическая сущность, названная Творцом-создателем, так же может быть разным. Условия, в которых формируется новая сущность (геологическая, биологическая или артефакт), во многом определяют ее свойства.

Создаваемые первые самолеты, походившие с большой натяжкой на вымерших птеродактилей, кажутся нам несколько неуклюжими по сравнению с современными лайнерами. Миллионы лет естественной эволюции (отбора), долгий путь проб и ошибок, спрессовывается в сотни и десятки лет, когда накопленные знания дают невиданный доселе прогресса в реализации искусственного отбора, на который не требуется экспериментальная выверка вариантов развития.

Эволюция и естественной отбор, существующий в природе, дополнен научно-технической **революцией** и **искусственным отбором**, который освоил венец эволюции - человек. Фактически, вобрав накопленные знания, человеку удастся ускорить отбор, и где-то даже участвовать в формировании пути развития, заботясь об удовлетворении своих **потребностей**.

Человеку, как и природе, свойственны ошибки. Причем при соблюдении равных условий принимаемые решения, поступки, действия и проекты у разных людей получаются разными. Пресловутый «человеческий фактор» определяет нам наше бытие.

НЕ стреляйте в пианиста,
он играет, как умеет.

Надпись в одном из баров в Техасе

3.1. Психология проектирования

В проектировании всегда присутствуют объект и субъект проектирования. Субъект формулирует цель, определяет методы, средства и подбирает ресурсы для создания конкретного артефакта – объекта проектирования. Личностные характеристики (предпочтения, пристрастия, представления, понимание) формируют не только потребность и критерии оценки будущего объекта проектирования, но и определяют выбор исполнителей с их методами, подрядчиков с их комплектующими и даже потребителей, и рынок. От идеи, возникшей в голове у гения, до покупателя, сориентированного менеджером – человеческий фактор играет решающую роль. «Кадры решают всё!» - это не лозунг времени, это аксиома эволюции человеческой цивилизации.

Онтология проектирования, ее понятийный аппарат, ее базовые принципы - инвариантны к предметной области, в то время как само проектирование, как деятельность, всегда предметно, всегда объектно-ориентировано. Развиваясь как научная дисциплина, онтология проектирования вбирает и обобщает накопленный опыт из разных предметных областей.

Считается, что в большинстве случаев, для большинства субъектов проектирования освоение дисциплины более эффективно, когда при ее

изучении в качестве примера рассматривается та область, в которой обучающийся наиболее подготовлен или как минимум владеет основными понятиями. Поэтому практическое освоение онтологического анализа в рамках данной дисциплины проводится на примерах из области проектирования самолета [6].

Психология проектирования относится к прикладной психологии. Наиболее близкими к ней направлениями являются инженерная психология, которая исследует процессы и средства информационного взаимодействия между человеком и машиной, и психология управления, а также когнитивная психология (ее новое направление – виртуальная психология) и акмеология. Указанный последний раздел психологии трактуется как наука о закономерностях и путях достижения максимального совершенства во всех видах индивидуальной деятельности человека.

Основными направлениями инженерной психологии наиболее близкими к психологии проектной деятельности являются:

- Анализ задач человека в системах управления, распределение функций между человеком и автоматическими системами.
- Исследование процессов приема человеком информации.
- Анализ процессов переработки информации человеком, ее хранения и принятия решений.
- Использование результатов исследований для проектирования человеко-машинных (человеко-информационных) систем.
- Использование результатов исследований для виртуальной психологии.

Психология проектирования в отличие от инженерной и виртуальной психологии, моделируя творческую деятельность человека, изучает процесс формирования и трансформации потребностей в воображаемый виртуальный объект. Потребность всегда выступает как движитель развития.

«Природа не любит пустоты», поэтому она или Он (если Он существует, а мы допустили, сам факт его виртуального присутствия) заложили или «вшили» в модель биологических существ потребность (хороший синоним **нужда**) - внутреннее состояние психологического или функционального ощущения недостаточности чего-либо, которые проявляются в зависимости от ситуационных факторов.

Различают потребности:

- по сферам деятельности (потребности труда, познания, отдыха..)
- по объекту потребностей (материальные, духовные, этические..)
- по субъекту потребностей (индивидуальные, групповые, общественные..)
- и т.д.

Обычно у человека одновременно имеется более десяти нереализованных потребностей одновременно, и его подсознание расставляет их по степени значимости, образуя довольно сложную иерархическую структуру, известную, как «Пирамида потребностей Маслоу». А. Маслоу делил потребности по последовательности их

удовлетворения, когда потребности высшего уровня появляются после удовлетворения потребностей уровнем ниже.

- Потребности физиологические
- Потребности безопасности
- Потребность в принадлежности и любви
- Потребности в уважении и почитании
- Познавательные потребности
- Эстетические потребности
- Потребность в самовыражении, самоактуализации

Процесс «узнавания» потребностью своего предмета или моделирование его, в случае еще не существующего предмета, называется опредмечением потребности. Самим актом опредмечения потребность преобразуется — становится определенной, потребностью именно в данном предмете. Определенное — очень важное событие: в этом акте рождается мотив, который заставляет действовать. Через опредмечивание потребность получает свою конкретизацию. Поэтому мотив еще определяется как опредмеченная потребность. Вслед за опредмечиванием деятельности и появлением мотива резко меняется тип поведения — оно обретает направленность, зависящую от мотива.

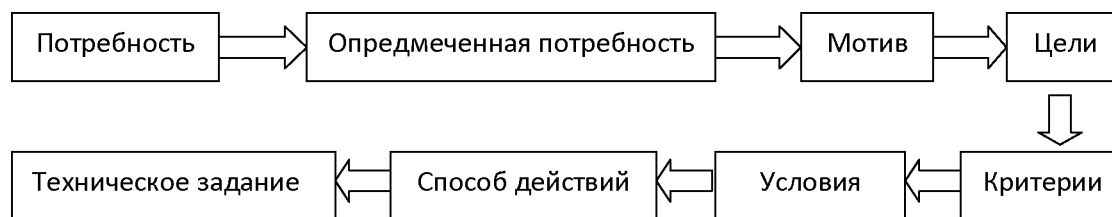


Рис. 3.1. Путь трансформации Потребности в ТЗ.

Движущей силой в проектировании является потребность, которая неразрывно связана с субъектом проектирования — с человеком (заказчиком, проектировщиком). Формирование ее трудно предсказуемо, но всегда или почти всегда опирается на прошлое: на опыт, порождающихся различных ассоциаций на базе хранимой информации того же прошлого и случайной комбинации всего и вся. Психология проектирования, как раздел онтологии проектирования, изучает взаимоотношения субъекта и объекта проектирования, мотивы взаимоотношения применяемых средств, сам процесс трансформации потребности в проект через техническое задание (рис.3.1.)

Нужда — хороший стимул

Аксиома Боргеста

3.2. Принципы проектирование

Исторически проектирование возникло внутри сферы "изготовления" (домостроения, кораблестроения, изготовления машин, градостроения и т.д.) как момент, связанный с изображением на чертежах и при построении расчетов, а также на макетах, компьютерах и т.д. *внешнего вида, строения и функционирования* будущего изделия (дома, корабля, машины). По мере развития и совершенствования деятельности изготовления семиотическая и мыслительная деятельность, опирающаяся на чертежи и расчеты, все более усложнялась; она начала выполнять следующие функции: организация деятельности изготовления, представление отдельных планов и частей изготавливаемого изделия, увязка на чертеже различных требований к изделию, оценка и выбор лучших решений и другие. На этом этапе все эти функции формировались внутри деятельности изготовления и практически не осознавались как самостоятельные.

Проектирование становится самостоятельной сферой деятельности, когда происходит разделение труда между архитектором (конструктором, расчетчиком, чертежником) и собственно изготовителем (строителем, машиностроителем). Первые начинают отвечать за семиотическую и интеллектуальную часть работы (конструктивные идеи, чертежи, расчеты), а вторые – за создание материальной части (изготовление по чертежам изделия). Складывается деятельность проектирования, для которой характерен ряд моментов [36].

1. Принципиальное разделение труда между проектированием и изготовлением. Проектировщик обязан разработать изделие полностью, решив все вопросы его внешнего вида, строения и изготовления, увязав при этом разнообразные требования к объекту. Изготовитель по проекту создает изделие в материале.

2. Проектировщик разрабатывает все изделие в семиотическом плане, используя чертежи, расчеты и другие знаковые средства (макеты, графики, фото и т.п.). Его обращение к объекту (прототипу или создающемуся объекту) может быть только эпизодическим и опосредованным.

3. Для проектирования характерны определенная "логика" и определенные возможности, недостижимые вне этой деятельности. Так проектировщик может совмещать и примерять противоположные или несовпадающие требования к объекту; разрабатывать отдельные планы и подсистемы объекта; описывать независимо друг от друга вид, функции, функционирование и строение объекта и затем совмещать их; разрабатывать различные варианты объекта и его подсистем, сравнивать эти варианты. Разрабатывая изделие, проектировщик строит своеобразные "семиотические модели", причем модели проектируемого объекта, полученные на предыдущих этапах, используются как средства при построении моделей, строящихся на последующих этапах проектирования.

Проектирование и науку как противопоставляют, так и отождествляют друг другу. П. Хилл, например, пишет: "Инженерное проектирование можно

рассматривать как науку. Под наукой обычно подразумевают обобщенные и систематизированные знания". Однако проектирование принципиально отлично от науки и от инженерии. Прежде всего, они отличаются формально по продукту: продукт научного исследования – знание, продукт проектирования – проект. За разделением по продукту следуют существенные различия в методах и средствах, используемых деятельностью, создающей продукт. Проектирование включает в свой набор средств знания, созданные наукой, наука включает в число своих средств элементы проектирования (проектирование мысленных и технических экспериментов, их оснащения и т.п.), но принципиальное различие в средствах сохраняется.

Проект организует деятельность изготовления, знание же удовлетворяет познавательной потребности, характеризуя неизвестное (новое) содержание через уже известное. Характерная особенность получения научных знаний – построение новых знаковых моделей оперативным путем (один из основных источников этой оперативности – математика) с последующим доказательством эффективности построенной модели относительно объекта.

Проектирование в отличие от науки не служит познавательным целям. Цель проектирования – создание объекта, удовлетворяющего определенным требованиям, обладающим определенным качеством. Однако в отличие от опытного способа изготовления объекта в материале и опробования его на практике в проектировании объект разрабатывается в плоскости "семиотической" (знаковой и знаниевой). Знания для проектирования это только средства, с их помощью (на основе описаний прототипов, функций, конструкций, соотношений, норм и т.п.) проектировщик, с одной стороны, создает "предписания" для изготовления объекта в материале (*проект как система предписаний*), с другой – описывает строение, функционирование и внешний или внутренний вид объекта, добиваясь, чтобы его структура удовлетворяла требованиям заказчика и принципам проектирования (*проект как модель создаваемого объекта*). При этом в качестве модели проект имеет две основные функции: "коммуникативную" (связывающую заказчика, проектировщика и потребителя) и "объектно-онтологическую", обеспечивающую внутри процесса проектирования разработку и создание проектируемого объекта [36].

Особенность проектировочных чертежей как сложных знаковых средств – возможность выражать в них одновременно две разные группы смыслов и содержаний: чисто объектные и операциональные (чертеж может быть разбит на элементы, части, фрагменты, между которыми устанавливаются разнообразные отношения – равенства, подобия, части – целого, пропорциональности, включения, исключения, смежности, положения и т.п.). За счет этого проект может быть прочтен один раз как "знание и описание" (в коммуникации заказчик – проектировщик – потребитель), а другой раз – как сложное предписание (в деятельности изготовления).

Одно из условий эффективности проектирования – возможность в ходе проектирования не обращаться к создаваемому в материале объекту, к

испытанию его свойств и характеристик в практике. Эта фундаментальная особенность проектирования обеспечивается с помощью знаний (научных, инженерных или опытных), в которых уже установлены как основные, обращающиеся в проектировании функции и конструкции, так и отношения, связывающие функции с конструкциями. Действительно, в норме проектирование предполагает движение от требований к функциям (функционированию), а также от функций к обеспечивающим их конструкциям. В ходе проектирования осуществляется расщепление одних функций на другие, вычленение в сложной конструкции более простых и, наоборот, составление из простых более сложных конструкций (этап проектировочного анализа и синтеза), переход от одних функций и конструкций к другим.

Инженер устанавливает типы, особенности функционирования и строения объекта, а также отношения между функциями и конструкциями, т.е. получает те знания, которые проектировщик кладет в основание операций анализа и синтеза, детализации и конкретизации, разработки вариантов решения проекта и их оценки. Если инженерные разработки "отстают" или еще не сложились, то проектировщик обращается к специалистам – практикам (изготовителям, эксплуатационникам, экспертам) в поисках опытных знаний, необходимых для проектирования.

Обобщение опыта проектирования, изучение опыта работы спроектированных объектов, уточнение и совершенствование норм проектирования, ряд научных исследований фактически направлены именно на получение опытных знаний. Например, если расчет прочности, нагрузок, устойчивости (в проектировании самолета) или токов, сопротивлений и напряжений (в электротехническом проектировании) осуществляется на основе развитых инженерных дисциплин и обслуживающих их технических наук, то "расчет" потоков движения и поведения людей в зданиях (или городе), а также "расчет" деятельности в сложных "человеко-машинных" системах идут на основе опытных знаний и соображений (описаний прототипов, наблюдений, гипотез и т.д.).

Проектирование венчает собой длительную эволюцию техники и инженерии. Она впервые соединяет разработку семиотических моделей (научных знаний и теорий) с техническим действием, организуя из них единый процесс инженерного искусства. В инженерии, также впервые, складывается процедура прямого удовлетворения требований, предъявляемых к будущему изделию. Однако инженер озабочен и ограничен прежде всего связью в изделии двух начал – *природного* и *технического*, первое начало – источник энергии, силы, движения; второе – возможность воплотить эти природные процессы в жизнь, поставить их на службу человеку, сделать моментом целенаправленного действия.

В отличие от техники и инженерии проектирование уже не обращается к реальному материалу, изделию, опыту. Организуя производство через проекты, оно окончательно освобождается и от технического действия.

Проектирование – это *искусство и "наука" чисто семиотического действия*, изделие здесь с начала и до конца создается в плоскости знаковых проектных средств (моделей и предписаний). Возможность не обращаться к материалу, изделию, опыту, возможность решать изделие в плоскости операций со знаками, на моделях, сравнивать варианты решений, испытывать и опробовать соответствующие варианты жизнедеятельности позволяет не только многократно сжать сроки изготовления изделий, но и сделать общее решение неизмеримо качественней. Именно в проектировании удовлетворяются разнообразные требования, предъявляемые к изделию, причем удовлетворяются быстро и эффективно. Проектирование фактически первый и основной механизм в современной культуре, обеспечивающий связь производства с потреблением, заказчика с изготовителем.

К уже названным выше временным и экологическим принципам проектирование можно специфицировать также рядом других важных принципов [35, 36]:

Принцип независимости – материальная реализация проекта не меняет природу и ее законы (но изменяет среду).

Принцип реализуемости – по проекту в существующем производстве можно изготовить соответствующее проекту изделие – вещь, самолет, сооружение, город, системы и т.п.

Принцип соответствия – в проектируемом объекте можно выделить, описать, разработать процессы функционирования и морфологические единицы (единицы строения) и поставить их в соответствие друг другу; то же справедливо и в отношении функций и конструкций.

Принцип завершенности – хотя почти любой проект может быть улучшен во многих отношениях, т.е. оптимизирован, в целом, тем не менее, он удовлетворяет основным требованиям, предъявленным к нему и его реализации заказчиком, культурой, обществом.

Принцип конструктивной целостности – проектируемый объект состоит из элементов, единиц и отношений, которые могут быть изготовлены в существующем производстве.

Принцип оптимальности – проектировщик стремится к оптимальным решениям.

Типологический принцип - проектирование является неустранимо объектно-ориентированной деятельностью [35].

Известный архитектурный принцип "конструкция следует за функцией" или "форма следует за функцией" справедлив в мире классической механики, где действуют и передаются силы. Функция: противостоять, обеспечить защиту, нагрузку. А дальше форма следует за функцией и за конструкцией. То есть этот принцип справедлив, но в определенном мире. В электрической, информационной и других средах он уже не действует, там другие принципы организации проектной жизни. В каждой сфере - свои принципы организации основных конструкций и свой функционализм [35].

Понятие проектной культуры исходило из предположения, что между разными типами проектности, существует некий взаимообмен схемами, концептами и процедурами, связанными с проектной деятельностью. Методология проектирования разрабатывалась на определенном предметном поле. Поэтому понятие проектной культуры вводилось для того, чтобы продвинуть общеметодологическое понимание проектирования. Для этого нужно было описать феномен обмена понятиями и концептами между разными областями проектирования и интегрировать их между собой. Лидер в проектной культуре: эргономическое проектирование, которое идет от исполнимости человеком. Потом появилась видеокультура, сейчас – IT-технологии.

В сфере проектирования есть разные предметные формы проектности:

а) методологические схемы – как устроена деятельность вообще и проектная в частности; б) конкретные принципы формообразования, принципы организации проектной деятельности.

Одним из методологических принципов проектирования, отмеченных ранее, является **экологический принцип**: проектирование – всегда экологически связанная деятельность. В среде выделяется некая ситуация, вычленяется по определенным признакам (которые, как правило, задают техническое задание на проектирование), для того, чтобы в этот вырезанный фрагмент среды нечто внедрить, вставить, встроить, так, чтобы среда в целом сохранила свои свойства, и чтобы эта включенная туда реальность под названием "объект" в ней как-то функционировала. Они потом в процессе взаимной адаптации, коэволюции могут повлиять друг на друга. При этом объектность и реализуемость, внедряемость являются на данной фазе понимания проектности, важным конститутивным признаком. Поскольку эта внедряемость с другой стороны означает **сменяемость**. Это значит, что можно сложные системы проектировать по частям, и блочным методом эти части менять. Эта модульность, сменяемость и обеспечивает технологичность деятельности. Поэтому проектирование ориентировано на внедряемость, на сменяемость, тем самым на модульность, тем самым на технологичность. Пределом этой технологизации проектирования является широко методологически понимаемая логистика. Когда картины мира, то, что раньше называли онтологиями, редуцируем до логистики, то есть до списка учетных сущностей, движение которых во времени и пространстве будем методологически регистрировать и дальше контролировать [35].

Инженерное проектирование появилась на основе естественных наук и математики, обособившись как объектно-ориентированный тип деятельности через объектно-онтологическую форму, поскольку объект конструируется в онтологических картинах. Проектность вычленяет ситуацию в среде.

Проектность присуща не только деятельности проектирования, как ее результат или функциональность. Проектность присуща самой культуре, языку, среде, в которой мы обитаем. **Антропный принцип** гласит: мир устроен так, как если бы он был спроектирован, чтобы в нем мог

существовать человек. Это космологический принцип не имеет отношения к созданию объектов, но это аргумент, показательный признак того, куда продвинулась проектная культура, каков онтологический смысл понятия проектности [35].

Сверхзадачей проектирования вместе со всеми проектными коммуникациями и рефлексиями является поддержание достаточной **проектной готовности**, готовности к развитию, к процессингу, к разворачиванию во времени. Проектная готовность, поддержание ее достаточности в любой из значимых областей деятельности.

Поэтому стратегическая целесообразность разворачивания проектных практик состоит в продвижении разного рода схем проектной деятельности, проектных сервисов до состояния проектной готовности. Здесь происходит смыкание проектирования со стратегическим мышлением, стратегическим планированием, здесь происходит сборка предметно разных типов проектности и осмыслено рефлексивно-критическое понимание этой готовности.

Проектная деятельность и проектность функционализирует себя под стратегирование, и внутри неё разные типы становятся сходящимися [35].

Прошлого – «уже нет»,
будущего – «еще нет», а
настоящее – «неуловимо»

Августин Аврелий

3.3. Проектирование – прогнозирование будущего

3.3.1. Человеческий потенциал

Инновационный потенциал в той или иной степени свойствен каждому или почти каждому человеку, но почти у всех он подавляется господством привычных стереотипов. Носителями же инновационных сил, по причине самого характера нововведений, почти всегда является относительное меньшинство населения, зачастую всего лишь отдельные личности или даже только одна-единственная личность. Известное соотношение людей, способных заниматься предпринимательством, т.е. что-то творить, создавать, производить, нести за это ответственность один из 10. Соотношение людей склонных к науке на порядки меньше. Способных и удачливых - еще меньше, а талантливых – действительно можно пересчитать по пальцам.

На протяжении истории человеческого общества, с древнейших времен до наших дней на тысячу идей, сулящих разные блага в случае реализации соответствующих нововведений, обычно лишь одна оказывается действительно конструктивной. Да и то не так, как это представлялось ее первоначальному генератору, а как это объективно реализовалось впоследствии, зачастую очень не похоже, порой прямо противоположно

замыслу инициатора. Таков путь прогресса. Что касается остальных идей, то они на поверку оказываются либо пустоцветными, нереальными, либо, что еще хуже — социально опасными, вредными, губительными, теми самыми благими намерениями, которые, как известно, ведут в ад.

Рутинные мысли схожи с «нормальными особями» подобной популяции, а новаторские — с мутантными. И чем оригинальнее идея — тем отвратительнее представляется «мутант» нормальным особям. Мутация (не всякая, конечно, а оптимальная для изменившихся условий) — двигатель прогресса. Без мутации человеку было ни за что не произойти ни от обезьяны, ни от кого бы то ни было еще.

Идея, порождающая нововведение, которая действительно не губительна, а позитивна, конструктивна, должна обязательно пройти возможно более суровый иску́с, выдержать испытание на закалку, на неприя́тие. И если успешно преодолает — значит, жизнеспособна. А если нет — значит, нежизнеспособна. Концепция научно-технической революции качественно меняет жизни человечества.

3.3.2. Эффект футурофобии

На результаты социального предвидения и проектного прогнозирования оказывает значительное влияние известная инертность человеческого мышления, «боязнь» чересчур радикальных решений и выводов. Это собственно и есть психологический «эффект футурофобии». Реально он заключается в том, что человеческая психика крайне раздражительно реагирует на любую «картину будущего», которая существенно отличается от настоящего. Такая картина вызывает, как правило, инстинктивно негативное отношение, и в результате — будущее предстает лишь несколько идеализированным настоящим. Особо важно, что «футурофобия» как органическое неприя́тие человеком любого представления о качественно ином будущем, расходящемся с привычным настоящим, крайне негативно сказывается на социальном предвидении и проектном прогнозировании.

В контексте названного эффекта уместно будет напомнить знаменитый «Лондонский прогноз» развития гужевого транспорта, сделанный в 80-е гг. XIX века на 50 (пятьдесят!) лет вперед. По нему выходило, что к 1930 г. столица Англии должна была бы покрыться двухметровым слоем конского навоза, который лошади не успевали бы за собой вывозить. Предсказание не оправдалось. Это явилось следствием не только некорректного использования линейной экстраполяции имеющихся данных на дальнесрочную перспективу, но и следствием «боязни» предположить о «зарождении» многих технических и технологических инноваций, что кардинально изменило, по сути, ход развития событий и привело к появлению современных видов транспорта. Кроме того, здесь, по всей видимости, сыграло негативную роль скудность информированности ученых о транспортной сфере и тенденциях ее развития [34]. А что стоят заявления

Лорда Кельвина в 1896 году о невозможности воздухоплавания, кроме как на воздушных шарах или заявления министра ВВС в 1935 о том, что реактивное движение не составит конкуренцию сочетанию двигатель-воздушный винт? Перефразируя известное изречение, стоит сказать, что прогноз – дело тонкое!

3.3.3. Эффект Эдипа

Общеизвестна трагедия Софокла о царе Эдипе, которая начинается со слов: «Не в том свобода человека, чтобы делать то, что он хочет, а в том, чтобы принимать на себя ответственность даже за то, чего он не хотел», и повествует о развитии событий, в основе которых было дано то или иное предсказание. Буквально, речь идет об эффекте, который относится к предсказанию хода развития событий. Его суть проявляет себя в том, что знание о будущем изменяет само будущее. Мысль материализуется!

Ключевой формой конкретизации предсказания выступает проектирование. Его особенностью и преимуществом, по сравнению с планированием и программированием, является сочетание диагностического и нормативного подходов, отсутствие явного доминирования образа «должного» над диагнозом ситуации и реальной оценкой имеющихся ресурсов, излишней детализации целей, результатов и способов деятельности. Иными словами – проектное решение не имеет ярко выраженного директивного или отчетного характера, то есть не является нормативным документом в строгом смысле. Но, вместе с тем, разрабатывает модель «должного» будущего в соответствии с заданными ограничениями по времени, ресурсам и качеству конечных результатов; соотносит проблему с общим образом ее решения, допуская многовариантность в достижении целей; задает более обоснованные временные рамки решения проблемы, обусловленные характеристиками той или иной проблемной ситуации [34].

Фактически проектирование – это технология, представляющая собой конструктивную, творческую, деятельность, сущность которой в единой своей совокупности составляют: выявление проблем, целеполагание и инструментализация. Данная технология и практическая реализация проекта в виде планов и программ представляют собой два встречных «потока» интеллектуальной деятельности. На практике процесс окончательного оформления проектного решения требует необходимости мысленного воспроизведения субъектом проектирования как «прямого» алгоритма проектной деятельности, так и «обратной» последовательности развертывающейся системы действий (собственно – логики его реализации), что позволяет «конструировать» конечный результат, просчитать возможности и эффективность решения проблем посредством планируемых методов, с учетом имеющихся (или предполагаемых) ресурсов[34].

Следует отметить, что не только конструктивная фаза разработки проекта (инструментализация), но и целеполагание носит творческий характер. Цель проекта, понимаемая как образ «желаемого», всегда выходит за рамки наличного состояния предметно-объектной области. Исходя из

реальных социальных проблем, противоречий и ресурсов, она включает также и потенциальные возможности осуществления тех или иных социальных изменений.

3.3.4. Феномен интуиции

Интуиция в предвидении есть проявление и реальность человеческого сознания. Обычно интуицию определяют в качестве «высочайшего откровения», бессознательного постижения будущего при помощи подсознания. По своей природе она может быть иррациональна, основываясь на чувствах, или иметь рациональные основы умственной деятельности человека («интеллектуальная» интуиция). Назовем примеры «интеллектуальной» интуиции, инсайта (от англ. insight – понимание, озарение, внезапная догадка). Они связаны с многообразными пророчествами, имевшими место в разноплановой мыслительной практике, в частности, трудах философов, столпов мировой научной фантастики, как Жюль Верн и И.А.Ефремов, а также известных ученых: Архимеда, Исаака Ньютона, Жюль Пуанкаре, Д.И.Менделеева.

Но интуиция, как метод познания реальности, имеет ряд ограничений. Она может стать предрассудком, если, будучи эффективной в отношении одного явления, будет без должного осмысления перенесена на другие явления. Кроме того, она может превратиться в прожектерство, если не будет опираться на значительную информационную базу, переродиться в разновидность шарлатанства, оперирующего случайными, малосвязанными между собой сведениями, которое опирается на домыслы, вольно толкует попавшиеся под руку события.

4. Онтология как спецификация концептуализации

Также как и понятие «техника», понятие «онтология» имеет два значения, два содержания. Суть традиционных значений онтологии:

- философская дисциплина, изучающая наиболее общие характеристики бытия и сущностей;
- артефакт, структура, описывающая отношения элементов некоторой системы.

На формальном уровне *онтология* — это система, состоящая из набора понятий и набора утверждений об этих понятиях, на основе которых можно описывать классы, отношения, функции и индивиды.

Одно из самых известных определений онтологии дал Том Грубер: *онтология* — это точная спецификация концептуализации, при этом под **концептуализацией** понимается структура реальности, рассматриваемая независимо от словаря предметной области и конкретной ситуации.

Более позднее определение Грубера: *онтология* — это формальная спецификация согласованной концептуализации. Под **согласованной концептуализацией** подразумевается, что данная концептуализация не есть частное мнение, а есть общая для некоторой группы людей.

4.1. Компоненты онтологии

Основными компонентами онтологии могут являться:

- классы (или понятия),
- отношения (или свойства, атрибуты),
- функции,
- аксиомы,
- экземпляры (или индивиды).

Классы или **понятия** используются в широком смысле. Понятием может быть любая сущность, о которой может быть дана какая-либо информация. Классы — это абстрактные группы, коллекции или наборы объектов. Они могут включать в себя экземпляры, другие классы, либо же сочетания того и другого. Классы в онтологиях обычно организованы в **таксономию** — иерархическую классификацию понятий по отношению включения. Например, классы самолет и вертолет являются подклассами класса летательный аппарат, который в свою очередь включен в класс авиационный комплекс или класс транспорт.

Отношения представляют тип взаимодействия между понятиями предметной области. Пример бинарного отношения — отношение ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ. Агрегаты: крыло, фюзеляж, оперение, шасси и др. - являются частью целого - самолета.

Функции — это специальный случай отношений, в которых элемент отношения однозначно определяется предшествующими элементами.

Примером функционального отношения является такая проектная величина как потребная тяговооруженность, которая вычисляется в зависимости от длины разбега, нагрузки на крыло, коэффициента подъемной силы.

Аксиомы используются для записи высказывания, которые всегда истинны. Они могут быть включены в онтологию для разных целей, например, для определения комплексных ограничений на значения атрибутов, аргументы отношений, для проверки корректности информации, описанной в онтологии, или для вывода новой информации. Примером аксиомы является известное выражение весового баланса: сумма относительных весов частей самолета равна единице.

4.2. Причины создания онтологий

Разработка онтологий как явное формальное описание терминов предметной области и отношений между ними — переходит из лабораторий по искусственному интеллекту на рабочие столы экспертов по предметным областям. Во всемирной паутине онтологии стали обычным явлением. Онтологии в сети варьируются от больших таксономий, категоризирующих веб-сайты, до категоризаций продаваемых товаров и их характеристик в интернет-магазинах. В различных направлениях разрабатываются стандартные онтологии, которые могут использоваться экспертами по предметным областям для совместного использования и аннотирования информации в своей области.

Онтология определяет общий словарь для специалистов, которым нужно совместно использовать информацию в предметной области. Она включает машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области и отношения между ними.

Причины разработки онтологий:

- для совместного использования людьми или программными агентами общего понимания структуры информации;
- для возможности повторного использования знаний в предметной области;
- для того чтобы сделать допущения в предметной области явными;
- для отделения знаний в предметной области от оперативных знаний;
- для анализа знаний в предметной области.

Одной из наиболее общих целей разработки онтологий является совместное использование людьми или программными агентами общего понимания структуры информации. К примеру, пусть несколько различных веб-сайтов содержат информацию по транспорту или предоставляют информацию о платных транспортных услугах, оплачиваемых через Интернет. Если эти веб-сайты совместно используют и публикуют одну и ту же базовую онтологию терминов, которыми они все пользуются, то компьютерные агенты могут извлекать информацию из этих различных сайтов и накапливать ее. Агенты могут использовать накопленную

информацию для ответов на запросы пользователей или как входные данные для других приложений.

Характерные примеры из области предварительного проектирования самолета, когда публикуемые значения таких параметров самолета, как взлетная масса, коммерческая масса или масса пустого для одного и того же самолета зависят от конкретных значений параметров как дальность, загрузка самолета, запас топлива и пр. Учесть взаимосвязь и взаимозависимость этих характеристик – важная часть разрабатываемых онтологий.

Уточнения требуются также и для значений КПД узлов двигателя при проектировании ГТД, ведь, например, КПД компрессора политропический или адиабатический, используемый в БД или расчетчиком и режим работы существенно влияют на конечный результат.

Поэтому точная спецификация предметной области – основная задача онтологии.

Важным стимулом в изучении онтологий является обеспечение возможности использования накопленных знаний предметной области. Например, если одна группа ученых детально разработает онтологию, то другие могут повторно использовать ее в своих предметных областях. Кроме того, можно интегрировать несколько существующих онтологий, описывающих части большой предметной области.

Создание явных допущений в предметной области, лежащих в основе реализации онтологии, дает возможность легко изменить эти допущения при уточнении наших знаний о предметной области. Жесткое кодирование предположений о предметной области на языке программирования приводит к тому, что эти предположения не только сложно найти и понять, но и также сложно изменить, особенно непрограммисту. Кроме того, явные спецификации знаний в предметной области полезны для новых пользователей, которые могут узнать и понять значения терминов предметной области. К этим новым пользователям, конечно, относятся и те, кто изучает эту область: студенты и магистранты в том числе.

Отделение знаний предметной области от оперативных знаний — это важная часть в применении онтологий. Анализ знаний в предметной области возможен, когда имеется декларативная спецификация терминов. Формальный анализ терминов ценен как при попытке повторного использования существующих онтологий, так и при их расширении.

4.3. Классификация онтологий

В проектировании онтологий условно можно выделить два направления:

- онтология как формальная система, основанная на математически точных аксиомах.

- онтология как система абстрактных понятий, существующих только в сознании человека, которая может быть выражена на естественном языке

(или средствами другой системы символов). Второе направление развивалось в рамках компьютерной лингвистики и когнитивной науки.

Отсюда два альтернативных подхода к созданию и исследованию онтологий. Первый (формальный) основан на логике (предикатов первого порядка, дескриптивной, модальной). Второй (лингвистический) основан на изучении естественного языка (в частности, семантики) и построении онтологий на больших текстовых массивах, так называемых корпусах.

В настоящее время данные подходы тесно взаимодействуют. Идет поиск связей, позволяющих комбинировать соответствующие методы. Поэтому иногда бывает сложно отделить лексические онтологии с элементами формальных аксиоматик от логических систем с включениями лингвистических знаний.

Независимо от различных подходов можно выделить 3 основных принципа классификации онтологий:

- по степени формальности;
- по цели создания;
- по наполнению (содержимому).

4.3.1. Классификация по степени формальности

Классификация по степени формальности может быть представлена в разрезе "человеко-понятных" и "машино-понятных" описаний.

По степени формальности представления, использованию тех или иных синтаксических конструкций можно условно выделить:

контролируемый словарь - конечный список терминов (простейшим примером является каталог на основе идентификаторов). Каталоги представляют точную (не многозначную) интерпретацию терминов. Например, каждый раз, ссылаясь на термин "аппарат", мы будем использовать одно и то же значение, вне зависимости от того, о чем идет речь в контексте: "летательный аппарат", "аппарат Елизарова" или "административный аппарат";

гlossарий - представляет собой список терминов с их значениями. Значения описываются в виде комментариев на естественном языке. Это дает больше информации, позволяет лучше понять смысл термина. Интерпретации терминов могут быть многозначными. Глоссарии непригодны для автоматической обработки программными агентами, но можно, как и в контролируемом словаре, присвоить терминам ID;

тезаурусы несут дополнительную семантику, определяя связи между терминами. Отношения, характерные для тезаурусов, - синонимия, иерархическое отношение и ассоциация. Ранние иерархии терминов, определяли термины через операции обобщения и уточнения. Yahoo, например, ввела небольшое число категорий верхнего уровня, таких, как "предметы одежды". Затем "платье" определялось как вид (женской) одежды. Явная иерархия Yahoo не соответствовала в точности формальным свойствам

иерархического отношения ПОДКЛАСС-КЛАСС. В таких иерархиях может встретиться ситуация, в которой экземпляр класса-потомка не является экземпляром класса-предка. Например, общая категория "предметы одежды" имеет подкатегорию "женские" (которая должна была бы более точно называться "женские предметы одежды"), а эта категория, в свою очередь, включает подкатегории "аксессуары" и "платья". Ясно, что аксессуары, например "броши", не являются предметами одежды. Здесь не выполняется важное свойство отношения ПОДКЛАСС-КЛАСС — *транзитивность* (переход свойств, например, отношение равенства $a = b$ транзитивно, так как из $a = b$ и $b = c$ вытекает $a = c$). Аналогично можно привести пример и для авиационной тематики, когда общая категория «летательные аппараты» имеет подкатегорию «гражданские», которая в свою очередь имеет одну из подкатегорий «целевая нагрузка». Как и в предыдущем примере, «авиационные бомбы», являясь целевой нагрузкой, но для «военных» самолетов, не имеют отношения к «гражданским».

формальные таксономии - разновидность онтологий, включающих точное определение отношения ПОДКЛАСС-КЛАСС (обозначаемого как ISA). В таких системах строго соблюдается *транзитивность* отношения ISA: если A является подклассом класса B, то каждый подкласс класса A также является подклассом класса B. Строгая иерархия классов необходима при использовании наследования для процедуры логического вывода.

формальные экземпляры - в онтологической системе содержат формальные отношения ЭКЗЕМПЛЯР-КЛАСС (обозначается как *isInstanceOf*). Некоторые классификации включают только имена классов, другие содержат на нижнем уровне экземпляры (индивиды). Для отношения ЭКЗЕМПЛЯР-КЛАСС выполняется так называемая "наследуемость" вдоль отношения ISA: если A является подклассом класса B, то каждый экземпляр класса A также является экземпляром класса B. Поэтому в приведенном выше примере "броши" не могут быть помещены в иерархии ниже "предмет одежды", даже в подкатегорию "женские предметы одежды", или стать экземпляром этой категории. Также как и «целевая нагрузка» - является универсальным классом, который относится и к «гражданским», и «военным», и прочим назначениям «летательных аппаратов». В этом случае, собственно «целевая нагрузка» определяет само назначение «летательного аппарата» и поэтому экземпляры этого класса, например, «авиационные бомбы», «десантники», также не должны стать подклассом «гражданские»;

Слот - элемент фрейма. Классы (иногда их называют *фреймами*) могут иметь информацию о свойствах (слотах). Например, класс "летательный аппарат" может иметь свойства "цена", "сделан в". Свойства бывают особенно полезными, когда они определены на верхних уровнях иерархии и наследуются подклассами. Так, в потребительской иерархии класс "продукт" может иметь свойство "цена", которое получают все его подклассы.

Разрабатываемые онтологии часто включают ограничения на область значений свойств. Значения свойств берутся из некоторого

предопределенного множества (целые числа, символьные константы) или из подмножества концептов онтологии (множество экземпляров данного класса, множество классов).

При описании более сложных фактов выразительные средства онтологии (и ее структура) усложняются. Например, может потребоваться заполнить значение какого-либо свойства экземпляра, используя математическое выражение, основанное на значениях других свойств данного экземпляра или значениях свойств других экземпляров. Многие онтологии позволяют объявлять два и более класса дизъюнктивными (непересекающимися). Это означает, что у данных классов не существует общих экземпляров.

4.3.2. Классификация по цели создания

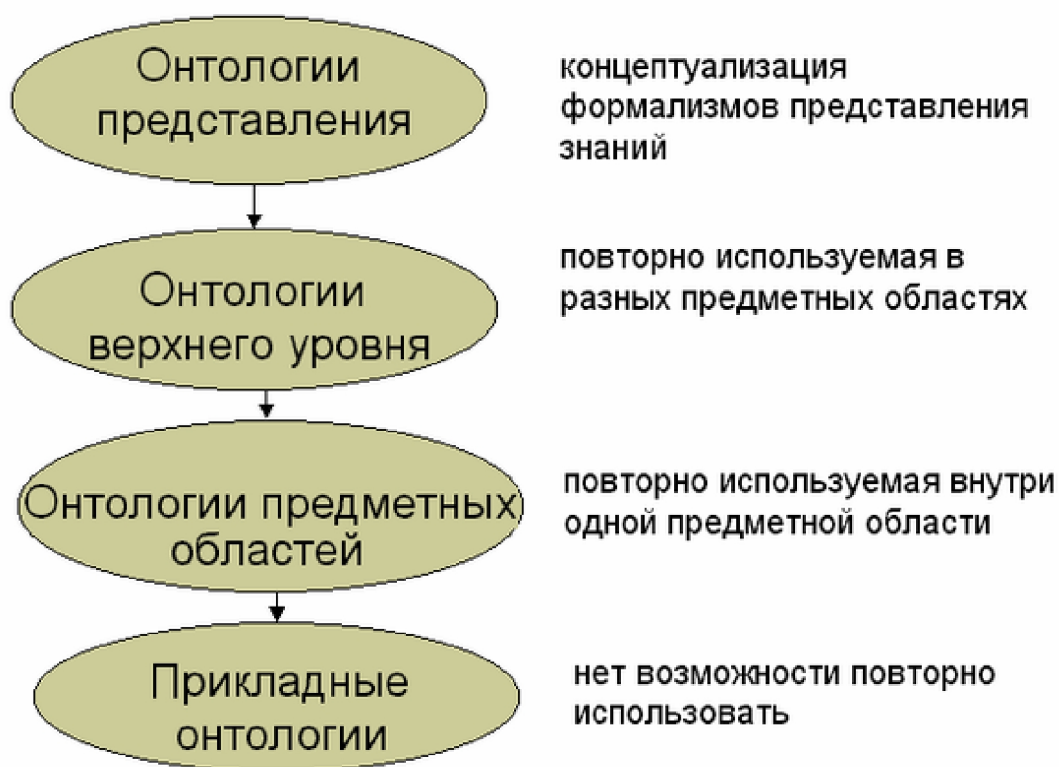


Рис. 4.1. Классификация онтологий по цели создания [26]

4.3.2.1. Онтология представления

Цель ее создания — описать область представления знаний, создать язык для спецификации других онтологий более низких уровней. Пример: описание понятий языка OWL средствами RDF/RDFS (рис.4.2). В данном описании определяются такие понятия, как "класс", "отношение", "ограничение на значение свойства", "домен", "диапазон" и т.п.

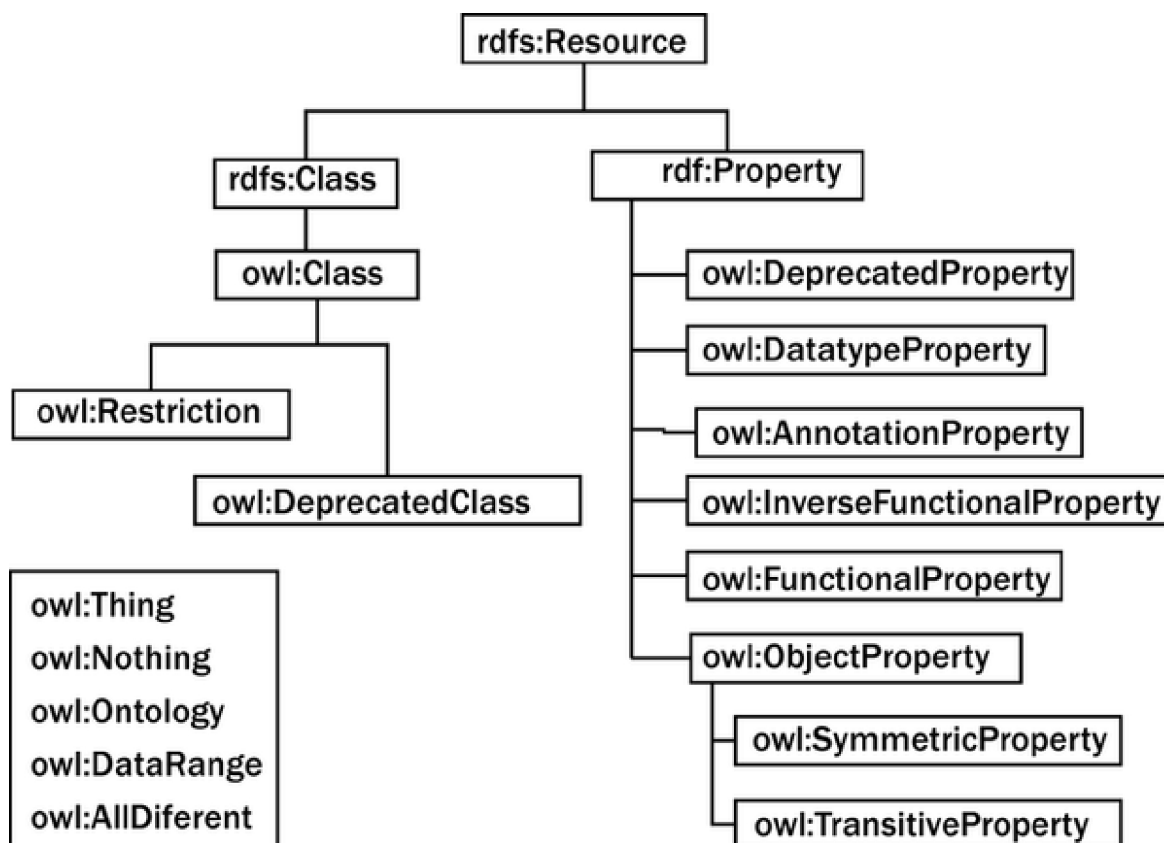


Рис. 4.2. Онтология представления для языка OWL [26]

4.3.2.2. Онтология верхнего уровня

Назначение онтологии верхнего уровня в создании единой онтологии, фиксирующей знания, общие для нескольких предметных областей, и в многократном использовании данной онтологии. Существует несколько крупных онтологий верхнего уровня: Сус, DOLCE, SUMO (рис. 4.3.), онтология Джона Совы (J.Sowa) и другие. Попытки создать онтологию верхнего уровня на все случаи жизни пока не привели к ожидаемым результатам. Многие онтологии верхнего уровня похожи друг на друга, содержат одни и те же концепты: сущность, явление, процесс, объект и т.п.

4.3.2.3. Онтология предметной области

Онтология предметной области или онтология домена. Назначение схоже с назначением онтологии верхнего уровня, но область ограничена одной предметной областью (т.н. доменом), например, **авиация**, медицина, культура, дистанционное обучение, Интернет-технологии. Онтология предметной области обобщает понятия, использующиеся в некоторых задачах домена, абстрагируясь от самих задач (так, онтология самолета независима от любых особенностей конкретных марок самолетов). Во многих дисциплинах сейчас разрабатываются стандартные онтологии, которые могут использоваться экспертами по предметным областям.

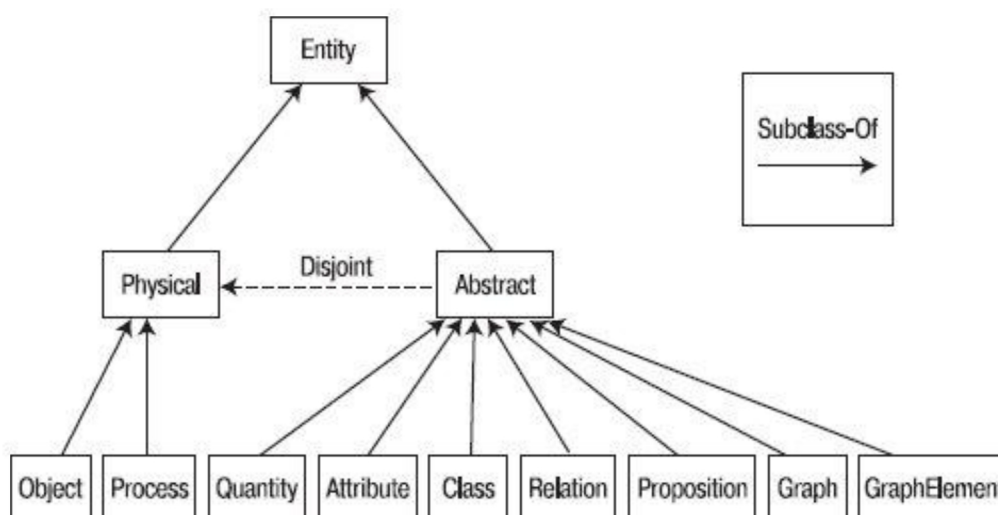


Рис. 4.3. Верхний уровень иерархии онтологии SUMO [26]

4.3.2.4. Прикладная онтология

Прикладная онтология предназначена для описания концептуальной модели конкретной задачи или приложения. Прикладные онтологии описывают концепты, которые зависят как от онтологии задач, так и от онтологии предметной области. Примером может служить онтология для самолетов, автомобилей, строительных материалов, вычислительной техники. Такие онтологии содержат наиболее специфичную информацию. Примеры: онтологии проектов TOVE, Plinius.

TOVE (Toronto Virtual Enterprise). Цель проекта — создание модели данных, которая должна:

- обеспечить общую терминологию для предметной области, приложения которой могут совместно использоваться участниками общения;
- дать точное и по возможности непротиворечивое определение значения каждого термина на основе логики первого порядка;
- обеспечить задание семантики с помощью множества аксиом, которые автоматически позволяют получать ответ на множество вопросов о предметной области.

TOVE должно обеспечить построение интегрированной модели некоторой предметной области, состоящей из онтологий: операций, состояний и времени, организации, ресурсов, продуктов, сервиса, производства, цены, количества.

Plinius. Целью проекта - полуавтоматическое извлечение знаний из текстов на естественном языке, в частности, литературы о механических свойствах керамических материалов. Так как тексты охватывают широкий диапазон понятий, требуется множество интегрированных онтологий для охвата таких понятий, как керамические материалы и их свойства, способы их обработки, различные дефекты материалов и пр.

4.3.2. Классификация онтологий по содержанию



Рис. 4.5. Классификация онтологий по содержанию [26]

Общие онтологии описывают наиболее общие концепты (пространство, время, материя, объект, событие, действие и т.д.), которые независимы от конкретной проблемы или области. В эту категорию попадают и онтологии представления, и онтологии верхнего уровня.

Онтология, ориентированная на задачу — это онтология, используемая конкретной прикладной программой и содержащая термины, которые используются при разработке программного обеспечения, выполняющего конкретную задачу. Она отражает специфику приложения, но может также содержать некоторые общие термины (например, в графическом редакторе есть специфические термины — палитра, тип заливки, наложение слоев и т.д., и общие — сохранить и загрузить файл). Задачи, решаемые с помощью онтологии, могут быть самыми разнообразными: составление расписания, определение целей, диагностика, продажа, разработка программного обеспечения, построение классификации. При этом онтология задачи использует специализацию терминов, представленных в онтологиях верхнего уровня (общих онтологиях).

Предметная онтология (или *онтология предметов*) описывает реальные предметы, участвующие в какой-либо деятельности (производстве). Например, это может быть онтология всех частей и компонентов самолетов определенной марки (Ту или Ил) и сведения об их поставщиках, характеристиках, способе соединения друг с другом и т.п.

5. Применение онтологий

Можно выделить следующие преимущества использования онтологий при решении задач:

- в вычислительном плане (сокращения времени вычислений);
- в экономическом плане (сокращения затрат на разработку программного обеспечения, интеграцию данных).

Лучшим доказательством преимуществ онтологического подхода может быть проведение сравнения реально действующих проектов. Однако, такая задача не под силу какой-либо одной организации. Важной по масштабу задачей можно считать область информационного поиска (Information Retrieval).

В современных поисковых системах тексты автоматически индексируются по набору слов, составляющих эти тексты.

Такое представление текстов как простого набора слов ("bag of words") имеет большое количество очевидных недостатков, затрудняющих поиск релевантных текстов, например:

- *избыточность* — в пословном индексе используются слова-синонимы, выражающие одни и те же понятия;
- *независимость* слов текста друг от друга, что не соответствует свойствам связного текста;
- *многозначность* слов — поскольку многозначные слова могут рассматриваться как дизъюнкция (от лат. disjunctio - разобщение, различие - одна из логических операций; отражает употребление союза "или" в логических выводах. Дизъюнкция высказываний - новое высказывание - сконструированное из двух и более исходных высказываний; истинное в тех случаях, когда истинно хотя бы одно из исходных высказываний) двух или более понятий, выражающих различные значения многозначного слова, то маловероятно, что все элементы этой дизъюнкции интересуют пользователя.

Этих недостатков лишено так называемое концептуальное индексирование, то есть такое индексирование, когда текст индексируется не по словам, а по понятиям, которые обсуждаются в данном тексте. При такой технологии:

- все синонимы сведены к одному и тому же понятию;
- многозначные слова отнесены к разным понятиям;
- связи между понятиями и соответствующими словами описаны и могут быть использованы при анализе текста.

Для того чтобы реализовать схему автоматического концептуального индексирования и концептуального поиска, необходимо иметь ресурс, описывающий систему понятий данной предметной области, то есть **онтологию в данной предметной области**.

Нужно отметить, что использование онтологий для информационного поиска в реальных широких предметных областях имеет ряд особенностей:

- эта онтология должна иметь большую размерность;

- понятия онтологии должны иметь установленные связи с языковыми единицами — терминами предметной области;
- онтология реальной предметной области не может быть полной, поэтому методы информационного поиска на основе онтологий должны сочетаться с методами информационного поиска на основе пословных методов в едином поисковом механизме;
- задача информационного поиска предполагает использование онтологий для анализа свободных неограниченных связных текстов, для которых не существует хорошо развитых методов автоматической обработки.

Все эти факторы ограничивают внедрение онтологий в поисковые механизмы информационно-поисковых систем. Сложившаяся ситуация означает, что необходимы новые исследования:

- для выяснения, онтологии какого типа могут быть наиболее эффективными при использовании в задачах информационного поиска;
- для разработки комбинированных технологий информационного поиска, сочетающих как методы на базе знаний, описанных в онтологиях, так и пословные методы;
- для разработки методов "быстрого" создания онтологий для широких предметных областей на основе текстовых коллекций и интеграции знаний уже существующих онтологий.

Подобные трудности характерны и в области интеграции разнородных баз данных. Но здесь преимущества от внедрения решений на базе онтологий могут быть более ощутимыми для конкретного предприятия, конкретной предметной области. Поскольку система понятий ограничена предметной областью и объемы данных не столь велики, как в Internet, построение соответствующей онтологии вполне возможно, т.к. каждому приложению (или БД) не важно, какую именно онтологию верхнего уровня оно разделяет с другими. Важно использование единой онтологии верхнего уровня или даже онтологии предметной области, которая может способствовать интеграции данных, обеспечить *интероперабельность* (от англ. *interoperability* — способность к взаимодействию — это способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации).

Рассмотрим некоторые области применения онтологий.

5.1. Semantic Web

Идея Семантической Сети (Semantic Web) впервые была провозглашена в 2001 году Тимом Бернерсом-Ли (создателем World Wide Web). Суть ее состоит в автоматизации "интеллектуальных" задач обработки значения (в семантическом смысле) тех или иных ресурсов, имеющихся в Сети. Обработкой и обменом информации должны заниматься не люди, а

специальные интеллектуальные агенты (программы, размещенные в Сети). Но для того, чтобы взаимодействовать между собой, агенты должны иметь общее (разделяемое всеми) формальное представление значения для любого ресурса. Именно для цели представления общей, явной и формальной спецификации значения в Semantic Web используются онтологии.

Был разработан целый ряд стандартов и рекомендаций, реализовано множество проектов. Но, несмотря на отдельные успехи, до сих пор нельзя сказать, что идея Semantic Web реализована на практике.

В 1997 году консорциум W3C определил спецификацию RDF (Resource Description Framework). RDF предоставляет простой, но мощный язык описания ресурсов, основанный на триплетях (triple-based) "Субъект-Предикат-Объект" и спецификации URI. В 1999 году RDF получает статус рекомендации. Этот шаг в направлении улучшения функциональности и обеспечения интероперабельности (т.е. возможности обмениваться данными несмотря на их разнородность) в Сети считается одним из важнейших. Концептуально RDF дает минимальный уровень для представления знаний в Сети. Спецификация RDF опирается на ранние стандарты, лежащие в основе Web:

- Unicode - представляет символы алфавитов различных языков,
- URI - используется для определения уникальных идентификаторов ресурсов,
- XML и XML Schema – используется для структурирования и обмена информацией и для хранения RDF (XML синтаксис RDF).

Кроме RDF был разработан язык описания структурированных словарей для RDF — RDF Schema (RDFS). Он предоставляет минимальный набор средств для спецификации онтологий. RDFS получил статус рекомендации W3C в 2004 году. Однако препятствием для Semantic Web стало то, что документов, написанных на языке RDF/RDFS, относительно мало.

Результатом в 2004 году стал язык GRDDL (Gleaning Resource Descriptions form Dialects of Languages). Его назначение состоит в предоставлении средств для извлечения RDF-триплетов из XML и XHTML данных. Развивалось и программное обеспечение для Semantic Web. В области создания библиотек классов и построения логических выводов над RDF-графами была создана библиотека Jena Framework, в области создания модулей расширения для браузеров — Simile для Firefox. В области создания визуальных сред редактирования большое число редакторов онтологий стали поддерживать RDF.

В 2004 году статус рекомендации получил язык **OWL** (Web Ontology Language). Он имеет 3 диалекта (3 множества структурных единиц), используемых в зависимости от требуемой выразительной мощности. OWL фактически является надстройкой над RDF/RDFS и поддерживает эффективное представление онтологий в терминах классов и свойств, обеспечение простых логических проверок целостности онтологии и связывание онтологий друг с другом (импорт внешних определений). Многие

формализмы описания знаний могут быть отображены на формализм OWL. Большое число создаваемых в настоящее время онтологий кодируются на OWL; уже существующие онтологии транслируются в него.

В 2005 году началась работа над форматом обмена правилами — RIF (Rule Interchange Format). Его назначение — соединить в одном стандарте несколько формализмов для описания правил (по которым может осуществляться нетривиальный логический вывод): логику клауз Хорна, логику высших порядков, продукционные модели и т.п.

Язык SPARQL — язык запросов к RDF-хранилищам — в январе 2008 года приобрел статус официальной рекомендации Консорциума W3C. Синтаксически он очень похож на SQL и уже широко используется разработчиками информационных систем.

На рис. 5.1 представлена диаграмма, называемая иногда стеком (или даже "слоеным пирогом") Semantic Web.

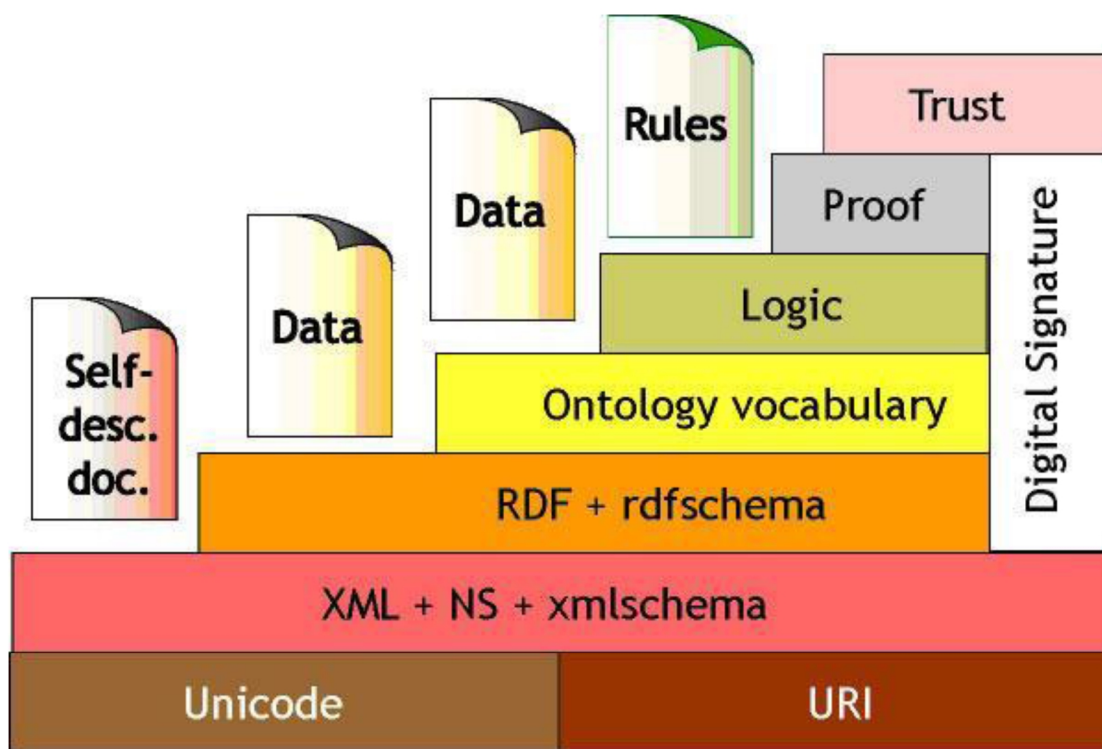


Рис. 5.1. Диаграмма Semantic Web [26]

Уровням "Ontology vocabulary" и "Logic" соответствуют OWL и RIF. Уровень "Trust" на данный момент остается незатронутым никакими стандартами. Здесь и возникает одно из существенных препятствий к реализации идеи: поддержка автоматической проверки корректности и правдивости информации. У многих поставщиков семантических описаний может возникнуть и возникает соблазн "обмануть" программу-агента, предоставив информацию, не соответствующую действительности, либо

навязчивую рекламу, как это в настоящее время проделывается с поисковыми машинами, спам-фильтрами и т.п.

Еще одним камнем преткновения для создания Semantic Web является фактическое отсутствие работающих интеллектуальных агентов. Не всякая программа, обрабатывающая RDF, является агентом Semantic Web, точно так же как и не всякая программа, написанная на ПРОЛОГЕ, является приложением в области искусственного интеллекта.

Но Семантическая Сеть продолжает развиваться — появляются новые стандарты. Новый шаг — начало разработки формата обмена правилами RIF, построенными над онтологиями, и определение требований и области его применения. Появилось множество свободно распространяемых библиотек для разработки приложений "под Semantic Web". Главными задачами, стоящими перед сообществом Семантической Сети, остаются создание новых онтологий и согласование существующих.

5.2. Информационный поиск

Определим базовые понятия в области извлечения документов.

Коллекция — множество документов, имеющих какие-либо общие свойства (например, коллекция документов по заданной тематике или коллекция документов, имеющих только общий формат представления).

Документ — минимальная структурная единица информации, с точки зрения хранения и извлечения из коллекции. Текстовый документ может быть представлен последовательностью более мелких единиц: абзацев, предложений, слов, которые в определенном контексте также являются документами.

При упоминании **области информационного поиска** — Information Retrieval (IR) — обычно имеют в виду комплексную деятельность по сбору, организации, поиску, извлечению и распространению информации при помощи компьютерных технологий. Теоретическими и инженерными аспектами реализации этих технологий занимаются соответствующие научные и инженерные дисциплины.

Примерами задач в области информационного поиска являются:

- информационный поиск документов по запросу пользователя;
- автоматическая рубрикация документов по заранее заданному рубрикатору;
- автоматическая кластеризация документов — разбиение на кластеры близких по смыслу документов;
- разработка вопросно-ответных систем — поиск точного фрагмента текста, отвечающего на вопрос пользователя, а не целого документа;
- автоматическое составление аннотации документа и многие другие.

Как любая деятельность, IR имеет цель — обеспечить удовлетворение потребности в информации пользователя. Но сама информационная потребность представляет собой некое психологическое состояние человека.

Одна из проблем формирования запроса состоит в том, что запрос может иметь несколько разных толкований (трактовок). Он может быть неполным или избыточным, содержать многозначные слова, зависеть от контекста, плохо отражать информационную потребность и т.п. При этом информационная потребность в каждый момент времени остается постоянной, она не допускает альтернативных или взаимоисключающих трактовок. Хотя запрос редко в точности соответствует информационной потребности, это единственный способ связи между пользователем и поисковой машиной.

Поисковая машина (*поисковик*) использует запрос как входные данные для получения того или иного результата — выборки из коллекции документов, соответствующих запросу (поисковая машина находит документы, *релевантные* запросу). Здесь возникает вторая проблема: пользователь оценивает результат поиска в соответствии со своей информационной потребностью, а не в соответствии с введенным запросом. В ходе оценки он принимает решение о *релевантности* результата поиска и информационной потребности пользователя. Такую оценку может произвести только сам пользователь. Соответствующее суждение о релевантности и саму релевантность называют *истинными*. Релевантность, вычисляемая поисковиком на основе его внутренней логики, может не соответствовать истинной релевантности.

Существуют и другие способы определения релевантности. Например, с учетом полезности: *тематическая релевантность* и *утилитарная релевантность*. Данный документ может точно соответствовать информационной потребности пользователя по теме (*тематическая*), но при этом быть совершенно бесполезным для выполнения конкретной деятельности, в рамках которой возникла потребность (*утилитарная*).

С точки зрения пользователя, работа поисковой машины начинается после отправки запроса. Фактически, этому предшествует важный этап индексирования коллекции документов. Он заключается в создании индексных таблиц, значительно ускоряющих обработку запросов. Идея индексирования массивов данных для ускорения доступа применяется повсеместно. Примером индекса может служить алфавитный или предметный указатель в конце книги, оглавление. Даже закладки, сделанные в определенных местах книги, являются своего рода индексом. Индексы широко применяются для ускорения доступа в СУБД. Особенность индексирования в IR состоит в том, что индекс, необходимый для полнотекстового поиска в электронных коллекциях, является наиболее полным. Он должен содержать все термины, которые появляются в документах коллекции. Индекс, который содержит все термины, появляющиеся в документах коллекции, называется *обратным (инвертированным) файлом*. Часто вместо всевозможных форм каждого слова в инвертированный файл включают только *токены* (корни слов)— части слов, остающиеся после отсечения окончаний. Например, словам

"стола", "столу", "столом" соответствует единственный токен "стол". К числу токенов также относят числа, буквенно-числовые коды, аббревиатуры.

Для каждого токена на множестве документов вычисляются следующие характеристики:

- число документов, в которых появился данный токен (эта характеристика говорит о распространенности токена в коллекции);
- частота встречаемости токена в коллекции (эта характеристика показывает, насколько данный токен "необычен" по сравнению с другими).

Кроме того, для данной пары "токен — документ (содержащий данный токен)" в инвертированном словаре хранится информация:

- о частоте встречаемости токена в документе;
- о смещении токена от начала документа. Смещение может измеряться в символах или в словах. Эта характеристика часто используется для быстрого извлечения слов контекста и для составления краткого резюме.

Для многих подходов к организации полнотекстового поиска оказывается достаточно инвертированного файла или подобной структуры данных. Но при извлечении релевантных данному запросу документов необходимо определить способ обработки запроса и вычисления значения релевантности для каждой пары "запрос-документ".

5.2.1. Обработка запросов

Исторически одним из первых способов обработки запросов был так называемый *булевский поиск*. В этом подходе слова запроса соединяются между собой логическими связками: AND, OR, NOT. Допустима группировка при помощи скобок. Таким образом, запрос представляется логической формулой, в которой атомами могут быть термины или какие-либо дополнительные условия. Поисковая машина, основанная на булевом поиске, возвращает документы, для которых формула-запрос принимает истинные значения. Каждому атому формулы сопоставляется множество документов, для которых значение атома истинно. Если атом является термином, то ему сопоставляется множество документов, в которых термин встречается. Затем над множествами выполняются элементарные операции: объединения, пересечения и дополнения.

Такой подход к обработке запроса имеет ряд недостатков.

- На данный запрос поисковая машина может вернуть много документов (или даже все документы коллекции). В этом случае пользователь вынужден последовательно добавлять условия в запрос, чтобы уменьшить результирующую выборку. Поиск производится методом проб и ошибок.
- Как правило, полезную выборку обозримого размера можно получить, задав сложную логическую формулу. При этом от пользователя требуется не только знание правил построения формул, но и достаточно хорошее знакомство с "языком" предметной области.

- Вследствие того, что существует только два значения релевантности: "релевантен" (true) и "нерелевантен" (false), результирующая выборка не может быть упорядочена по релевантности. Все документы одинаково релевантны.

- Все атомы формулы имеют одинаковую важность (вес), хотя некоторые из них могут быть "ключевыми", другие — вспомогательными.

Существуют способы улучшения качества булевого поиска. Для автоматического расширения запроса синонимичными терминами можно использовать тезаурус или другой ресурс онтологического характера.

Негативные стороны булевого поиска связаны с формализмом обработки запроса. Для их устранения необходимо изменить сам подход. Однако тот факт, что данный подход имеет недостатки, не означает, что от него нужно полностью отказаться. Многие поисковые системы используют булев поиск как альтернативу.

Основным способом обработки запросов поисковыми машинами в Интернете является ранжированный поиск. Он основан на вычислении релевантности через распределение частот встречаемости терминов запроса по документам коллекции. На вход может поступать запрос на естественном языке. В процессе предобработки из запроса удаляются *стоп-слова* (например, "где", "почему" и т.п.) и частицы. Термины сокращаются до токенов. После этого на основе токенов можно было бы автоматически сформировать логическую формулу. Но эксперименты показали, что связывание атомов операций AND дает слишком мало документов в результирующей выборке и многие релевантные документы остаются за ее пределами (ситуация "выплескивания ребенка вместе с водой"). Связывание атомов формулы операций OR дает противоположный результат: выборка сильно велика. В данном случае булев подход к обработке естественно-языкового запроса не является адекватным. В этой ситуации дополнительная информация о взаимосвязях терминов (онтология) могла быть использована для формирования более сложной логической формулы.

Вместо того чтобы представлять документы как множества слов, а запрос — как последовательность операций над множествами (как в булевом поиске), предлагается следующее.

Каждый документ коллекции представляется вектором в пространстве, размерность которого равна числу токенов в инвертированном файле. Документ описывается "весами" (координатами) соответствующих токенов. Координатные оси являются попарно ортогональными (токены попарно независимы и образуют базис пространства). Запрос, прошедший предобработку, содержит последовательность токенов и, так же как любой документ, может быть разложен по базису пространства. Далее для вычисления релевантности определяется функция, которая каждой паре векторов ставит в соответствие число из отрезка $[0,1]$. Крайние точки соответствуют значениям "нерелевантен" и "полностью релевантен". Промежуточные значения определяют степень релевантности документа

запросу (или двух документов коллекции, если требуется найти "похожие" документы).

Еще один подход к обработке запроса основан на *вероятностной модели*. Это попытка описать ранжированный поиск в терминах теории вероятностей. Проблема состоит в том, что частоты, используемые в ранжированном поиске, по своему смыслу не имеют никакого отношения к вероятностям. Число появлений термина в документе не может служить значением случайной величины и использоваться для оценки вероятности появления данного термина в других документах коллекции. Поэтому частоты встречаемости терминов нельзя применять в стандартных формулах теории вероятностей.

В основу модели положен способ вычисления вероятности того, что данный документ релевантен запросу. В случае если вероятность достаточно велика, документ считается релевантным.

Этот способ вычисления релевантности далек и от определения *истинной релевантности*, и от определения *полезной релевантности*. Однако сами значения вероятности релевантности могут быть полезны при представлении результатов (для упорядочивания выборки).

Эксперименты показали, что качество работы поисковых машин на основе вероятностной модели в целом не лучше поисковиков, основанных на ранжированном поиске.

5.2.2. Оценка результата поиска

С ростом числа поисковых машин, различных методик, алгоритмов поиска возникла необходимость сравнивать качество их работы. Для этого были введены две характеристики: *точность* (p) поиска и его *полнота* (r).

Точность (англ. precision, обозн. p) — доля релевантных документов выборки по отношению ко всем документам в выборке.

Полнота (англ. recall, обозн. r) — доля релевантных документов в выборке по отношению ко всем релевантным документам коллекции.

Эти два критерия обычно конфликтуют. Стопроцентная точность и полнота на практике недостижимы.

Пусть N число документов в коллекции, n - число документов в коллекции, релевантных некоторому запросу, m - число документов в выборке, полученной системой на данном запросе, A - число релевантных документов в выборке. Тогда $p = A/m$, $r = A/n$.

	Релевантные		Нерелевантные
Извлечены	A	B	$A + B = m$
Не извлечены	C	D	$C + D = N - m$
	$A + C = n$	$B + D = N - n$	$A + B + C + D = N$

5.3. Интеграция разнородных источников данных

Под базой данных (БД) будем понимать коллекцию согласованных взаимосвязанных данных, которые имеют некоторое "скрытое (внутри) значение". БД похожи на базы знаний (БЗ), поскольку они также используются для описания некоторой предметной области с целью хранения, обработки и доступа к необходимой информации о ней. Однако есть и различия [1]. Базы данных содержат (и способны обрабатывать) большие массивы относительно простой информации (при этом доступ возможен только к этим явно введенным данным). В БЗ обычно хранится меньший объем информации, но они имеют более сложную структуру, что позволяет использовать возможности логического вывода и получать такие утверждения, которые не были в явном виде введены.

К любой БЗ могут быть применимы 3 операции: определить (define), сказать (tell) (т.е. сделать утверждение) и спросить (ask). Каждая из операций может использовать один или более собственных языков, например язык описания схем и ограничений, язык обновления (для новых утверждений), язык запросов и язык описания результата. Преимущества применения дескриптивной логики (DL) для улучшения каждого из языков широко изучены в литературе по базам знаний. Для управления данными необходимо решать следующие задачи:

- выражение концептуальной модели предметной области (онтологии) для конкретного источника данных,
- интеграция нескольких источников,
- выражение и выполнение запросов.

В первую очередь, необходимо описать предметную область таким языком, чтобы описание было понятно как обычным пользователям, так и разработчикам. Это описание выполняется на языке высокого уровня и имеет форму требований. В области БД таким языком являются ER-диаграммы (ER-модель). В рамках ER-модели окружающий мир представляется как набор сущностей (n-арных отношений). Полученная *семантическая модель* предметной области может храниться на компьютере, так же как и сами данные, но, как правило, она содержит общую и постоянную информацию в противоположность конкретным фактам. Эта семантическая модель вводит термины для описания предметной области и определяет их значения путем задания взаимосвязей и ограничений. Этот уровень представления данных наиболее близок онтологическому представлению.

Из семантической модели создается *логическая схема*, описывающая структуры данных в БД, типы данных, взаимосвязи и ограничения. Наиболее популярной и часто используемой для выражения логической схемы является реляционная модель данных. При спецификации логической схемы применяются СУБД. В реляционной модели данные хранятся в таблицах (отношениях), содержащих строки (кортежи), которые, в свою очередь, состоят из ячеек со значениями простых типов данных (целые числа, строки,

даты и т.п.). Поэтому для описания логической схемы требуется описать имена таблиц, имена их столбцов (атрибутов) и соответствующие типы данных. Реляционные СУБД требуют, чтобы в каждой таблице был определен набор столбцов (ключ), уникально идентифицирующий строку таблицы. В БД не разрешается описывать дизъюнктивную информацию, и если нет информации о значении атрибута, то оно считается равным NULL.

Использование декларативного языка SQL для описания запросов к реляционным БД, определения содержимого таблиц и их структуры является универсальным и мощным практическим средством.

СУБД скрывает от пользователя детали реализации тех или иных функций, делая прозрачным физический уровень: способ организации хранения данных на носителях информации, вспомогательные структуры данных для ускорения доступа и даже тот факт, что БД распределена по нескольким узлам сети. Но у пользователя может возникнуть желание получить информацию сразу из нескольких независимых (и скорее всего разнородных) источников. В такой ситуации возникает проблема связывания различных логических схем в одну.

Интеграция разнородных источников данных — фундаментальная проблема, возникшая в последние десятилетия перед разработчиками БД. Цель интеграции данных состоит в том, чтобы предоставить единый интерфейс к различным источникам и позволить пользователям сосредоточиться на определении того, что они хотят узнать. В результате интеграция должна освободить пользователя от поиска релевантных источников данных, взаимодействия с ними по отдельности, отбора и комбинирования данных из различных источников.

Задача "проектирование системы интеграции данных" состоит из нескольких подзадач. Онтологический подход может применяться для решения двух подзадач:

- спецификации содержимого разнородных источников данных в виде онтологии;
- получения ответов на запросы, адресованные интегрирующей системе и основанные на спецификации источников.

5.3.1. Спецификация содержимого разнородных источников данных

Архитектура системы интеграции данных позволяет явно моделировать данные и информационные потребности (т.е. определять те данные, которые система предоставляет пользователю) на различных уровнях.

• **Концептуальный уровень** содержит концептуальное представление источников и согласованных интегрируемых данных вместе с явным декларативным описанием отношений между их компонентами.

• **Логический уровень** содержит представление источников в терминах логической модели данных.

5.3.1.1. Концептуальный уровень

Концептуальный уровень содержит формальные описания понятий, отношений между понятиями и дополнительные требования. Эти описания являются независимыми от системы интеграции и ориентированы на описание семантики приложения. На концептуальном уровне выделяют 3 элемента:

- *концептуальная схема уровня предприятия* (понимаемого в широком смысле). Здесь представляются наиболее общие понятия, связанные с приложением.
- *концептуальная схема информационного источника* является концептуальным представлением данных.
- *концептуальная схема предметной области* используется для описания объединения концептуальной схемы уровня предприятия и различных концептуальных схем информационных источников. Кроме того, сюда же входят дополнительные межсхемные отношения.

Элементарные понятия реляционной модели данных, такие как сущности, отношения и атрибуты, могут быть выражены на языке дескриптивной логики.

Наиболее интересным элементом на концептуальном уровне является схема предметной области, интегрирующая схему предприятия и схемы информационных источников, а также связывающая схемы информационных источников между собой. При этом используются *межсхемные отношения*.

5.3.1.2. Логический уровень

Логический уровень представляет описание логического содержимого для каждого источника, которое называется *схемой источника*. Обычно схема источника выражается в терминах набора отношений с использованием логической реляционной модели данных. Связывание логического представления источника и концептуальной схемы предметной области возможно двумя способами:

- *подход на основе глобального представления*. С каждым концептом концептуальной схемы предметной области ассоциируется запрос над базовыми отношениями источника. Таким образом, каждый концепт можно понимать как представление источника;
- *подход на основе локального представления*. Каждое отношение в источнике ассоциируется с запросом, описывающим его содержимое в терминах концептуальной схемы предметной области. Другими словами, содержимое каждого базового отношения внутри источника выражается через концепты предметной области.

Для описания содержимого источника используется понятие *запрос*. **Запрос** определяется как дизъюнкция конъюнкций над множеством атомов. Каждый из атомов является концептом, отношением или атрибутом.

6. Онтологий верхнего уровня

При решении прикладных задач онтология часто отождествляется с набором классов (понятий предметной области), связанных определенным набором отношений. Базовыми типами отношений являются ПОДКЛАСС-НАДКЛАСС (гипонимия), ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ (меронимия), ЭКЗЕМПЛЯР-КЛАСС, ПРИЧИНА-СЛЕДСТВИЕ, отношение зависимости и др.

В основном онтологии являются согласованными или разделяемыми ресурсами: содержимое онтологии может одновременно использоваться несколькими лицами, группами или сообществами. Онтологии верхнего уровня содержат знания *здравого смысла* (common sense) о моделируемом мире, формируя единую для онтологий нижних уровней систему понятий.

6.1. OpenCyc

OpenCyc — открытая для общего пользования часть коммерческого проекта Cyc, в рамках которого создана наиболее масштабная и детализированная на текущий момент онтология в области здравого смысла. База знаний OpenCyc содержит информацию из различных предметных областей: Философия, Математика, Химия, Биология, Психология, Лингвистика и т.д. Файл с описаниями OpenCyc доступен для скачивания с сайта проекта (<http://www.opencyc.com>).

Ключевым понятием в онтологии OpenCyc является *коллекция*. Любая коллекция может содержать подколлекции и экземпляры. Таким образом, в OpenCyc определены два таксономических отношения: ПОДКОЛЛЕКЦИЯ-НАДКОЛЛЕКЦИЯ (genls) и ЭКЗЕМПЛЯР-КОЛЛЕКЦИЯ (isA). Экземпляром коллекции может быть любой термин онтологии. Важная черта отношения isA в том, что оно передается по иерархии отношения genls, т.е. если А является экземпляром коллекции В и В является подколлекцией коллекции С, то А является также экземпляром коллекции С. В случае, если коллекции А и В связаны отношением genls (А genls В), это означает, что все экземпляры коллекции А являются также экземплярами коллекции В.



Рис. 6.1. Фрагмент иерархии коллекций в OpenCyc [26]

В вершине иерархии коллекций находится универсальная коллекция с именем *Нечто*. По определению, она содержит всё, что существует в рамках описываемой области (т.н. "Universe of Discourse"). Любая коллекция, описанная в OpenCyc, будь то *Индивид*, *МатематическоеМножество* или *Коллекция*, является и подколлекцией, и экземпляром коллекции *Нечто*. Более того, коллекция *Нечто* является как экземпляром, так и подколлекцией самой себя, но не подколлекцией какой-либо другой коллекции. На первом уровне иерархии *Нечто* разделяется сразу на 116 подколлекций. На рис. 6.1 изображена урезанная иерархия коллекций верхних уровней.

Коллекция *Индивид* содержит всевозможные индивиды, т.е. сущности, не являющиеся ни множествами, ни коллекциями. Индивиды могут быть абстрактными или конкретными, описывать физические объекты, события, отношения, числа, группы, они могут состоять из частей, иметь сложную структуру, но ни один экземпляр этой коллекции не может иметь элементов или подмножеств. Так, индивид, имеющий части (связи типа ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ), и множество или коллекция, содержащая те же самые части (связи типа ЭЛЕМЕНТ-МНОЖЕСТВО и ЭКЗЕМПЛЯР-КОЛЛЕКЦИЯ), — две совершенно разные сущности. Например, данная фирма (1), группа, содержащая всех работников данной фирмы (2), коллекция всех работников фирмы (3) и множество всех работников фирмы (4) — четыре разных понятия, и только первые два из них — индивиды.

Коллекция *Коллекция* содержит все коллекции онтологии OpenCyc, кроме *Нечто*. Именно *Коллекция* наиболее близка понятию *класс*, которое часто используют при проектировании онтологий предметных областей (но не понятию *класс* объектно-ориентированного программирования!), поскольку эта коллекция описывает набор объектов (экземпляров коллекции), имеющих некоторые общие атрибуты (свойства). Это же отличает *Коллекцию* от *МатематическогоМножества*. Множество может содержать абсолютно не связанные элементы, а *Коллекция* — нет. Все экземпляры *Коллекции* являются абстрактными сущностями, даже если коллекция содержит материальные объекты.

Структурно база знаний OpenCyc состоит из констант (терминов) и правил (формул), оперирующих этими константами. Правила делятся на два вида: аксиомы и выводимые утверждения. Под аксиомами в OpenCyc понимаются утверждения, которые были явно и вручную введены в базу знаний экспертами, а не появились там (или могут появиться) в результате работы машины вывода. Все утверждения или формулы в базе знаний OpenCyc фиксируются на языке CycL, выразительно эквивалентном исчислению предикатов первого порядка.

6.2. DOLCE

DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering) — первая из онтологий в библиотеке базовых онтологий проекта WonderWeb (<http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html>).

Онтологию DOLCE предполагается применять в Semantic Web для *согласования* между интеллектуальными агентами, использующими разную терминологию. При этом онтология не претендует на звание универсальной, стандартной или общей. Основная цель разработчиков — создать модель, помогающую при сравнении и объяснении связей с другими онтологиями библиотеки WFOLE (базовой библиотеки онтологий WonderWeb), а также для выявления скрытых допущений, лежащих в основе существующих онтологий и лингвистических ресурсов, таких как WordNet. DOLCE имеет когнитивный уклон, поскольку фиксирует онтологические категории естественного языка и знания "здорового смысла".

В основу процесса проектирования легло фундаментальное философское разделение всех сущностей на *универсалии* (сущности, потенциально или реально имеющие экземпляры) и *индивиды* (или частности), которые не имеют и не могут иметь экземпляров. DOLCE — онтология индивидов, в том смысле, что область описания ограничена только ими. Еще одна черта DOLCE (также заимствованная разработчиками из философии) — явное разделение на "Постоянные" и "Происходящие" сущности. Различие между ними состоит в том, что "Постоянные" сущности имеются в наличии целиком и неизменно в некотором фиксированном промежутке времени (например, стол или дом в течение периода своего существования). "Происходящие" разворачиваются во времени и в каждый момент в некотором временном интервале они могут быть различными, по-разному себя проявлять, иметь разный состав (например: ураган или период раннего Ренессанса), однако при этом их идентичность сохраняется.

Такое разделение на "объект" и "процесс" весьма условно, и здесь прослеживается когнитивный уклон DOLCE. Оно привело к тому, что в онтологии определены два типа отношения ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ. Первое никак не зависит от времени, второе имеет временной индекс, определяющий, в каких временных рамках отношение действует. Подобное "раздвоение" наблюдается и для отношения "КАЧЕСТВО — ОБЛАДАТЕЛЬ КАЧЕСТВА". Другие базовые отношения онтологии: УЧАСТНИК-ПРОЦЕСС, КОМПОНЕНТ-ЦЕЛОЕ (компонент входит в состав целого) и отношение зависимости имеют временной индекс. Для сравнения, в онтологии OpenCyc нет явного деления на "Постоянные" и "Происходящие". Поэтому среди множества отношений в разделе "Части объектов" нет отношения, учитывающего временной аспект: возможное непостоянство данного отношения.

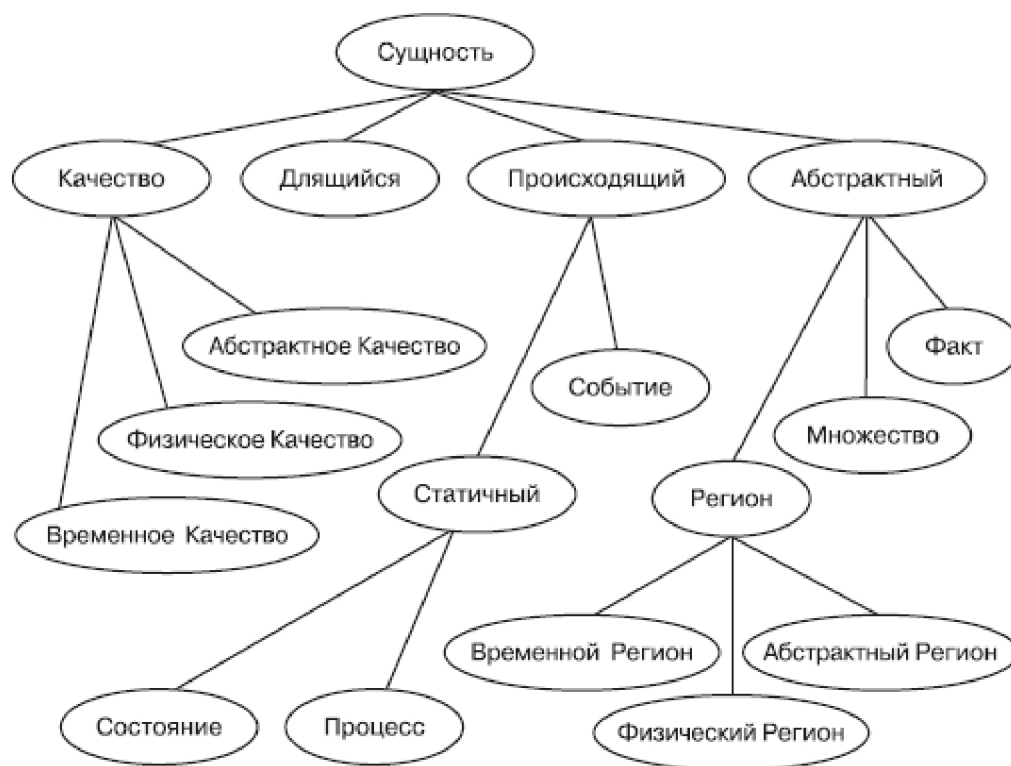


Рис. 6.2. Верхние уровни иерархии DOLCE [26]

Для представления своей онтологии авторы DOLCE избрали более гибкий, чем в проекте Сус, подход: онтология фиксируется с использованием логики предикатов первого порядка. Затем описывается та часть утверждений, которая может быть представлена на языке OWL. Оставшиеся аксиомы добавляются к OWL-описаниям в виде комментариев. Недостаток такого подхода в том, что приложения, не имеющие информации о действительной структуре OWL-документа, не смогут получить доступ к "закомментированным" утверждениям.

6.3. SUMO

SUMO (Standard Upper Merged Ontology) — онтология верхнего уровня, разработанная в рамках проекта IEEE SUO (IEEE Standard Upper Ontology) и Teknowledge. Проект претендует на статус стандарта для онтологий верхнего уровня (<http://ontologyportal.org/>).

Онтология SUMO содержит наиболее общие и самые абстрактные концепты, имеет исчерпывающую иерархию фундаментальных понятий (около 1 тыс.), а также набор аксиом (примерно 4 тыс.), определяющих эти понятия. Назначение SUMO — содействовать улучшению интероперабельности данных, извлечения и поиска информации, автоматического вывода и обработки естественного языка. Онтология охватывает следующие области знания: общие виды процессов и объектов, абстракции (теория множеств, атрибуты, отношения), числа и единицы

измерения, временные понятия, части и целое, агенты и намерения. SUMO является "канонической" онтологией верхнего уровня: содержит обозримое число концептов и аксиом, имеет ясную иерархию классов, легко расширяется, является итогом объединения различных общедоступных онтологий верхнего уровня (в том числе онтологии Джона Совы (J. Sowa's ontology)). К преимуществам SUMO можно отнести возможность трансляции описания онтологии на любой из основных языков представления знаний, наличие онтологии среднего уровня (MILO), интегрированной с SUMO, примеры практического применения, а также связь с WordNet — наиболее крупным на настоящий момент тезаурусом, содержащим около 150 тыс. слов английского языка.



Рис. 6.3. Иерархия классов SUMO [26]

Иерархия классов в SUMO (рис. 6.3) менее запутана, чем в OpenCyc, и, возможно, более удобна для практического применения, чем DOLCE. Основными концептами, как во многих онтологиях верхнего уровня, являются *Сущность* и ее категории — *Физический* и *Абстрактный*. Первая категория включает всё, что имеет положение в пространстве-времени, а вторая — все остальное (а точнее только то, что существует в сознании). *Физический* делится на *Объект* и *Процесс*, что соответствует подходу, реализованному в DOLCE.

Самолет это объект, а его функционирование – это процесс. «Только в полете живут самолеты» - не только слова из песни, но и факт его существования, фрагмент его онтологии.

Непосредственно под концептом *Объект* находятся два непересекающихся понятия: *СвязныйОбъект* и *Коллекция*. Первое обозначает любой объект, все части которого непосредственно или косвенно связаны друг с другом. Концепт *СвязныйОбъект* разделен на два концепта: *НепрерывныйОбъект* и *ДискретныйОбъект*. *НепрерывныйОбъект*

характеризуется тем, что все его части (вплоть до самого низкого уровня деления) имеют такие же свойства, как и целое. Такие субстанции, как вода и глина могут быть подклассами концепта *НепрерывныйОбъект*, так же как и поверхности и географические области.

Коллекции в SUMO отделены от *СвязныхОбъектов*. *Коллекции* строятся из несвязанных частей и с использованием отношения ЧЛЕН-КОЛЛЕКЦИЯ между частями и соответствующей им коллекцией. Здесь, так же как в OpenCyc, проводится разграничение понятий *Коллекция*, *Класс* и *Множество*. Предикат "быть членом коллекции" отличен от предикатов "быть экземпляром класса" и "быть элементом множества", относящих объекты к понятиям *Класс* или *Множество*, которым они соответствуют. В отличие от *Классов* и *Множеств*, *Коллекции* занимают некоторое положение в пространстве-времени (они не абстрактны, как в OpenCyc, а материальны), члены могут добавляться и удаляться из коллекции, не меняя ее идентичности. Примеры *Коллекций*: ящики с инструментами, проектные фирмы, парк самолетов.

Категория *Абстрактный* разделяется на *Множество*, *Утверждение*, *Величина* и *Атрибут*.

- *Множество* — обычное понятие теории множеств, включает *Класс*, который, в свою очередь, имеет подкласс *Отношение*. *Класс* - множество со свойством или пересечением свойств, которые определяют принадлежность к *Классу*, *Отношение* - Класс упорядоченных пар. *Отношение* по смыслу ближе к *Классу*, чем к *Множеству*. *Отношение* ограничено только теми упорядоченными парами, которые описывают его содержимое.
- Концепт *Утверждение* соответствует понятию семантического или информационного содержимого. SUMO не накладывает никаких ограничений на это содержимое. Это более общее понятие, чем используемое в большинстве онтологий. Примеры *Утверждений*: обзор работ, краткое описание проекта.
- Понятие *Атрибут* включает все количества, свойства и т.д., которые не представимы как *Объекты*. Например, вместо того чтобы делить класс *Животные* на *ЖивотныеЖенскогоПола* и *ЖивотныеМужскогоПола*, создаются экземпляры *Женский* и *Мужской* класса *БиологическийАтрибут*, который является подклассом *Атрибута*. Аналогично можно поступить с самолетами гражданской и военной авиации.
- *Величина* разделяется на *Число* и *ФизическаяВеличина*. Первое понимается как независимая от системы измерения величина, а второе — как составная величина, состоящая из *Числа* и конкретной единицы измерения.

Аксиомы ограничивают интерпретацию концептов и предоставляют основу для систем автоматизированного рассуждения, которые могут обрабатывать базы знаний, соответствующие по своей структуре онтологии SUMO. Пример аксиомы: "Если С является экземпляром процесса *горения*, то существуют *выделение тепла* Н и *излучение света* L такие, что оба они — Н и L — являются подпроцессами С". Более сложные предложения говорят, что

процессы выделения тепла и излучения света сопутствуют каждому процессу горения.

6.4. Онтология Дж. Совы

Онтология Джона Совы (J. Sowa's ontology), описанная в книге "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations", определяет базовые онтологические категории, полученные автором из источников по логике, лингвистике, философии и искусственному интеллекту (<http://www.jfsowa.com/ontology/>).

Для того чтобы сохранить открытость, онтология, по мнению Совы, должна быть основана не на фиксированной иерархии концептов, а на каркасе, описывающем различия, по которым иерархия генерируется автоматически. В любом конкретном приложении "концепты не определяются рисованием линий на диаграмме, а задаются выбором подходящего множества различий".

Таблица 6.1. Онтологические категории верхнего уровня, предложенные Джоном Совой				
	Физический		Абстрактный	
	Континуальный	Происходящий	Континуальный	Происходящий
Независимый	Объект	Процесс	Схема	Скрипт
Относительный	Слияние	Участие	Описание	История
Опосредованный	Структура	Ситуация	Причина	Цель

В табл. 6.1 приведены онтологические категории. Важными являются также понятия: *сущность*, которая является надтипом для всех других концептов и не определяет никаких отличительных признаков или различий, и *абсурдный тип*, наследующий все возможные, в том числе противоречащие, различия. Ни один экземпляр не может иметь этот тип. В онтологии также проводится различие между абстрактным и физическим (именно в таком виде оно заимствовано разработчиками SUMO). Отдельно выделяются категории независимости, относительности и опосредованности. "Независимые" сущности не нуждаются в существовании каких-либо связей с другими сущностями. Любая "Относительная" сущность обязательно имеет хотя бы одну связь с некоторой другой сущностью. Для существования "Опосредованной" сущности необходимо наличие некоторого отношения, которое связывает какие-то другие сущности, имеющие отношение также и к первой. Онтология Джона Совы описывает роли и отношения, агентов, процессы и т.д.

7. Онтологии предметных областей

7.1. Онтология в области документации CIDOC CRM

CIDOC CRM ("Committee on Documentation" "Conceptual Reference Model") представляет собой формальную онтологию, предназначенную для улучшения интеграции и обмена гетерогенной информацией по культурному наследию. Более конкретно, CIDOC CRM определяет семантику схем баз данных и структур документов, используемых в культурном наследии и музейной документации, в терминах формальной онтологии. Модель не определяет терминологию, появляющуюся в конкретных структурах данных, но имеет характерные отношения для ее использования.

Модель может служить как руководством для разработчиков информационных систем, так и общим языком для экспертов предметной области и специалистов по информационным технологиям. Она предназначена для покрытия контекстной информации исторического, географического и теоретического характера об отдельных экспонатах и музейных коллекциях в целом.

Структурно CIDOC CRM состоит из иерархии классов и широкого набора свойств (бинарных отношений), связывающих классы между собой. Все концепты (классы и свойства) модели можно разделить на три группы. Первая группа включает классы и отношения, охватывающие наиболее общие понятия окружающего мира: постоянные и временные сущности, отношения участия, зависимости, совпадения во времени. Вторая группа содержит понятия, частично поддерживающие функции управления: приобретение и учет единиц хранения, передача прав собственности на объекты культуры. К третьей группе относятся классы и свойства, используемые для внутренней организации самой онтологии: средства, необходимые для подключения внешних источников терминов, например, тезаурусов по отраслям культуры.

Иерархия классов модели CIDOC CRM делится на 2 ветви: *Постоянные сущности* и *Временные сущности*. Прочие классы являются вспомогательными.

На рис. 7.1 изображены различные части онтологии CIDOC CRM (снимки экрана сделаны в редакторе Protege) [26].

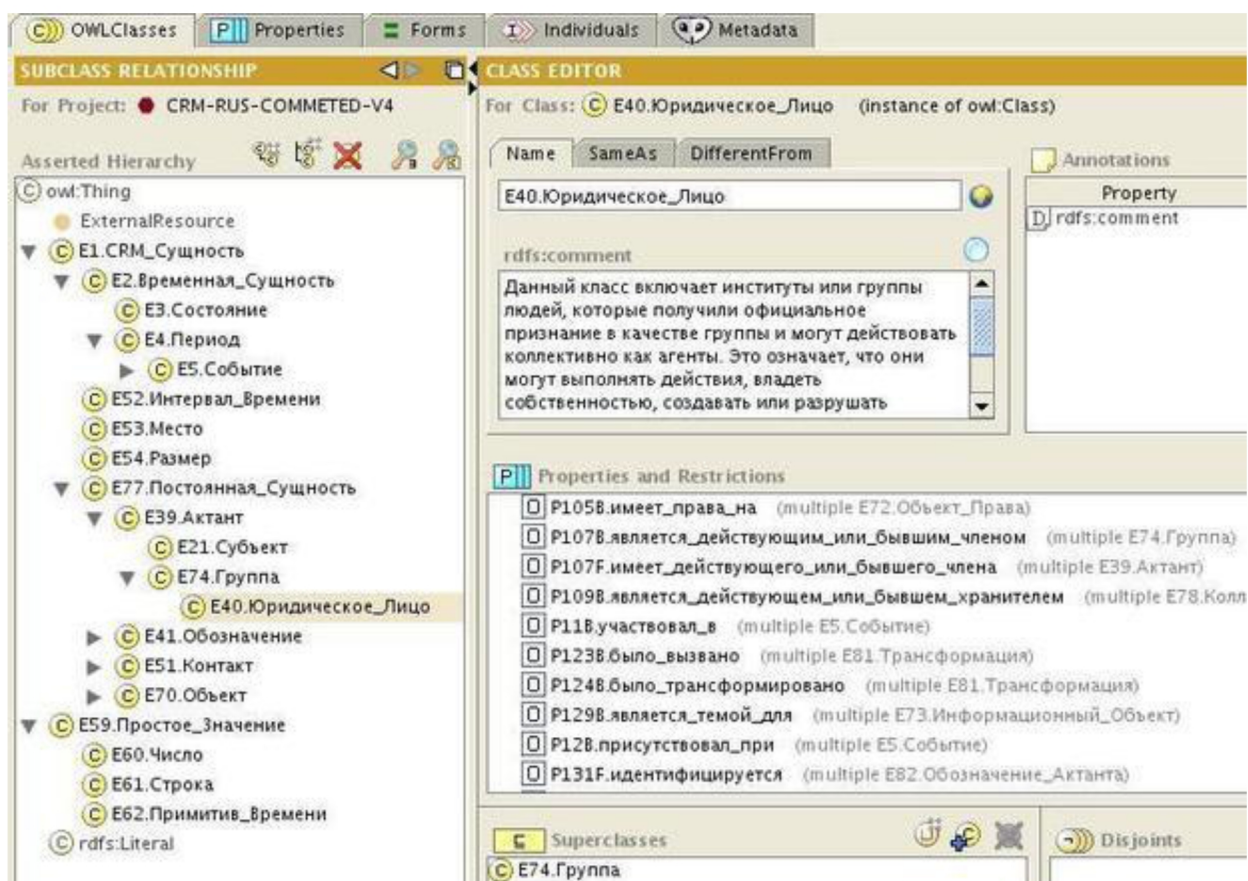


Рис. 7.1. Иерархия классов онтологии CIDOC CRM, текстовое описание и свойства класса "Юридическое_Лицо".

7.2. Онтологии товаров и услуг

Одной из важных сфер применения онтологий является сфера предложения товаров и услуг. К задачам, которые должны обеспечивать онтологии о товарах и услугах, относятся:

- сбор информации о товарах;
- представление информации о товаре;
- классификация товаров — разделение по назначению;
- поиск по товарам;
- показ баннеров;
- показ текстов (обзоров, новостей, форумов) по товарам.

Для классификации товаров традиционно используются классификации типа рубрикаторов, которые также рассматриваются как вид онтологической организации знаний.

7.2.1. Рубрикаторы как вид онтологий

Под *рубрикатором* понимается классификационная таблица иерархической классификации, содержащая полный перечень включенных в

систему классов и предназначенная для систематизации информационных фондов, массивов и изданий, а также для поиска в них (ГОСТ 7.74-96).

Имеется главное теоретическое отличие терминов тезауруса от рубрик рубрикатора. Термины тезауруса являются фундаментально языковыми, в то время как рубрики соответствуют концептуальным категориям. Цель разработки информационно-поискового тезауруса — найти хорошие, компактные слова и фразы для описания основных тем документов, сведя синонимы и квазисинонимы к дескрипторам тезауруса [26].

Цель создания рубрикаторов — это разработать совершенно отдельные концептуальные категории, которые взаимно не пересекаются. В идеале не должно быть пересечений между рубриками и не должно быть промежутков, то есть ни одна подобласть не должна остаться вне рубрик рубрикатора. Для достижения таких строгих целей рубрикатор структурируется, что может быть выполнено двумя основными способами — иерархической организацией рубрикатора и фасетной организацией рубрикатора.

Чтобы определить рубрики достаточно строго и исключить пересечение значений, часто необходимо называть рубрики длинными и именами. Назначение такого словосочетания — четко определить отдельную концептуальную категорию, чтобы подобное словосочетание не встретить в тезаурусе. Поскольку работать с такими сложно сформулированными сущностями достаточно тяжело, им обычно присваивается некоторая система классификационных кодов.

7.2.2. *OntoSeek*

OntoSeek — система, предназначенная для содержательного поиска в изданиях типа "Желтые страницы" и каталогах товаров.

К числу особенностей системы относятся:

- использование произвольных естественно-языковых терминов для описания товаров и услуг;
- отсутствие ограничений на задание запросов на естественном языке, базирующееся на семантической обработке запроса, на основе онтологии;
- интерактивная помощь в формулировании запросов, в их обобщении и специализации.

В качестве представления информации о товарах выбраны концептуальные графы. По сравнению с представлением вида "атрибут-значение" такие графы обеспечивают значительно более гибкий и более выразительный механизм представления запросов и описаний товаров. На базе концептуальных графов проблема сопоставления запроса и описания товара сводится к сопоставлению графов.

В качестве онтологии взят WordNet, на основе описаний которого можно выявить синонимичность и родо-видовые отношения слов.

Представление запросов основывается на графах, содержащих переменные. Так, если пользователь ищет автомобили, внутри которых установлен радиоприемник, то запрос будет выглядеть следующим образом:

[<X> car]-> (part) -> [Radio].

Если пользователь ищет радиоприемник для автомобиля, то запрос представляется следующим выражением:

[car]-> (part) -> [<X> Radio].

Проблема использования онтологии, как WordNet, связана с тем, что в ней в явном виде не содержится информация о взаимной исключительности понятий. Чтобы решить эту проблему, было предложено различать понятия-типы и понятия-роли и ввести следующие предположения:

- типы, которые не находятся в родо-видовой иерархии, взаимно исключают друг друга;
- роли всегда подчиняются типам;
- роли, подчиняющиеся одному и тому же типу, рассматриваются как не взаимно исключительные, если это не указывается специально, например отношением антонимии.

Примерами типов являются такие понятия, как *человек* или *растение*, а примерами ролей — такие понятия, как *студент* или *начальник*. Типы и роли различаются тем, что для типов принадлежность их к своему типу является внутренне необходимым свойством, в то время как студент или начальник может перестать быть студентом или начальником, оставаясь все тем же человеком.

8. Языки описания онтологий

8.1. Архитектура метаданных в World Wide Web

8.1.1. Ресурсы

Переход по ссылке URL позволяет получить *нечто*, который можно назвать ресурсом Сети. Под ресурсом понимается также документ или просто некий объект, имеющий машинопонятный вид или обладающий скрытым внутренним состоянием. В рамках этого раздела термины "ресурс", "объект" и "документ" являются синонимами.

Неотъемлемой характеристикой любого ресурса Сети является сопровождающая его информация, или информация об информации (о ресурсе), которую принято называть *метаданными* - машинопонятную информацию о веб-ресурсах и других сущностях. Под "машинопонятной" понимается информация, воспринимаемая программными агентами с одной целью использовать информацию для решения задач, возложенных на этих агентов пользователем. Метаданные должны иметь ясную *структуру* и *семантику*. Таким образом, в Сети есть данные — ресурсы, есть метаданные — информация о ресурсах.

8.1.2. Форма метаданных

Метаданные состоят из высказываний о данных и при представлении имеют форму имени (или типа высказывания) и набора параметров.

Наиболее распространенной формой высказывания является следующая модель: *Ресурс — атрибут — значение*,

где *ресурс* — это объект, о котором фиксируется высказывание,

атрибут — некоторое свойство или параметр объекта,

значение представляет некоторое значение из области значений атрибута (или *диапазона* значений атрибута данного объекта).

8.1.3. Связи

Связи являются основой навигации в Сети. Они могут использоваться для построения структур внутри WWW, а также для создания семантической Сети, в которой могут быть представлены знания об окружающем мире. Иными словами, связи могут применяться для определения структуры данных (в этом случае они являются метаданными), но могут быть использованы и как форма представления данных.

Одна из основных задач, решаемых при проектировании архитектуры метаданных Сети, состоит в том, чтобы сделать информацию самоописывающейся (self-describing).

Преимущество самоописывающейся информации состоит в том, что нет необходимости согласовывать значение каждого термина централизованно, стандартизировать семантику высказываний.

8.1.4. RDF

RDF — язык представления информации о ресурсах WWW. В частности, RDF служит для представления метаданных, связанных с ресурсами Сети, таких как "заголовок", "автор", "дата последнего изменения страницы". RDF может использоваться и для представления информации о ресурсах, на которые можно только ссылаться (или идентифицировать в Сети при помощи URI), но невозможно непосредственно получить к ним доступ через Сеть.

8.1.5. RDF-граф

Базовой структурной единицей RDF является коллекция троек (или триплетов), каждая из которых состоит из субъекта, предиката и объекта (S,P,O). Набор триплетов называется RDF-графом (рис.8.1). В качестве вершин графа выступают субъекты и объекты, в качестве дуг — предикаты (или свойства). Направление дуги, соответствующей предикату в данной тройке (S,P,O), всегда выбирается так, чтобы дуга вела от субъекта к объекту.

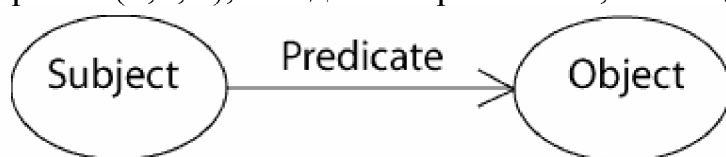


Рис. 8.1. RDF-тройка

Каждая тройка представляет некоторое высказывание, увязывающее S, P и O. Первые два элемента RDF-тройки (субъект и предикат) идентифицируются при помощи URI. Объектом же может быть как ресурс, идентифицируемый при помощи URI, так и RDF-литерал (значение).

8.1.6. RDF-литералы

RDF-литералы бывают двух видов: типизированные и нетипизированные. Каждый литерал в RDF-графе содержит одну или две именованные компоненты. Все литералы имеют лексическую форму в виде строки символов Unicode. Простые литералы состоят из лексической формы и необязательной ссылки на язык (ru, en, :). Типизированные литералы состоят из лексической формы и URI-ссылки на тип данных, задаваемой в формате RDF URI.

8.1.7. Сравнение литералов

Два литерала равны тогда и только тогда, когда выполняются все перечисленные ниже условия:

- строки обеих лексических форм совпадают посимвольно.
- оба литерала либо имеют теги языка, либо оба не имеют.
- теги языка, если они имеются, совпадают.
- оба литерала либо имеют URI типа данных, либо оба не имеют.
- при наличии URI типа данных эти URI совпадают посимвольно.

8.2. Языки представления онтологий

В проектировании онтологии важным моментом является выбор соответствующего языка спецификации онтологий. Цель таких языков — указывать дополнительную машинно-интерпретируемую семантику ресурсов, сделать машинное представление данных более похожим на положение вещей в реальном мире, существенно повысить выразительные возможности концептуального моделирования слабо структурированных Web-данных.

Распространение онтологического подхода к представлению знаний оказало содействие при создании языков представления онтологии и инструментальных средств, предназначенных для их редактирования и анализа. Существуют языки спецификации онтологий: Ontolingua, CycL, языки, основанные на дескриптивных логиках (такие как LOOM), языки, основанные на фреймах (OKBC, OCML, F-Logic). Более поздние языки основаны на Web-стандартах (XOL, SHOE, UPML). Специально для обмена онтологиями через Web были созданы языки RDF, RDFS, DAML+OIL, OWL.

Языки описания метаданных и онтологий в Web развиты очень хорошо, языки запросов и языки описания правил доведены до стадии технологических стандартов в данной области. Однако узким местом всё еще являются механизмы взаимодействия агентов на основе онтологий.

8.2.1. RDFS

RDF не предоставляет механизмов для описания атрибутов ресурсов и определения отношений между ними. Для этого предназначен язык RDFS (RDF Schema) — язык описания словарей для RDF. RDFS определяет классы, свойства и другие ресурсы.

RDFS является семантическим расширением RDF. Он предоставляет механизмы для описания групп связанных ресурсов и отношений между этими ресурсами. Все определения RDFS выражены на RDF (поэтому RDF называется "самоописывающимся" языком). Новые термины, вводимые RDFS, такие как "домен", "диапазон" свойства, являются ресурсами RDF.

Система классов и свойств языка описания RDF-словарей похожа на систему типов объектно-ориентированных языков программирования, например, Java. Но RDF отличается от большинства таких систем тем, что здесь центральным аспектом является определение свойства, а не класса. Свойства в RDF определяются как пары (домен, диапазон). При этом домен представляет некоторое множество классов RDF, к которым данное свойство применимо, диапазон определяет допустимое множество ресурсов — значений свойства. При изменении смысла свойств изменять придется именно их, при этом все классы, зависящие от изменяемых свойств, косвенно изменят свою семантику. Основное преимущество такого подхода — в легкой расширяемости: добавление/удаление свойств интуитивно проще, чем управление множеством классов, обладающих каждый своим индивидуальным набором свойств.

Ресурсы могут объединяться в группы, называемые *классами*. Члены класса называются *экземплярами* класса. Сами классы также являются ресурсами и идентифицируются ссылками RDF-URI. Чтобы указать, что ресурс является экземпляром класса, используется свойство `rdf:type` ("rdf" здесь применен как префикс пространства имен).

В RDF определение класса или свойства (т.н. *интенционал*) отделено от множества экземпляров класса и значений свойства (т.н. *экстенционала*). Так, два класса с одинаковыми экстенционалами считаются различными, если они имеют разные наборы свойств (интенционалы).

В случае, когда необходимо сделать утверждение об утверждении RDF, прибегают к так называемой *реификации*, или материализации утверждений. В этом случае само утверждение (или высказывание) выступает в роли объекта.

Открытость и расширяемость RDF ведет к тому, что "кто угодно (т.е. любой пользователь RDF) может сказать что угодно (т.е. фиксировать произвольное утверждение) о чем угодно (т.е. о любом ресурсе)", используя RDF. RDF не запрещает делать бессмысленных утверждений или утверждений, не согласующихся с другими. Следовательно, нет никакой гарантии целостности и непротиворечивости RDF-описаний. Вся ответственность за проверку ложится на получателей (конечных пользователей) метаданных, т.е. на разработчиков приложений, обрабатывающих RDF-данные.

8.2.2. OWL

OWL (Web Ontology Language, в аббревиатуре буквы намеренно переставлены местами, чтобы получилось английское слово "сова") — язык представления онтологий в Web. Фактически это словарь, расширяющий набор терминов, определенных RDFS. OWL-онтологии могут содержать описания классов, свойств и их экземпляров. Создание OWL — это ответ на необходимость представления знаний в Сети в едином формате. Исторически

предшественником OWL был язык DAML+OIL, объединивший 2 инициативы: проект DAML (DARPA Agent Markup Language) и проект OIL (Ontology Inference Layer). Наиболее ранним проектом представления онтологий в Web был SHOE (Simple HTML Ontology Extensions). Ветви развития языков описания онтологий для Web показаны на рис. 8.2. Верхний уровень: OIL, DAML+OIL и OWL продолжают развиваться, но наибольшей популярностью пользуется OWL.

OWL с 2004 года является рекомендацией W3C и объединяет лучшие черты своих предшественников.

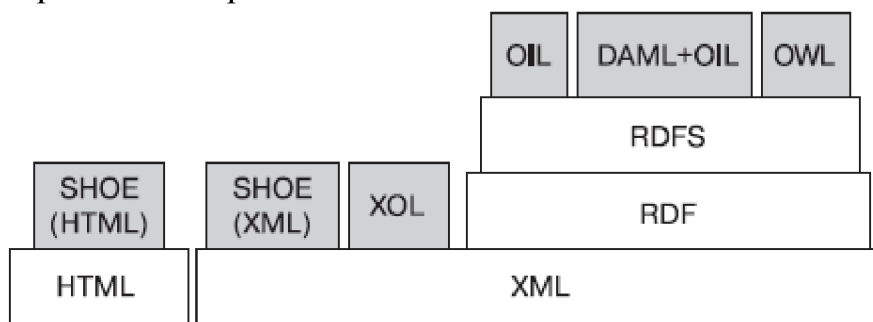


Рис. 8.2. Основные ветви развития языков описания онтологий для Web [26]

Язык OWL имеет 3 диалекта:

- OWL Lite — имеет наименьшую выразительную мощность из всех, но для решения простых задач его может быть достаточно. OWL Lite обладает важнейшим свойством — *разрешимостью* (т.е. задача вывода следствий из утверждений, сформулированных в этом языке, является вычислимой).
- OWL DL — обладает большей выразительной мощностью, чем OWL Lite. OWL DL тоже обладает свойством *разрешимости*, однако вычислительная сложность у него выше, чем OWL Lite. Разрешимость достигается, в частности, наложением ограничений на синтаксис языка; так, в OWL DL классу запрещено быть экземпляром.
- OWL Full — наиболее выразительный диалект. Эквивалентен RDF. При использовании OWL Full нет никаких гарантий по вычислимости заключений.

Каждый из этих диалектов (кроме OWL Lite) является расширением предыдущего. Как следствие, любая OWL Lite онтология является OWL DL онтологией, а любая OWL DL онтология является OWL Full онтологией.

Структура OWL-онтологии имеет заголовок и тело. В заголовке содержится информация о самой онтологии (версия, примечания), об импортируемых онтологиях. За заголовком следует тело онтологии, содержащее описание классов, свойств и экземпляров.

В OWL введен новый термин — *класс* (**owl:Class**). Необходимость этого объясняется тем, что не все классы диалектов OWL DL и OWL Lite являются RDFS-классами (в этом случае **owl:Class** является подклассом **rdfs:Class**). В диалекте OWL Full подобных ограничений нет, и **owl:Class** фактически является синонимом **rdfs:Class**.

Для организации классов в иерархию используется свойство `rdfs:subClassOf`.

Особое место занимают два взаимодополняющих класса — `owl:Thing` и `owl:Nothing`. Первый из них является надклассом любого класса OWL, второй — подклассом любого класса OWL. Экземпляр любого класса OWL входит в экстенционал класса `owl:Thing`. Экстенционал класса `owl:Nothing` является пустым множеством.

OWL-класс может быть описан шестью способами:

1. идентификатором класса (URI);
2. перечислением всех экземпляров класса;
3. ограничением на значение свойства;
4. пересечением 2-х и более определений классов;
5. объединением 2-х и более определений классов;
6. дополнением (логическим отрицанием) определения класса.

Только первый способ определяет именованный класс **OWL**. Все оставшиеся определяют анонимный класс через ограничение его экстенционала. Способ 2 явно перечисляет экземпляры класса, способ 3 ограничивает экстенционал только теми экземплярами, которые удовлетворяют данному свойству. Способы 4-6 используют теоретико-множественные операции (объединение, пересечение и дополнение) над экстенционалами соответствующих классов, чтобы определить экстенционал нового класса.

Описания класса являются строительными блоками для определения классов посредством *аксиом*.

Простейшая аксиома, определяющая именованный класс:

```
<owl:Class rdf:ID="Самолет"/>
```

Всё, что постулирует эта аксиома, — существование класса с именем Самолет.

В OWL определены еще 3 конструкции, комбинируя которые, можно определять более сложные *аксиомы классов*:

- `rdfs:subClassOf` говорит о том, что экстенционал одного класса (подкласса) полностью входит в экстенционал другого (надкласса);
- `owl:equivalentClass` говорит о том, что экстенционалы двух классов совпадают;
- `owl:disjointWith` говорит о том, что экстенционалы двух классов не пересекаются. Иногда говорят, что таким образом определяются дизъюнктивные классы.

В OWL выделяют две категории *свойств*: *свойства-объекты* (или *объектные свойства*) и *свойства-значения*. Первые связывают между собой индивиды (экземпляры классов). Вторые связывают индивиды со значениями данных. Оба класса свойств являются подклассами класса `rdf:Property`.

Для определения новых свойств как экземпляров `owl:ObjectProperty` или `owl:DatatypeProperty` используются аксиомы свойств.

Пример аксиомы:

<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasParent"/>

Все, что постулирует данная аксиома, — существование некоторого свойства hasParent, связывающего экземпляры класса owl:Thing друг с другом.

OWL поддерживает следующие конструкции для построения *аксиом свойств*:

- Конструкции RDFS: rdfs:subPropertyOf (определяет *подсвойство* данного свойства), rdfs:domain (определяет *домен* свойства) и rdfs:range (определяет *диапазон* свойства)
- Отношения между свойствами: owl:equivalentProperty (определяет *эквивалентное свойство*) и owl:inverseOf (определяет *обратное свойство*).
- Ограничения глобальной кардинальности: owl:FunctionalProperty (определяет *однозначное свойство* — однозначное отображение домена свойства на диапазон) и owl:InverseFunctionalProperty (*обратно функциональное свойство*, т.е. определяет, что свойство, обратное данному свойству, является однозначным).
- Логические характеристики свойства: owl:SymmetricProperty (определяет свойство как *симметричное*) и owl:TransitiveProperty (определяет *транзитивное свойство*).

Индивиды определяются при помощи *аксиом индивидов* (т.н. *фактов*). Рассмотрим два вида фактов:

1. факты членства индивидов в классах и факты о значениях свойств индивидов;
2. факты идентичности/различности индивидов.

Пример аксиом индивидов первого вида:

```
<Самолет rdf:ID="Tu-154">  
  <имеетКонструктора rdf:resource="#Туполев"/>  
</Самолет>
```

Данная аксиома постулирует сразу 2 факта: (1) существует некоторый индивид класса Самолет, имеющий имя Tu-154; (2) этот индивид связан свойством имеетКонструктора с индивидом Туполев (который определен где-то в другом месте). Первый факт говорит о членстве в классе, второй — о значении свойства индивида.

Аксиомы второго вида необходимы для суждения об идентичности индивидов. В OWL не делается никаких предположений ни о различии, ни о совпадении двух индивидов, имеющих различные идентификаторы URI. Подобные утверждения выражаются аксиомами идентичности с помощью следующих конструкций:

- owl:sameAs - две ссылки URI ссылаются на один и тот же индивид;
- owl:differentFrom - две ссылки URI ссылаются на разные индивиды;
- owl:AllDifferent - средство для определения списка попарно различных индивидов.

9. Инструментальные средства проектирования онтологий

Редакторами или конструкторами онтологий называют инструментальные программные средства, созданные специально для проектирования, редактирования и анализа онтологий. Основная функция любого редактора онтологий состоит в поддержке процесса формализации знаний и представлении онтологии как *спецификации*.

Количество общедоступных редакторов онтологий превысило 100. Но количество пока не перешло в качество. В таблице представлены основные характеристики наиболее популярных редакторов онтологий.

Таблица 7.1. Сравнение редакторов онтологий			
Название	Краткое описание	Формализмы, языки, форматы	URL
Ontolingua	Совместная разработка онтологий	OKBC, KIF	www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/
Protege	Создание, просмотр онтологий	JDBC, UML, XML, XOL, SHOE, RDF/RDFS, DAML+OIL, OWL	protege.stanford.edu
Magenta	Конструктор онтологий и исполнительная система		http://www.magenta-technology.com/
OntoSaurus	Web-браузер баз знаний на языке LOOM	LOOM	www.isi.edu/isd/ontosaurus.html
OntoEdit	Разработка и поддержка онтологий	F-Logic, RDFS, OIL, OXML	www.ontoknowledge.org/tools/ontoedit.shtml
OilEd	Разработка онтологий, поддержка логического вывода	DAML+OIL	oiled.man.ac.uk
WebOnto	Многопользовательская разработка онтологий	OCML	kmi.open.ac.uk/projects/webonto/
WebODE	Создание онтологий с помощью методологии Methontology	F-Logic, LOOM, Ontolingua	webode.dia.fi.upm.es/WebODEWeb/index.html

9.1. Формализмы и форматы представления

Формализм - теоретический базис, лежащий в основе способа представления онтологических знаний. Примерами формализмов могут служить логика предикатов (First Order Logic — FOL), дескриптивная логика (DL), фреймовые модели (Frames), концептуальные графы и т.п. Формализм, используемый редактором, может не только существенно влиять на

внутренние структуры данных, но и определять формат представления или даже пользовательский интерфейс.

Формат представления онтологии задает вид хранения и способ передачи онтологических описаний. Под форматами подразумеваются языки представления онтологий: RDF, OWL и др.

Редакторы онтологий обычно поддерживают работу с несколькими формализмами и форматами представления, но часто только один формализм является "родным" (native) для данного редактора.

9.2. Функциональность редактора онтологий

Функциональность редактора рассматривается как множество сценариев его использования. Базовый набор функций обеспечивает:

- *работу с одним или более проектами*:
 - сохранение проекта в нужном формализме и формате (экспорт);
 - открытие проекта;
 - импорт из внешнего формата;
 - редактирование метаданных проекта (от настройки форм редактирования и представления данных до поддержки версий проекта);
- *редактирование онтологии* (создание, редактирование, удаление понятий, отношений, аксиом и прочих структурных элементов онтологии, редактирование таксономии).

К дополнительным возможностям редакторов относят поддержку языка запросов (для поиска нетривиальных утверждений), анализ целостности, использование механизма логического вывода, поддержку многопользовательского режима, поддержку удаленного доступа через Интернет.

Инструментальные средства необходимы для ввода и редактирования онтологической информации, выполняя типичные операции над онтологиями:

- **выравнивание** (alignment) онтологий — установка различного вида соответствий между двумя онтологиями для того, чтобы они могли использовать информацию друг друга;
- **отображение** (mapping) одной онтологии на другую — нахождение семантических связей между подобными элементами разных онтологий;
- **объединение** (merging) онтологий — операция, которая по двум онтологиям генерирует третью, объединяющую информацию из первых двух.

9.3. Основные редакторы онтологий

Ontolingua

Кроме собственно редактора онтологий, эта система содержит:

- сетевой компонент Webster, предназначенный для определения концептов;
- сервер, обеспечивающий доступ к онтологиям Ontolingua по протоколу **OKBC** (Open Knowledge Base Connectivity);
- Chimaera — инструмент для анализа и объединения онтологий.

DOE (Differential Ontology Editor)

Процесс спецификации онтологии в DOE состоит из трех этапов.

1. пользователь строит таксономию понятий и отношений, явным образом очерчивая позицию каждого элемента (понятие) в иерархии. Затем пользователь указывает, в чем специфика понятия относительно его "родителя". Пользователь может прибавить синонимы и определение на нескольких языках для всех понятий.
2. две таксономии рассматриваются с разных точек зрения. Пользователь может расширить их новыми объектами или добавить ограничения на области отношений.
3. онтология может быть переведена на язык представления знаний.

OntoEdit

Инструментальное средство, обеспечивающее просмотр, проверку и модификацию онтологии. Оно поддерживает языки представления онтологии **OIL** и **RDFS**, а также внутренний язык представления знаний **OXML**, основанный на **XML**. Как и Protege, это автономное Java-приложение, но его коды закрыты. Свободно распространяемая версия OntoEdit Free ограничена 50 концептами, 50 отношениями и 50 экземплярами.

OilEd

Автономный графический редактор онтологий, разработанный в рамках проекта On-To-Knowledge. Он свободно распространяется по общедоступной лицензии GPL. Инструмент использует для представления онтологий язык **OIL**. В OilEd отсутствует поддержка экземпляров классов.

WebOnto

WebOnto представляет собой Java-апплет и разработан для просмотра, создания и редактирования онтологий. Для моделирования онтологий он использует язык **OCML** (Operational Conceptual Modeling Language). Пользователь может создавать различные структуры, в том числе классы со множественным наследованием. Инструмент имеет ряд полезных особенностей: просмотр отношений, классов и правил, возможна совместная работа над онтологией нескольких пользователей.

ODE, WebODE

ODE (Ontological Design Environment) взаимодействует с пользователями на концептуальном уровне, обеспечивает их набором таблиц

для заполнения (концептов, атрибутов, отношений) и автоматически генерирует код на языках **LOOM**, **Ontolingua** и **F-Logic**. Данный инструмент получил свое развитие в редакторе онтологий WebODE, который интегрирует все сервисы ODE в единую архитектуру, сохраняя свои онтологии в реляционной БД.

Magenta

Конструктор онтологии и исполнительная система компании MAGENTA CORPORATION LIMITED. Также как и редактор Protege подробно рассмотрен в методических указаниях [6].

Protege

Это свободно распространяемая Java-программа, предназначенная для построения (создания, редактирования и просмотра) онтологий той или иной прикладной области. Она включает редактор онтологий, позволяющий проектировать онтологии, разворачивая иерархическую структуру абстрактных и конкретных классов и слотов. На основе сформированной онтологии Protege позволяет генерировать формы получения знаний для введения экземпляров классов и подклассов.

С момента создания Protege использовался экспертами в основном для концептуального моделирования в области медицины. В последнее время его стали применять в других предметных областях — в частности, при создании онтологий для Semantic Web.

Изначально моделью знаний, поддерживаемой Protege, была фреймовая модель. Этот формализм сейчас является "родным" для редактора, но не единственным.

Protege имеет открытую, легко расширяемую архитектуру и помимо фреймов поддерживает все наиболее распространенные языки представления знаний (**SHOE**, **XOL**, **DAML+OIL**, **RDF/RDFS**, **OWL**). Protege поддерживает модули расширения функциональности (plug-in). Protege основан на модели представления знаний **OKBC** (Open Knowledge Base Connectivity). Основными элементами являются классы, экземпляры, слоты (представляющие свойства классов и экземпляров) и фасеты (задающие дополнительную информацию о слотах).

Пользовательский интерфейс состоит из главного меню и нескольких вкладок для редактирования различных частей базы знаний и ее структуры. Набор и названия вкладок зависят от типа проекта (языка представления) и могут быть настроены вручную. Обычно имеются следующие основные вкладки: Классы, Слоты (или Свойства для **OWL**), Экземпляры, Метаданные. Назначение основных вкладок — предоставить набор форм для заполнения базы знаний.

Вкладка "Классы". Функции: создание классов, слотов для данного класса, отображение иерархии классов, добавление текстовых примечаний к классам, поиск класса по шаблону.

Вкладка "Слоты". Функции: создание слотов, назначение домена и диапазона для данного слота, отображение иерархии и свойств слотов, добавление текстовых описаний слотов, поиск слота по шаблону, задание ограничений на значения слота.

Вкладка "Экземпляры". Функции: создание экземпляров данного класса, отображение и редактирование свойств экземпляра, отображение иерархии классов, связывание экземпляров слотами, добавление текстовых описаний экземпляров, поиск слота по шаблону, задание ограничений на значения слота.

9.4. Методология создания онтологий

Практическая разработка онтологии включает:

- определение классов в онтологии;
- расположение классов в таксономическую иерархию (**ПОДКЛАСС-НАДКЛАСС**);
- определение слотов и описание их допустимых значений;
- заполнение значений слотов экземпляров.

После этого можно создать базу знаний, определив отдельные экземпляры этих классов, введя в определенный слот значение и дополнительные ограничения для слота.

Основные правила разработки онтологии:

- не существует единственно правильного способа моделирования предметной области. Всегда существуют жизнеспособные альтернативы, в которых лучшее решение почти всегда зависит от предполагаемого приложения и ожидаемых расширений;
- разработка онтологии — это обязательно итеративный процесс.
- понятия в онтологии должны быть близки к объектам (физическим или логическим) и отношениям в интересующей предметной области. Скорее всего, это существительные (объекты) или глаголы (отношения) в предложениях, которые описывают предметную область.

Знание того, для чего предполагается использовать онтологию, и того, насколько детальной или общей она будет, может повлиять на многие решения, касающиеся моделирования. Нужно определить, какая из альтернатив поможет лучше решить поставленную задачу и будет более наглядной, более расширяемой и более простой в обслуживании. Следует помнить, что онтология — это модель реального мира, и понятия в онтологии должны отражать эту реальность.

После того как определена начальная версия онтологии, мы можем оценить и отладить ее, используя ее в каких-то приложениях и/или обсудив ее с экспертами предметной области. В результате начальную онтологию скорее всего нужно будет пересмотреть. И этот процесс итеративного

проектирования будет продолжаться в течение всего жизненного цикла онтологии.

Повторное использование существующих онтологий может быть необходимым, если системе нужно взаимодействовать с другими приложениями, которые уже вошли в отдельные онтологии или контролируемые словари. Многие полезные онтологии уже доступны в электронном виде и могут быть импортированы. Пример из авиационной области онтология **aero.owl**, доступная для ее развития в редакторе Protégé.

Литература

1. Боргест Н.М. Автоматизация предварительного проектирования самолета. Учеб. пособие. Самара: САУ, 1992 – 92 с.
2. Боргест Н.М. Антология онтологии/подборка научных статей. – Самара: СГАУ, 2010 – 88 с.
3. Боргест Н.М. Истоки и источники онтологии проектирования/Список рекомендуемой литературы и интернет-ресурсов. Самара: СГАУ, 2010 – 16 с.
4. Боргест Н.М., Комаров В.А., Данилин А.И. Краткий словарь авиационных терминов/ Под ред. Комарова В.А. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 224 с.
5. Боргест Н.М., Симонова Е.В. Основы построения мультиагентных систем, использующих онтологию. Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2009 – 80 с.
6. Боргест Н.М., Симонова Е.В., Шустова Д.В. Решение проектных задач с помощью онтологических систем/ Метод. указания к лаб. раб. – Самара: СГАУ, 2010 – 128 с.
7. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
8. Дембицкий Н.Л., Назаров А.В. Применение методов искусственного интеллекта в проектировании и производстве радиотехнических устройств: Монография. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 228 с.
9. Евгеньев Г.Б. Интеллектуальные системы проектирования: учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 334 с.
10. Ездаков А.Л. Экспертные системы САПР: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 160 с.
11. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
12. Комаров В.А., Боргест Н.М. и др. Концептуальное проектирование самолета. Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2007 – 92 с.
13. Муромцев Д.И. Онтологический инжиниринг знаний в системе Protégé. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2007. – 62 с.
14. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 328 с.
15. Проектирование самолетов: учебник для вузов/С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Под ред. С.М. Егера. Науч. предисловие А.М. Матвеевко, М.А. Погосьяна, Ю.М. Шустрова. – 4-е изд. Репр. воспр. текста изд. 1983 г. - М.: Логос, 2005. - 648 с.
16. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. - 348 с.

17. Рапопорт Г.Н., Герц А.Г. Искусственный и биологический интеллект: Общность структуры, эволюция и процессы познания. М.: КомКнига, 2010. – 312 с.
18. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. – М.: Вильямс, 2007. - 1408 с.
19. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика. – М.: Наука, 2003. – 156 с.
20. Тейлор Д., Рэйдено Н. Почти интеллектуальные системы. Как получить конкурентные преимущества путем автоматизации принятия скрытых решений. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2009. – 448 с.
21. Уитби Б. Искусственный интеллект: реальна ли Матрица. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 224 с.
22. Шапиро Д.И. Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга. - М.: РФК-Имидж Лаб, 2008. - 454 с.
23. Шведин Б.Р. Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия. М.: ЛЕНАНД, 2010. -240 с.
24. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб.: БХВ_Петрбург, 2003. – 608 с.
25. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Prot'eg'e 4 and CO-ODE Tools Edition 1.2, Nick Drummond, Simon Jupp, Georgina Moulton, Robert Stevens. - The University Of Manchester: March 13, 2009
26. <http://www.intuit.ru/departament/expert/ontoth/> Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: курс лекций. - Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев
27. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Онтология_\(информатика\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Онтология_(информатика))
28. <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
29. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/bolotova/library/tez1.htm>
Болотова В.А. Григорьев А.В., Инструментальные средства создания баз знаний на основе системы онтологий.
30. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/bolotova/library/tez3.htm>
Григорьев А.В. Формирование прикладных онтологий.
31. <http://www.aviaslovar.ru> Краткий словарь авиационных терминов.
32. <http://protege.stanford.edu/> Сайт редактора онтологий Стэндфордского университета
33. <http://www.magenta-technology.com/> Сайт компании Magenta Corporation Limited.
34. <http://www.sociograd.ru/index.php/students/17-news/137-savchenkoiv>
Леньков Р.В. Социальное предвидение в управлении: феномены, формы, проблемы
35. <http://www.shkp.ru/lib/archive/second/2001-1/1> Генисаретский О.И. Лекция о месте проектирования в системе стратегической работы
36. <http://www.philosophy.ru/iphras/library/filtech.html> Философия техники. История и современность.