

УДК 004.896

## ОНТОЛОГИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

П.О. Скобелев

*Институт проблем управления сложными системами РАН, Группа компаний «Генезис знаний»  
petr.skobelev@gmail.com*

### Аннотация

В работе предлагается подход к построению онтологий деятельности предприятий, интегрирующих знания из различных областей для построения концептуальных моделей, применимых для ситуационного управления ресурсами предприятий. В этих целях дается краткий обзор существующих подходов к созданию онтологий, проводится категориальный анализ характерных особенностей деятельности предприятий, рассматривается «путь мастера» - эпистемиологический генезис знаний, выраженный цепочкой изобретений и открытий предметной области. Предлагается инструментарий для работы с онтологиями деятельности, которые могут использоваться, например, для распределения, планирования и оптимизации ресурсов предприятий и ряда других применений.

**Ключевые слова:** онтологии, модели деятельности, мультиагентные системы, управление ресурсами, интеграция знаний, реальное время.

### Введение

Эффективное управление ресурсами современных предприятий представляет собой сложную проблему, требующую ежедневного решения взаимосвязанных и взаимосогласованных задач организации работ, планирования, мониторинга и контроля исполнения планов, а также развития предприятия.

При этом неопределенность спроса и предложения, сложность решаемых задач и динамика происходящих изменений в среде деятельности предприятий постепенно приводят к отказу от классических принципов менеджмента и попыткам поиска новых принципов управления, которые позволяли бы в этих трудных условиях добиваться лучших результатов, причем делать это в более короткие сроки и за меньшие деньги.

Один из новых подходов в этой сфере связан с развитием принципов ситуационного управления предприятиями в реальном времени [1], в котором управление понимается как процесс принятия согласованных решений между лицами, принимающими решениями (актерами), на основе общего понимания ситуации, вырабатываемого в процессе их взаимодействия, в темпе развития ситуации. В этом подходе каждый из акторов является «неоднородным», т.е. обладает своими знаниями и своим видением ситуации, своей логикой, своими инструментами, ресурсами и т.д. – однако, в ходе взаимодействия вырабатывается общее видение ситуации, которое признается и принимается каждым из участников, и которое далее используется для выработки и принятия согласованных решений для преодоления проблемы. При этом очень важным является тот факт, что знания каждого актора, лежащие в основе принимаемых им решений, в ходе разрешения проблемной ситуации могут пополняться и уточняться, поскольку помимо «штатных» ситуаций, прописанных в регламентах предприятия, непрерывно возникают и «нештатные» ситуации, когда предприятие сталкивается с

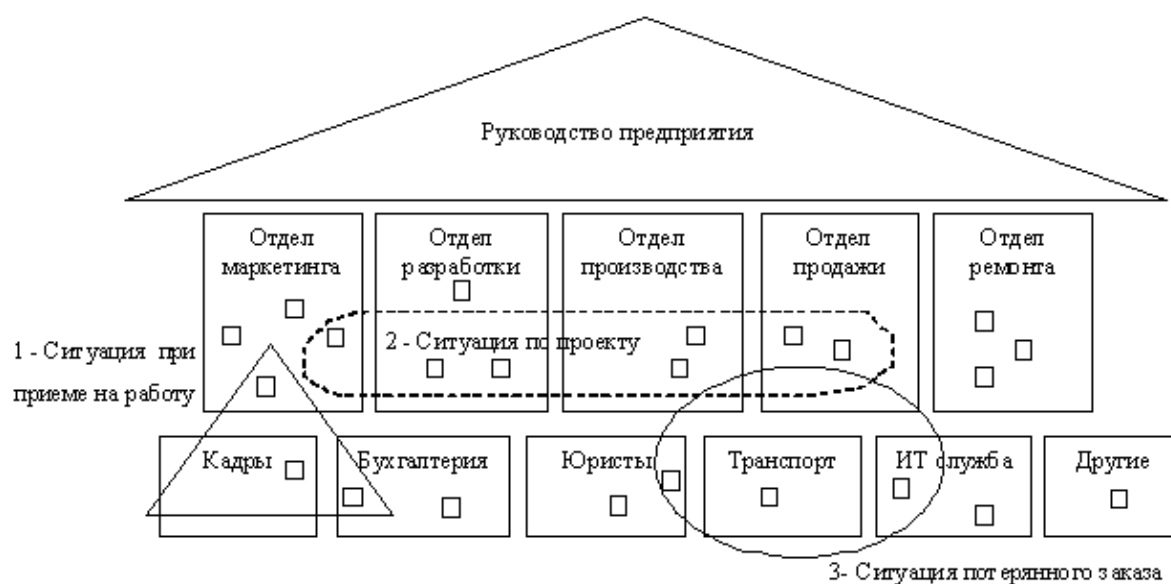
опасными или открывающими новые перспективы непредвиденными событиями, которые могут радикально повлиять на будущее предприятия.

Данное видение становится основой новой интерсубъективной теории ситуационного управления, в которой должны рассматриваться не только и не столько модели объекта управления (спутника или космического корабля для центра управления полетом, прокатного стана для металлургического комбината, маршрутов и графиков движения грузовиков для транспортной компании и т.д.), сколько модели деятельности коллективов людей, реализующих управление объектом, включая модели ситуаций, модели знаний и логики принятия решений акторами (которые теперь становятся частью теории), модели коллективного согласования и принятия решений и т.д.

В настоящей статье предлагаются онтологии деятельности предприятий, которые позволяют описывать знания о предметной области, строить концептуальные модели деятельности предприятий, а также формировать модели ситуаций (сцены), используемые для ситуационного управления в интеллектуальных системах поддержки принятия решений нового класса на основе мультиагентных технологий [2], базирующихся на принципах самоорганизации и эволюции.

## 1 Ситуационное управление предприятиями в реальном времени

Для примера рассмотрим любое предприятие полного цикла, которое разрабатывает и производит новые изделия, обеспечивает продажу и доставку изделий потребителям как напрямую, так и через сеть магазинов, а также осуществляет поддержку эксплуатации изделий, а при необходимости, и ремонт и замену изделий (рисунок 1).



1 – штатная ситуация с приемом нового специалиста на работу, 2 – штатная ситуация с перераспределением ресурсов в проекте в случае выявления новой задачи, 3 – внештатная ситуация с потерянными заказами (квадратами показаны вовлеченные сотрудники).

Рисунок 1 - Структура типового предприятия с тремя видами ситуаций

В повседневной жизни такого предприятия постоянно возникают различные штатные и нештатные проблемные ситуации, например:

- в связи с неожиданным увольнением опытного сотрудника (ситуация 1 - треугольный контур) возникла острая необходимость скорейшего принятия в отдел маркетинга нового специалиста – запускается документированная процедура (регламент) поиска и приема на работу специалиста;
- в проекте НИР и ОКР (ситуация 2 – пунктирный контур) возникли непредвиденные новые задачи, которые требуют изменения плана проекта и перераспределения ранее назначенных задач между участниками проекта, но не требуют сдвижки сроков и дополнительного финансирования – формализованная процедура разрешения такой ситуации отсутствует, но задача разрешается путем адаптивного перепланирования проекта командой специалистов;
- пришла рекламация от клиента (ситуация 3 - овальный контур), что заказ не был выполнен, но в базе данных предприятия отсутствуют сведения о таком заказе – ситуация по принципу «такого не может быть», требует исследования причин возникновения.

Если первая ситуация относится к числу часто повторяющихся и хорошо отработанных, и обычно предполагает наличие вполне определенного типового бизнес-процесса (регламента) согласованного решения данной задачи, требующего взаимодействия руководства предприятия, маркетингового отдела, отдела кадров и бухгалтерии, то вторая ситуация – гораздо менее формализованная, требующая рассмотрения возникшей проблемы, существа новой задачи и возможностей имеющихся специалистов, но также может быть разрешена в рамках проекта путем анализа ситуации по существу и адаптивного изменения плана проекта. При этом третья – вообще не имеет пока даже причины возникновения ситуации, которые должны быть выявлены в ходе изучения и разбирательства, определены ответственные и ошибки, приведшие к ситуации, и соответствующие изменения должны быть внесены в существующие регламенты или созданы новые регламенты – если только эта ситуация не является обычным недоразумением.

При этом важно отметить, что для решения проблемной ситуации динамически создаются команды разных специалистов, которые должны для себя сначала полностью выяснить ситуацию, выработать варианты решений и согласованным образом принять решение, которое будет наиболее ценным для предприятия.

Существо предлагаемого подхода к управлению ситуациями [2] состоит в том, чтобы построить модель каждого актора как программного агента, работающего в виртуальном мире предприятия, который бы постоянно анализировал ситуацию, планировал свою работу, согласовывал полученный план с другими акторами, далее вел мониторинг и контроль исполнения намеченного плана, и в случае расхождений сигнализировал о расхождении и перепланировал свою работу, а также инициировал расширение своих знаний об окружающем мире в диалоге со своим актором, если для решения проблемы требуются дополнительные знания об окружающем мире.

В этих целях становится необходимой онтологическая модель деятельности актора, которая должна позволять сопоставлять ожидаемые и наблюдаемые результаты, своевременно реагировать на непредвиденные события, находить решения для возникающих ситуаций путем перепланирования задач исполнителей (если это возможно), а также прогнозировать развитие ситуаций и обнаруживать точки принятия решений, требующие скорейшего выхода на лиц, принимающих решения.

## 2 Краткий обзор современных методов и средств для построения онтологий

### 2.1 Определение понятия «онтология»

В толковом словаре Брокгауза и Ефрона [3] говорится, что «онтология» (“*ontologia*”) есть учение о сущем вообще. В рамках этого учения рассматриваются понятия «ничто» 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), а также другие свойства и условия действительного бытия - пространство, время, движение, форма, происхождение из другого и переход в другое и т.п.

Иммануил Кант писал: «Онтология – это теория обо всех моих концептах, которые могут быть поняты мной только априори» [4].

Как следует из этих определений, в философии онтология – это системный раздел о бытии, т.е. о том, что нас непосредственно окружает на работе, дома и т.д. Для компьютерных систем «существует» только то, что может быть представлено в виде данных или процедур - в простейшем понимании, онтология – это способ представления знаний о фрагменте окружающего мира, или знания «как они есть» (“*knowledge as it is*”).

По более формальному определению Тома Грубера [5], впервые применившего это понятие в области информационных технологий, онтология – это «спецификация концептуализации». Концептуализация, связанная с введением абстрактных объектов и других понятий для описания мира – это абстрактный, упрощенный взгляд на мир, который мы хотим представить для некоторой цели, например, формализованного представления ситуаций и поддержки принятия решений.

Под формальной моделью онтологии  $O$  часто понимают упорядоченную тройку вида  $O = \langle C, R, F \rangle$ , где  $C$  – конечное множество концептов (понятий) предметной области, которую определяет онтология  $O$ ;  $R$  – конечное множество отношений между концептами (понятиями) предметной области;  $F$  – конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных на концептах и/или отношениях онтологии  $O$  [6]. Естественными ограничениями, накладываемыми на множество  $C$  являются конечность и не пустота. Что касается множеств  $R$  и  $F$ , то они могут быть пустыми, что соответствует частным видам онтологии, когда она вырождается в простой словарь и таксономию понятий.

Таким образом, онтологии на базовом уровне должны, прежде всего, обеспечивать словарь понятий (терминов) для представления и обмена знаниями о предметной области и множество связей (отношений), установленных между понятиями в этом словаре.

Для формализации знаний в онтологии необходимо выбрать базис, в котором будут описываться концепты. В качестве примера одного из таких базисов в [7] предложен следующий набор компонент:

- классы (*classes*) – обычно организованы в таксономии;
- отношения (*relations*) – представляют тип связей между концептами предметной области. Формально они определяются как подмножество декартова произведения  $n$  множеств таких, что:  $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$ . Примеры простых бинарных отношений: «быть частью» (“*part-of*”), “подкласс-класс” (“*subclass-of*”) или “связанный-с” (“*connected-to*”);
- функции (*functions*) – специальный случай отношений, в котором  $n$ -й элемент отношения определяется по значениям  $(n-1)$  предшествующих элементов:  $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \Rightarrow C_n$ . Примеры: функция «*Price-of-a-used-car*», которая вычисляет цену подержанной машины в зависимости от ее модели, даты выпуска и числа километров;
- аксиомы (*axioms*) – моделируют предложения, которые всегда истинны. Пример аксиомы: «если что-то сделано из дерева, оно может гореть»;

- экземпляры (instances) – представляют элементы. Например, моя конкретная маленькая белая мышь является экземпляром класса «Мыши».

Заметим, что данный базис – отнюдь не единственный, например, в [8] рассматривается вариант «объекты» - «отношения» - «роли» - «атрибуты» при построении онтологий организаций. Еще одним примером онтологического базиса может служить формальная онтология свойств, представленная в [9], в которой свойство – центральная сущность. Здесь рассматривается в первую очередь проблема формирования правильной таксономической структуры онтологии. Свойство соответствует узлу таксономии. Формальная онтология основывается на наборе мета-свойств, построенных вокруг философских понятий идентичности (identity), единства (unity), сущности (entity) и зависимости (dependency). Комбинации мета-свойств определяют разновидности свойств такие, как категория, тип, роль, атрибут и прочие. Таким образом, мета-свойства налагают некоторые ограничения на категоризацию и помогают «очищать» таксономию, т.е. прояснять неправильно выделенные концепты (misconcepts), делая их более понятными, облегчая их сравнение и интеграцию. На практике, ответив на простые вопросы о каждом свойстве в иерархии («Присуще ли это свойство всем его экземплярам?», «Зависит ли от какого-нибудь другого свойства?» и т.п.), можно определить наборы мета-свойств каждого узла и, соответственно, отнести его к определенной разновидности свойств. Таким образом, строится основная линия наследования – backbone taxonomy, в которую входят категории, типы и квази-типы. Остальные свойства (различные атрибуты, роли и т.п.) становятся элементами боковых линий. Результатом такой «очистки» в примере, приведенном в [10], стало удаление многих случаев множественного наследования. Это не является обязательной целью, однако, показывается, что множественное наследование часто используется как средство представить нечто большее, чем просто категоризацию. Например, свойство «Страна» было потомком свойств «Место» («Location») и «Социальная сущность». После первого этапа это понятие было признано не строгим, т.к. страна, например Пруссия, может уже не существовать, в то время как все еще можно поехать на ее географическое местоположение. Но в то же время страна включает в себя два понимания: географический регион (строгое свойство) и политическая сущность (строгое свойство). В итоге же свойство «страна» стала потомком только «свойства» «Социальная сущность», но появилось свойство «Географический регион» - потомок свойства «Место».

Важно отметить, что выбор онтологического базиса (метаонтологии) приобретает ключевое значение особенно в случае, когда необходимо приобретение новых знаний, например, когда в сети встречаются два агента, имеющие разные онтологии. При наличии единого базиса эти агенты имеют шанс «договориться», поскольку их системы знания базируются на едином основании. В частности, агент в ответ на запрос с указанием на неизвестный объект сможет спросить «что это?» и получить как ответ спецификацию данного «объекта», которую мог бы «подцепить» (встроить) в свою онтологию, получив тем самым возможность рассуждать о соответствующих классах и экземплярах объектов при выработке вариантов решений.

Таким образом, конечная цель создания и использования онтологий – обеспечить поддержку деятельности по накоплению, разделению и повторному использованию знаний предприятия [7].

Исходя из этой цели, вводятся критерии, которым должна отвечать онтология:

- Прозрачность – онтология должна эффективно передавать подразумеваемое значение определенного термина, необходимого для описания ситуаций.
- Связность – онтология должна быть связной, т.е. она должна позволять делать выводы, которые согласуются с исходными определениями понятий. По крайней мере, опреде-



ляемые аксиомы должны быть по возможности логически согласованы между собой, чтобы не вызывать множества противоречий.

- Расширяемость - онтология должна быть разработана с возможностью использования разделяемого и пополняемого словаря, когда для формализации ситуации требуются новые и новые знания.
- Независимость от синтаксиса - концептуализация должна быть специфицирована на уровне знания максимально независимо от представления понятий на уровне символов.
- Минимальный базис при высокой выразительности - онтология должна вводить минимальный базовый набор понятий, но их должно быть достаточно, чтобы моделировать мир в требуемых целях и описывать сложные ситуации.
- Удобство для пользователя – онтология должна позволять выражать знания в привычном для пользователя (лица, принимающего решения) виде, быть понятной, обозримой и связанной.
- Эффективность машинной обработки – важна возможность формализации онтологий к виду, допускающему эффективную компьютерную обработку, чтобы снять с пользователя рутинные операции по поддержанию, использованию и развитию онтологий.

## 2.2 Методы и средства формализованного представления онтологий

Для формализованного представления знаний наибольшее распространение получили подходы на основе фреймов, семантических сетей и продукционных правил [6]. Отметим, что изначально наиболее простой формой представления онтологий были разновидности фреймовых моделей.

Но на сегодня семантические сети признаны как наиболее сложные и наиболее удобные формы концептуализации знаний. Семантические сети состоят из узлов и упорядоченных отношений (связей), соединяющих эти узлы. Узлы выражают понятия или предположения, а связи описывают взаимоотношения между этими узлами.

Для представления знаний обычно используют неоднородные семантические сети [11], в которых используют разные типы отношений. В самом простом случае неоднородную сеть можно представить как совокупность следующих объектов: множества  $S$  имен предметов и процессов реального мира и семейства  $R$  отношений на множестве  $S$ . Различают экстенсиональные и интенциональные семантические сети. Экстенсиональные сети задаются посредством перечисления всех экземпляров. Интенциональные сети – это сети, задаваемые посредством обобщающих концептов. Например, вместо отношений «Венди – дочь миссис Дарлинг» и «Майкл – сын миссис Дарлинг» будет введено отношение быть ребенком между детьми и родителями.

В результате развития подхода к представлению знаний в виде семантических сетей, был разработан ряд методик по их построению и использованию, в числе которых выделим динамические семантические сети (Dynamical Semantic Network – DSN). Для DSN предлагается метод представления знаний, позволяющий строить сетевые интеллектуальные системы (или сети интеллектуальных систем). В основу концепции динамической семантической сети положены следующие принципы: интеграция процедурных и декларативных знаний; параллельное функционирование всех компонентов сети; эволюция сети в реальном времени. Динамическая семантическая сеть – это семантическая сеть, у которой каждый узел является выполняемым вычислительным процессом, обладающим: алгоритмами обработки информации и выработки решений; средствами общения с другими узлами сети; определенным поведением, что, как легко заметить, в целом очень близко понятию программного агента.

На основе DSN может быть построена иерархическая DSN, которая представляет собой граф, узлы которого – выполняемые процессы, обладающие набором атрибутов и присоеди-

ненных функций. Структура графа отражает текущую модель предметной области. Однако множество дуг графа не ограничивается дугами, отражающими отношения “класс-подкласс”, а включает в себя дуги, отражающие отношения “система-подсистема” и ассоциативные связи между узлами. Каждый узел содержит в себе кроме уникальных данных информацию о своей окрестности и множество процедур. Такая технология представляется перспективной для описания современных распределенных и эволюционирующих программных систем.

Еще один популярный способ описания онтологий - продукционные модели, которые получили распространение для описания предметных областей, в которых доминируют программные модели и алгоритмы. Однако многолетний опыт разработки экспертных систем показывает, что сложные системы правил продукций плохо поддаются формализации и структурированию и требуют постоянной перестройки и согласования.

В последнее время помимо рассмотренного формализованного «явного» представления знаний, все большее распространение получают методы их «неявного» представления, примером которого являются нейронные сети [12]. Для нейронных сетей в настоящее время также существует много развитых алгоритмов. Нейронные сети и самообучающиеся автоматы являются интересной моделью для построения самообучающихся агентов, но на практике требуют весьма сложной процедуры обучения по примерам, что в ряде случаев сделать не представляется возможным; для эффективного обучения требуется большая выборка; но самое главное, что даже на уровне отдельных «особей» трудно выделить семантику принимаемых решений.

Поэтому в настоящее время наметилась тенденция к применению комбинированных схем, соединяющих преимущества явного и косвенного представления знаний.

Примером такого подхода является, например, инструмент визуального конструирования знаний CAKE [13], агентная система Agent Builder компании Reticular Systems, которые используют фреймо-продукционную модель.

В некоторых случаях для представления онтологий применяется также сочетание фреймов и нейронных сетей [14].

### 2.3 Языки представления онтологий

В последнее время языки представления онтологий получают все более интенсивное развитие в связи с общим процессом «семантизации» веб [15-16]. В рамках этого процесса каждый информационный ресурс Интернет должен получить свой семантический дескриптор на основе изначально заданной общей онтологии, описывающий содержание ресурса, что призвано помочь поисковым системам и другим программам более содержательно использовать данную информацию.

Язык описания онтологий должен удовлетворять следующим требованиям: быть достаточным для описания концептов предметной области; быть легко используемым на существующих платформах; давать возможность неспециалистам легко строить концептуальные модели.

Перечислим примеры языков, наиболее часто применяемых в этой области.

Knowledge Interchange Format (KIF) – язык обмена знаниями. При разработке этого языка пожертвовали наглядностью: наиболее важной была лишь возможность любое представление знаний перевести в KIF, а затем однозначно восстановить или преобразовать с минимальными искажениями в другой формат. В результате KIF позволяет представлять как декларативные, так и процедурные знания, а его синтаксис очень напоминает LISP.

KIF является логическим функциональным языком и обладает широким набором математических функций, логических операций и описателей для формирования метазнаний. Не-

удивительно, что уже разработана, например, система алгебраических выражений (мир алгебры) в терминах KIF, которая позволяет производить обмен знаниями в области алгебры.

Другой вариацией в области концептуального моделирования является язык Unified Modelling Language (UML). Так, например, в [17] исследуется потенциал объектно-ориентированных стандартов для онтологического моделирования, и в частности описывается язык представления онтологий, основанный на подмножестве UML (универсальный язык моделирования) вместе со связанным с ним языком объектных ограничений OCL (Object Constraint Language).

Большинство же разработок по организации хранения знаний в Интернет в настоящее время основывается на языке XML (eXtended Markup Language). Популярность XML вызвана тем, что этот формат предназначен для описания структур любой степени вложенности. Такие структуры могут быть легко встроены в Web-страницу, т.к. XML очень легко интегрируется с HTML. В настоящее время разработано несколько стандартов расширения этого языка, например, XML DTD и XML Schema предназначены для определения структуры документов. С помощью этого языка можно задавать грамматики языков, производных от XML. Одним из таких языков является RDF (Resource Description Framework) – язык для описания ресурсов и связей между ними, рекомендованный W3C для обмена описаниями содержания страниц. XPath и XPointer – расширения для организации ссылок между различными объектами и частями документов.

В настоящее время на основе XML и RDF разработано несколько языков, претендующих на то, чтобы быть стандартными языками онтологий:

- SHOE (Simple HTML Ontology Extentions);
- OIL (Ontology Inference Layer);
- DAML (DARPA Agent Markup Language).

Все они предназначены для описания контента HTML-страничек и других объектов Web через установление смысла их содержания и имеют схожие архитектуры.

## 2.4 Программные инструменты для работы с онтологиями

В последнее десятилетие для создания и поддержки онтологий появился целый ряд инструментов, которые помимо общих функций редактирования и просмотра выполняют поддержку документирования онтологий, импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков, поддержку графического редактирования, управление библиотеками онтологий и другие возможности.

Наиболее известные инструменты для работы с онтологиями представлены в [18-27].

Система Ontolingua была разработана в KSL (Knowledge Systems Laboratory) Стенфордского университета и стала первым инструментом онтологий. Она состоит из сервера и языка представления знаний. Сервер Ontolingua организован в виде набора онтологий, относящихся к Web-приложениям, которые надстраиваются над системой представления знаний Ontolingua. Редактор онтологий – наиболее важное приложение сервера Ontolingua является Web-приложением на основе форм HTML. Кроме редактора онтологий Сервер Ontolingua включает Webster (получение определений концептов), сервер ОКВС (доступ к онтологиям Ontolingua по протоколу ОКВС) и Chimaera (анализ, объединение, интегрирование онтологий). Все приложения, кроме сервера ОКВС, реализованы на основе форм HTML. Система представления знаний реализована на Lisp. Сервер Ontolingua также предоставляет архив онтологий, включающий большое количество онтологий различных предметных областей, что позволяет создавать онтологии из уже существующих. Сервер поддерживает совместную разработку онтологий несколькими пользователями, для чего используются понятия пользователей и групп. Система включает графический браузер, позволяющий просмотреть иерархию



концептов, включая экземпляры. Ontolingua обеспечивает использование принципа множественного наследования и богатый набор примитивов. Сохраненные на сервере онтологии могут быть преобразованы в различные форматы для использования другими приложениями, а также импортированы из ряда языков в язык Ontolingua.

Protégé – одна из наиболее известных систем на языке Java, разработанная группой медицинской информатики Стенфордского университета. Программа предназначена для построения (создания, редактирования и просмотра) онтологий моделей прикладной области. Её первоначальная цель – помочь разработчикам программного обеспечения в создании и поддержке явных моделей предметной области и включение этих моделей непосредственно в программный код. Protégé включает редактор онтологий, позволяющий проектировать онтологии разворачивая иерархическую структуру абстрактных или конкретных классов и слотов. Структура онтологии сделана аналогично иерархической структуре каталога. На основе сформированной онтологии, Protégé может генерировать формы получения знаний для введения экземпляров классов и подклассов. Инструмент имеет графический интерфейс удобный для использования неопытными пользователями, снабжен справками и примерами. Protégé основан на фреймовой модели представления знания ОКВС (Open Knowledge Base Connectivity) и снабжен рядом плагинов, что позволяет его адаптировать для редактирования моделей в разных форматах (стандартный текстовый, базы данных JDBC, UML, языков XML, XOL, SHOE, RDF и RDFS, DAML+OIL, OWL).

OntoEdit первоначально был разработан в институте AIFB, Университета Karlsruhe (сейчас коммерциализован Ontoprise GmbH) выполняет проверку, просмотр, кодирование и модификацию онтологий. В настоящее время OntoEdit поддерживает языки представления: FLogic, включая машину вывода, OIL, расширение RDFS и внутреннюю, основанную на XML, сериализацию модели онтологии используя OXML. К достоинствам инструмента можно отнести удобство использования; разработку онтологии под руководством методологии и с помощью процесса логического вывода; разработку аксиом; расширяемую структуру посредством плагинов, а также очень хорошую документацию. Так же как и Protégé, OntoEdit – автономное Java-приложение, которое можно локально установить на компьютере, но его коды закрыты. Архитектура OntoEdit подобна Protégé. Существует две версии OntoEdit: свободно распространяемая OntoEdit Free и лицензированная OntoEdit Professional. Естественно, что OntoEdit Professional имеет более широкий набор функций и возможностей (например, машину вывода, графический инструмент запросов, больше модулей экспорта и импорта, графический редактор правил, поддержка формата баз данных JDBC и т.д.).

OilEd – автономный графический редактор онтологий, разработан в Манчестерском университете в рамках европейского IST проекта On-To-Knowledge. Инструмент основан на языке OIL (сейчас адаптирован для DAML+OIL, в перспективе – OWL), который сочетает в себе фреймовую структуру и выразительность дескриптивной логики с сервисами рассуждения. Это позволило обеспечить понятный и интуитивный стиль интерфейса пользователя и преимущества поддержки рассуждения (обнаружение логически противоречивых классов и скрытых отношений подкласса). Из недостатков можно выделить отсутствие поддержки экземпляров.

WebOnto разработан для Tadzebao – инструмента исследования онтологий и предназначен для поддержки совместного просмотра, создания и редактирования онтологий. Его цели – простота использования, предоставление средств масштабирования для построения больших онтологий. Для моделирования онтологий WebOnto использует язык OCML (Operational Conceptual Modeling Language). В WebOnto пользователь может создавать структуры, включая классы с множественным наследованием, что можно выполнять графически. Инструмент проверяет вновь вводимые данные контролем целостности кода OCML. Инструмент имеет ряд

полезных особенностей: сохранение структурных диаграмм, отдельный просмотр отношений, классов, правил и т.д. Другие возможности включают совместную работу нескольких пользователей над онтологией, использование диаграмм, функций передачи и приёма и др.

KADS22 – инструмент поддержки проектирования моделей знаний согласно методологии CommonKADS. Онтологии составляют часть таких моделей знаний (другая часть – модели вывода). Модели CommonKADS определены в CML (Conceptual Modeling Language). KADS22 – интерактивный графический интерфейс для CML со следующими функциональными возможностями: синтаксический анализ файлов CML, печать, просмотр гипертекста, поиск, генерация глоссария и генерация HTML.

При создании и использовании инструментов для работы с онтологиями необходимо решать следующие проблемы:

- поддержка совместных и распределенных работ, поддержка совместимости при работе на разных платформах;
- масштабируемость, расширяемость, версификация, безопасность;
- поддержка анализа, который будет фокусировать внимание пользователя на областях онтологии, где, возможно, необходимы модификации для того, чтобы сделать их более корректными;
- жизненный цикл онтологии, т.е. наличие инструментов поддержки развития онтологий (например, инструменты слияния, система контроля кода и т.п.);
- простота использования, в том числе, поддержка простого, но разнообразного пользовательского интерфейса как для неискушенных, так и продвинутых пользователей, поддержка разных стилей представления информации (текстовый, графический или др.).

В инженерии знаний существует понятие поля знаний, которое позволяет инженеру по знаниям описывать основные объекты предметной области и связи между ними в виде графа, диаграммы или любого другого наглядного представления. Поэтому инструменты визуального проектирования онтологий являются одной из наиболее важных частей инструментов поддержки. Преимущество визуального проектирования состоит в том, что разработчик может не заботиться о языке представления онтологии, а оперировать в терминах понятий, связей и т.п. Как следствие этого удобное графическое представление позволяет легко строить концептуальные модели сложных предметных областей даже неспециалистам.

Кроме того, сам процесс визуального проектирования онтологии является «достаточно эффективным гносеологическим инструментом» [28, 29], помогая разработчику или исследователю осознавать структуру предметной области, ее основные и производные концепты и отношения (связи) между ними.

## 2.5 Проблемы интеграции знаний при работе с онтологиями

Важной задачей при создании инструментов работы с онтологиями является поддержка интеграции онтологий.

В онтологических работах слово «интеграция» используется в различных значениях. Так в [30] обсуждаются различные значения «интеграции» и предлагаются 3 слова для различения этих значений: интеграция (Integration), слияние (Merge) и использование (Use/Application). Другой взгляд на проблему – исследование по слиянию (merging) и «выравниванию» (alignment) онтологий [31]. Здесь, при слиянии онтологий создается одна согласованная онтология. При выравнивании онтологий создаются связи между онтологиями, позволяя повторно использовать информацию из одной онтологии в другой. Т.е. в отличие от слияния, результат выравнивания – две онтологии с постоянными связями, установленными между ними.

К проблемам интеграции относиться также задача трансляции (передачи) знаний между онтологиями. В [32] предлагается производить трансляции знаний на основе кластеризации ресурсов. В этой архитектуре ресурсы кластеризуются на базе похожеści концептуальных моделей их областей (не в одной большой, а во многих, но более маленьких разделяемых онтологиях). Такой подход объясняется предположением, что участники с похожими концептуализациями могут вести более «глубокие» переговоры, чем те, которые меньше разделяют свои концептуальные модели. Эта архитектура удобна для выполнения поддержки и масштабируемости, а также близка к человеческой модели концептуализации.

Онтологические кластеры организуются в иерархическую структуру. В кластере верхнего уровня лежат общие концепты, разделяемые всеми ресурсами. В кластерах более низкого уровня концепты, определенные в кластерах-предках, уточняются и расширяются, чтобы представить локальную концепцию для одного или более ресурсов. Если при построении онтологии какой-то агент «знает» некий концепт, который не разделяют другие агенты, то создается новый кластер. Концепты выражаются в терминах унаследованных и отличающих (*distinguishing*) атрибутов.

Для трансляции концептов из онтологии одного кластера в онтологию другого часто не достаточно просто подняться по иерархии до первого общего кластера и затем спуститься ко второй онтологии, т.к. в процессе обобщения могут потеряться важные детали (например, может быть утеряны отличающие атрибуты), и, соответственно, смысл понятий исказится.

Для того чтобы сохранить смысл, нужно добавить некоторые ограничения. Трансляцию между двумя локальными онтологиями предлагается получать с помощью последовательных обобщений и специализаций, пытаясь найти первый более общий концепт (*hypernum*) такой, что существует трансляция между ним и концептом в разделяемой онтологии и создавая непосредственно поверх его онтологии концепты, выраженные в терминах разделяемой онтологии, вместе с их отличающими (*distinguishing*) атрибутами. Такая трансляция эффективна только, если концепты исходной и целевой онтологий имеют общего предка, который расположен не слишком высоко от них в иерархии, иначе шаги обобщения могут привести к слишком общему предку. В этом случае информация потеряется, и полученная трансляция может быть пустой. Атрибуты и отношения, связывающие концепты, играют важную роль в процессе обобщения, позволяя избежать потери информации. Фактически они не только дают идентификацию гиперному концепта (в той же или в разделяемой онтологии), но также позволяют «привязать» некоторую характеристическую информацию к каждому концепту, показывая, таким образом, различие между концептом и его предком.

Специализированные методы и средства построения сложных онтологий, проведения онтологического анализа для интеграции знаний и реализации систем компьютерного моделирования разработаны в работе [33].

Применение онтологического подхода для построения онтологии инженерных знаний на примере машиностроения рассмотрено в работе [34].

## 2.6 Примеры успешных применений

В настоящее время существует уже довольно много Интернет-проектов, в основу которых положены онтологии.

Ontolingua Server (<http://ontolingua.stanford.edu/>) [35] – это инструмент для создания, поддержки и использования онтологий, хранимых на сервере. Здесь онтология - это набор определений (на формальном языке) фрагмента декларативных знаний, ориентированный на совместное многократное использование различными пользователями в своих приложениях. В онтологии вводятся термины, типы и соотношения (аксиомы), описывающие фрагмент знания. В системе используется собственный язык Ontolingua, который использует принципы

объектно-ориентированного подхода и является расширением языка KIF для обмена знаниями и взаимодействия между программами.

Инструмент рассчитан на web-приложения. Это проявляется, в частности, в том, что он имеет HTML-интерфейс для визуального создания и поддержки онтологий.

Онтология по запросу приложения может быть переведена на языки Loom, IDL, CLIPS и некоторые другие. Определены алгоритмы объединения онтологий.

В [36] приведен пример создания крупномасштабной базы знаний в виде онтологии. В этих целях был взят источник The CIA's World Fact Book - коллекция географических, экономических, социальных и др. фактов, описанных на SGML. Специально написанный парсер извлекает знания и записывает их в виде KIF-аксиом. В процессе всего этого получают словарь терминов, факты и исключения (куски текста, которые не удалось разобрать). На следующем этапе производится «очистка» знаний и построение таксономии терминов и строятся очевидные функциональные связи терминов. Затем строится онтология (построение классов и отношений между терминами, создание новых KIF-аксиом в этой онтологии на основе аксиом 1-го этапа). Созданная онтология подцеплена к нескольким существующим проектам представления онтологий (DARPA's High Performance Knowledge Base Upper-Level ontology, Ontolingua Units and Dimensions Ontology).

Программа SMART [37], разработанная как часть системы поддержки моделирования знаний Protégé, базируется на алгоритме полуавтоматического слияния и «выравнивания» онтологий. SMART помогает разработчику онтологий автоматически решать однозначные задачи и «подсказывать» в задачах, в которых возникает неоднозначность. SMART определяет неконсистентность в онтологических утверждениях, возможно из-за действий пользователя, предлагает пути решения. Определено множество базовых операций, применяемых при слиянии и «выравнивании», их действие. SMART опирается на некоторую «всеобщую» модель знаний и потому может быть применен на различных платформах. Алгоритм применен при «выравнивании» онтологии, разработанной как часть проекта DARPA's High Performance Knowledge Base.

Для «желтых страниц» и каталогов продуктов, структурированное онтологическое представление содержания вместе с лингвистической онтологией может повысить и скорость отклика, и точность основанной на содержании возвращаемой информации. Информационно-поисковая система OntoSeek [38] разработана для семантически ориентированного поиска информации, комбинируя управляемый онтологией механизм установления соответствия смыслов и системы моделирования. Система OntoSeek использует «язык ограниченной выразительности» для представления контента и использует большую онтологию основанную на WordNet для матчинга содержания.

В последнее время онтологии находят все большее применение в различных агентных системах, позволяя отделить знания предметной области от программного кода агента и сделать их повторно используемыми.

Приведем два примера, показывающих как использование онтологий агентами, так и использование агентов для построения онтологий.

Система Bee-gent (<http://www2.toshiba.co.jp/beegent/index.htm>), разработанная в Toshiba Corporation, Systems and Software Research Laboratories, является примером агентной системы с использованием онтологий для организации коммуникации. Bee-gent полностью «агентифицирует» ("Agentifies") коммуникацию, которая происходит между неагентными программными приложениями. Приложения запускают агентов, которые с этого момента поддерживают все сообщения между приложениями. Т.о., Bee-gent позволяет разработчикам строить гибкие открытые распределенные системы, которые оптимально используют существующие приложения.

В Веe-ge<sup>n</sup>t есть два типа агентов. "Агенты-Обертки" ("Agent Wrappers") используются для агентификации существующих приложений, т.е. они управляют состоянием «своих» приложений и вызывают их обработчики при необходимости. "Агенты-посредники" ("Mediation Agents") поддерживают координацию коммуникации между приложениями. Агенты используют онтологии при коммуникации. Когда в переговорах агенто-посредников и wrapper-агентов встречаются не интерпретируемые слова, агент-посредник может запросить перевод слова, т.к. в системе уже подготовлены сервисы онтологий. В Веe-ge<sup>n</sup>t сервисы онтологий доступны посредникам, если агенты-wrapper-ы являются клиентами ОКВС (Open Knowledge Base Connectivity).

Интересное применение агентных технологий для построения онтологий описано в [39]. В этой системе создана и поддерживается метабаза данных онлайн-ресурсов по экономике (например, электронные публикации) – RePEc. Для решения проблемы информационной ориентации пользователей в усиливающемся потоке сведений о результатах исследований для каждого исследователя создается активный информационный робот – сетевой агент. Основной целью активности такого «и-робота» является поиск максимально благоприятных мест в научной системе разделения труда для своего «хозяина» и продвижение результатов «хозяина» среди исследователей, занимающихся близкой тематикой. Одновременная активность множества и-роботов в достижении подобной цели для всех членов некоего научного сообщества (например, исследователей-экономистов), порождает процесс формирования онтологий («тематической структуры предметной области»), происходит привязка к отдельным элементам онтологии имен исследователей. Отдельный исследователь занимает тем более высокое место в онтологической иерархии, чем большее количество работ, выполненных в данном сообществе, используют (цитируют) его результаты.

Таким образом, в настоящее время имеется ряд подходов к описанию семантики, которые находят все большее применение в первую очередь для описания информационных ресурсов в сети Интернет на основе онтологического подхода. Онтологии позволяют разработчикам программных систем создавать семантические описания ресурсов, строить модели мира и обеспечивать возможность коммуникации для программных агентов в мультиагентных системах, а правильно спроектированные онтологии позволяют повторно использовать представленные в них знания и сокращать сроки проектирования систем.

Однако на пути внедрения онтологического подхода существует еще много проблем, и одна из главных проблем – отсутствие общего стандарта на описание и представление онтологий, с чем связано и отсутствие универсальных инструментов для создания и поддержки онтологий, и библиотек готовых решений, а также и проблемы интеграции гетерогенных онтологий.

В этой связи в настоящее время важно учитывать следующие формирующиеся особенности нового поколения инструментов и методов представления онтологий, которые бы обеспечивали:

- полноценный онтологический базис для представления понятий и отношений любой предметной области, и в первую очередь, корпоративных знаний компаний;
- конструирование онтологий с помощью удобных визуальных средств, которые были бы доступны экспертам и пользователям системы;
- представление гетерогенных знаний в виде смешанных моделей (комбинации семантических сетей, продукций, сценариев);
- динамическое обновление и структуризацию онтологий при одновременной работе многих экспертов;



- интеграцию разрабатываемых инструментальных средств с наиболее распространенными информационными технологиями (серверы Web, серверы приложений, серверы реляционных баз данных);
- интеграцию с другими системами на базе формирующихся в настоящее время de-facto стандартов XML.

Наконец, следует отметить, что существующие инструменты не всегда доступны эксперту и часто требуют привлечения программистов для создания полноценного продукта на основе онтологий.

## 2.7 Проблема интеграции знаний в междисциплинарных командах

Если построение онтологий для выбранной группы экспертов в одной предметной области еще как-то решается, то для работы междисциплинарных команд создание распределенной интегрированной онтологии представляет особо сложную и малоизученную задачу.

При интеграции знаний от экспертов из различных отраслей в рамках единой онтологии возникает новая проблема, связанная с индивидуальной природой знаний у экспертов и неравномерностью распределения знания между группами географически удаленных экспертов. В [40] для решения этой проблемы предлагается использовать технику репертуарных решеток Дж. Келли в рамках теории персональных конструктов. В рамках этой теории считается, что в основе нашего знания о мире лежат базовые категории, которые всегда помогают нам упрощать его восприятие, укладывать знания в определенную, понятную нам систему. Отдельные категории, как прутья, складываются в индивидуальные, групповые и профессиональные структуры (которые могут иметь разные названия – иерархии категорий и ценностей, когнитивные модели, и т.п.), всегда имеющие утилитарные значения, которые и позволяют их называть решетками. Метафора решетки очень удобна, т.к. она позволяет говорить об отдельных элементах, из которых состоит решетка. Описать модель – значит выявить ту решетку, на которой «приготавливается продукт». Использование техники персональных конструктов позволяет расширить границы когнитивного пространства, в рамках которого живут и эксперт, продуцирующий знания, и рядовой пользователь этого знания.

Интеграция знаний призвана помогать в организации и координации работы в современных «распределенных» компаниях, объединяющих мультидисциплинарные команды специалистов. В таких случаях при создании онтологий ориентируются в первую очередь не на структуру объектов предметной области, а на структуру производственных и бизнес-процессов в деятельности предприятия.

Для описания процессов и координации выполнения производственных операций все чаще используется методология WorkFlow (в буквальном переводе – поток работ) [41]. В основе методологии WorkFlow лежат следующие понятия: объект – информационный, материальный или финансовый объект, используемый в бизнес-процессе; событие – внешнее действие, произошедшее с объектом; операция – элементарное действие, выполняемое в рамках рассматриваемого бизнес-процесса; исполнитель. В рамках этой модели процесс состоит из операций и других процессов. Операция адресуется исполнителям, которые, в свою очередь, отвечают за выполнение одной или нескольких операций бизнес-процесса. Объекты участвуют в выполнении операции. События могут влиять на выполнение операций, например, изменяя результат операций или последовательность их выполнения. Операции обрабатывают события, являясь реакцией системы на внешние действия. Жизненный цикл объекта связан с внешними событиями и операциями, выполняемыми в составе процесса.

Заметим, что для описания такого рода «процессных» онтологий могут быть использованы и классические сети Петри и алгебры процессов [42]. Сети Петри – это класс формализмов, основанных на представлении системы сетями с вершинами двух видов: позициями для

представления локальных состояний системы и переходами, соответствующими атомарным действиям. Алгебры процессов – это также класс формализмов для описания и анализа параллельных систем, при этом процесс описывается с помощью алгебраического выражения над атомарными действиями.

Однако, несмотря на многочисленные теоретические исследования в области формализованного представления знаний, продукций, семантических сетей и фреймов, до сих пор на практике не сложился унифицированный стандарт и готовые для применения библиотеки онтологий для работы междисциплинарных команд, которые бы могли значительно помочь в создании прикладных систем примерно так же, как стандартные библиотеки математических функций – что требует новых подходов к разработке онтологических моделей деятельности команд специалистов.

### **3 Онтологический подход для ситуационного управления предприятиями**

#### **3.1 Категориальный анализ деятельности предприятия**

Как показано в предыдущих разделах важной частью онтологии постепенно становятся знания о созидательной деятельности людей в предметной области.

Это означает, что в основе построения онтологий должна лежать не столько таксономия объектов, как это принято до последнего времени, а более мощная концептуальная модель (мета-онтология), изначально рассчитанная на представление процессов и действий пользователя.

Но что есть деятельность человека (организации, предприятия)? Ответ на этот вопрос вот уже в течении более 350 лет пытаются дать философы в рамках общей теории деятельности, первые зачатки которой обнаруживаются еще в работах Аристотеля [43]. Понимание того, что деятельность является объектом познания совершенно особого категориального типа, к которому нельзя применять ни логику «вещи-свойства», ни логику «процесса», во многом обусловлено работам И. Фихте, Ф. Шеллинга, Г. Гегеля и ряда других авторов [44].

Методологические основания для разработки теории деятельности обнаруживаются в ряде философских течений, в частности, в учении Ч. Пирса о прагматизме (от греч. «дело», «действия»). В соответствии с этим учением, «философия должна быть не размышлением о первых началах бытия и познания, но общим методом решения тех проблем, которые встают перед людьми в различных жизненных ситуациях, в процессе их практической деятельности, протекающей в непрерывно меняющемся мире». С позиций прагматизма мышление рассматривается как средство приспособления организма к среде с целью успешного действия, а главная функция мысли состоит «в преодолении сомнения, являющегося помехой для действия, в выборе средств для достижения цели или для решения проблематичных ситуаций». Таким образом, идеи, понятия и теории - лишь инструменты, орудия или планы действия. Их значение, согласно «принципу Пирса», сводится к возможным практическим последствиям. Если интерес теоретического разума, по Э.Канту, сводится к вопросу «Что я могу знать?», то интерес практического разума - к вопросу «Что я должен делать?».

Вместе с тем, до сих пор важнейшие результаты в этой области касаются не столько самого этого специфического объекта, сколько разработки средств и методов его исследования. Одним из основоположников этой науки можно считать В.Богданова, сформулировавшем еще в начале века основные принципы теории организации, названной им тектология [45].

Считается, что понятие «деятельности» происходит от понятия «поведения», и потому под деятельностью обычно понимают то, что собственно производится, создается или осуществляется отдельным человеком. Само предположение о том, что деятельность может но-

сильно безличный характер, даже сегодня для большинства людей кажется диким и несуразным. Но почему тогда так трудно объяснить, как действует человек, как он использует созданные ранее продукты в качестве средств новой деятельности, как соединяет в своей деятельности прошлое, настоящее и будущее, наконец, что есть знание о деятельности?

Философский словарь так отвечает на этот вопрос: «Деятельность - специфически человеческая форма активного отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его целенаправленное изменение. Всякая деятельность включает в себя цель, средство, результат и сам процесс деятельности» [44]. Отсюда следует, что деятельность - это нечто большее, чем просто процесс, и определяется также возможностями самого участника действий, предполагает некоторый исходный и конечный материал, методы и процедуры создания какого-либо продукта, наличие знаний и т.д. Интуитивно ясно и то, что все названные категории, характеризующие деятельность, каким-то сложным образом связаны между собой.

Разработка современных основ теории деятельности, нашедшей применение в области проектирования технических систем (а также давшим начало такой науке как конфликтология), была выполнена в трудах известного современного философа Г.П. Щедровицкого, высказавшего важную мысль о том, что деятельность следует рассматривать как систему с неоднородной полиструктурой за счет многочисленных и весьма разнообразных компонент и связей [46].

Следуя этим представлениям можно утверждать, что каждое предприятие может быть представлена как полипредметная система деятельности, для описания которой необходим категориальный аппарат самого высокого уровня. Один из возможных категориальных подходов приведен в указанной выше работе [46], где вводится формализованное описание целей и задач деятельности, среды деятельности и субъекта деятельности, объектов, процессов и результатов деятельности, применяемых знаний и орудий, имеющихся ресурсов и ограничений и т.д.

В результате для описания деятельности одного индивидуума или целой организации могут быть выделены следующие категории (основные понятия) (рисунок 2): цели деятельности (Цель), среды деятельности, состоящей из среды действий и среды рассуждений (Ср-Д и Ср-Р), субъектов-индивидов (Агентов) и объектов (Объекты) деятельности, где первые принимают решения и действуют, а вторые претерпевают воздействия, исходного материала (Исх-М), знаний (Знания) - особо выделяемых из числа средств и фиксируемых в специальных знаковых формах, а также орудий и инструментов (Ор), исходной и конечной ситуации (Сцена-Н и Сцена-К), результата (Результат) и сценариев действий (Сценарии), критериев, ресурсов и ограничений деятельности. Особо выделяются категории, приложенные к описанию субъекта деятельности: здесь в сценарии Д1, Д2, ..., ДN - действия, приложенные субъектом деятельности к объекту (материалу); Тб - табло сознания индивида; Всс - внутренние для индивидуума (интериоризованные) средства и способности, необходимые для оперирования всеми средствами и осуществления действий.

Кроме того, Щедровицким был высказан важный тезис о том, что и мышление человека также является деятельностью, а, следовательно, существующая формальная логика - «недопустимое переупрощение» процесса мышления [47].

Это приводит к важному выводу, что категории, применимые к описанию материальной деятельности, должны также применяться и к описанию его мыследеятельности, структура которой должна быть совершенно подобной.

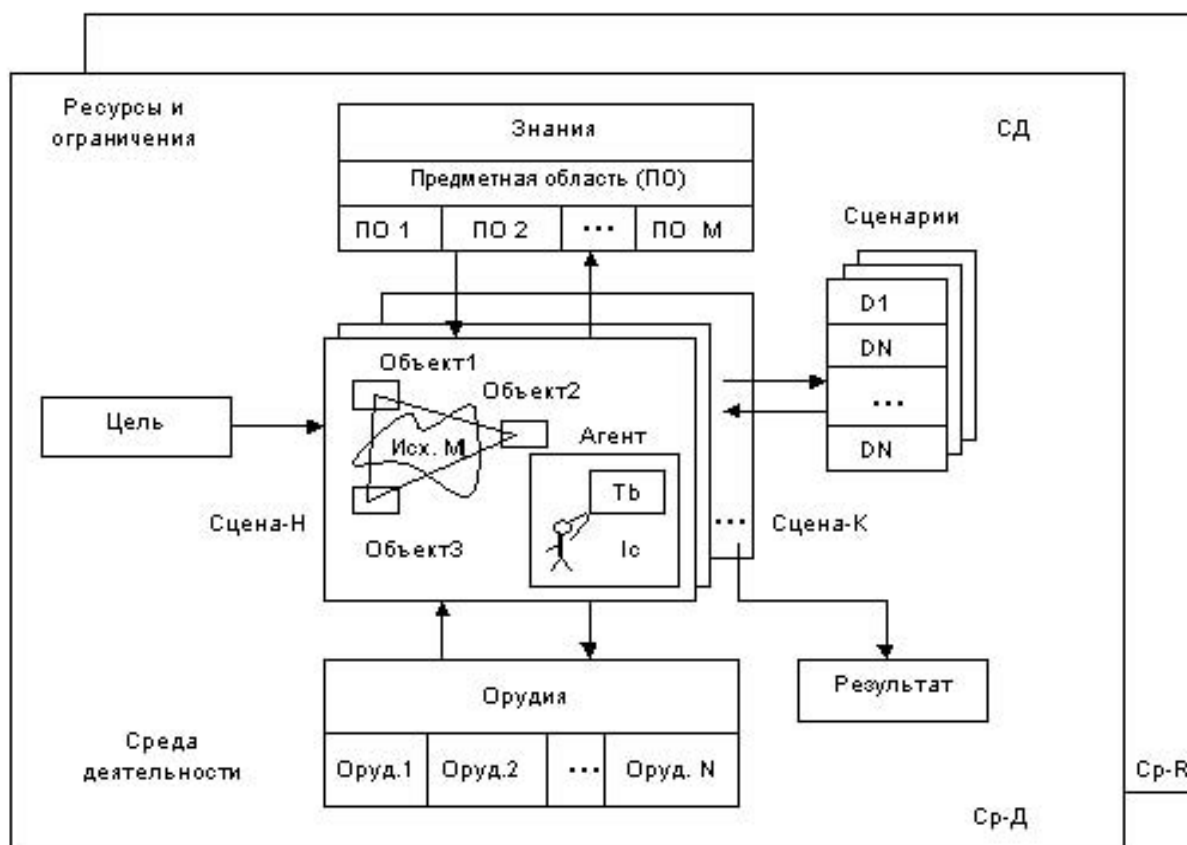


Рисунок 2 - Среды деятельности СрД и СрР

В результате этих работ в современной философии начало утверждаться более глубокое понимание важнейших аспектов человеческой деятельности, которая может рассматриваться не как атрибут отдельного человека, а как исходная универсальная целостность, значительно более широкая, чем сами «люди»: «не отдельные индивиды тогда создают и производят деятельность, а наоборот: она сама «захватывает» их и заставляет «вести» себя определенным образом» [46].

Действительно, с самого своего рождения человек сталкивается с уже сложившейся и осуществляющейся вокруг него деятельностью и его первой задачей становится овладение определенными видами этой деятельности в кооперации с другими людьми, что и определяет главный социальный аспект деятельности. При этом сами люди оказываются принадлежащими деятельности наряду с вещами или машинами в качестве элемента, материала, средства.

В соответствие с этим подходом для моделирования работы любого рассматриваемого предприятия необходимо описание трех важнейших ипостасей деятельности человека: поведения, мышления и коммуникации.

Важнейшее значение в полученной структуре имеет также наличие двух сред деятельности и конфликт между знаниями и орудиями деятельности, постоянное разрешение которого, является одной из главных внутренних пружин развития предприятия.

### 3.2 Развитие модели деятельности предприятия

Совершенно очевидно, что одно из главных свойств моделей деятельности должно состоять в том, что они постоянно меняются в ходе развития предприятия, поскольку изменяются цели предприятия и среда его функционирования, предпочтения и ограничения, ресурсы, объекты и субъекты деятельности, орудия и инструменты и т.д.

Детальное рассмотрение процессов деятельности в различных предметных областях позволяет выявить общую схему развития деятельности предприятия и выделить следующие основные ее виды: приобретение орудий и инструментов, применение орудий и инструментов, усовершенствование орудий и инструментов – аналогичный цикл применяется для знаний, и также связан с приобретением знаний, применением знаний, а также усовершенствование знаний, посредством локальных «открытий» и «изобретений».

В этой схеме важное значение имеет место очевидная спираль: новые орудия и инструменты (не только материальные, но и нематериальные, например, финансовые инструменты) приносят новые знания и наоборот, новое знание позволяет создавать или приобретать новые орудия и инструменты (рисунок 3), что в целом определяет, так называемый, эпистемиологический генез знаний (иными словами, цепочку изобретений и открытий предметной области).

Процесс приобретения новых знаний связан с обнаружением новых явлений (законов или правил поведения) и свойств объектов. Предметом этой деятельности в целом является изучение этих явлений (обнаружение и описание, выявление закономерностей и т.д.). Как известно, этот процесс может осуществляться как путем экспериментов, так и путем рассуждений (открытие может быть сделано «на кончике пера»). Заметим, что при этом речь идет не о фундаментальных физических или математических открытиях, а о тех «малых» открытиях, которые делает каждый человек в ходе своей профессиональной деятельности, базирующихся в первую очередь на эмпирических индуктивных обобщениях.

Процесс усовершенствования знаний связан в первую очередь с систематизацией и интеграцией знаний. На основе знаний осуществляется теоретическое решение задач, и результаты такого решения могут пополнять саму систему знаний. Высшей формой этой деятельности является создание новой теории, расширяющей класс решаемых задач. Эта деятельность целиком развивается в среде рассуждений, но ее результаты оказываются востребованы во всех других процессах деятельности.

Еще один важный класс творческих задач решается в процессе применения знаний для синтеза новых орудий (в технике - это опытно-конструкторская деятельность, в маркетинге – создание рекламных инструментов и т.д.). Цель этой деятельности состоит в проектировании и создании новых машин, орудий и инструментов (и новых методов их использования), а высшим результатом этой деятельности является изобретение новых типов (классов) объектов. Так же как и при приобретении знаний, изобретения могут совершаться как «сверху» (в результате теоретических исследований), так и «снизу» (в результате практических работ). Однако здесь на входе всегда знания, на выходе - материализованные опытные образцы продукции.

В процессе работы с орудиями решаются практические задачи и происходит усовершенствование самих орудий. В какой-то степени эта деятельность близка описанной выше теоретической, но развивается в среде действий, а не рассуждений. В ходе этой деятельности происходит освоение новых орудий и инструментов и осуществляется материальное производство серийных изделий. Высшей формой этой деятельности является создание нового производства каких-либо изделий.



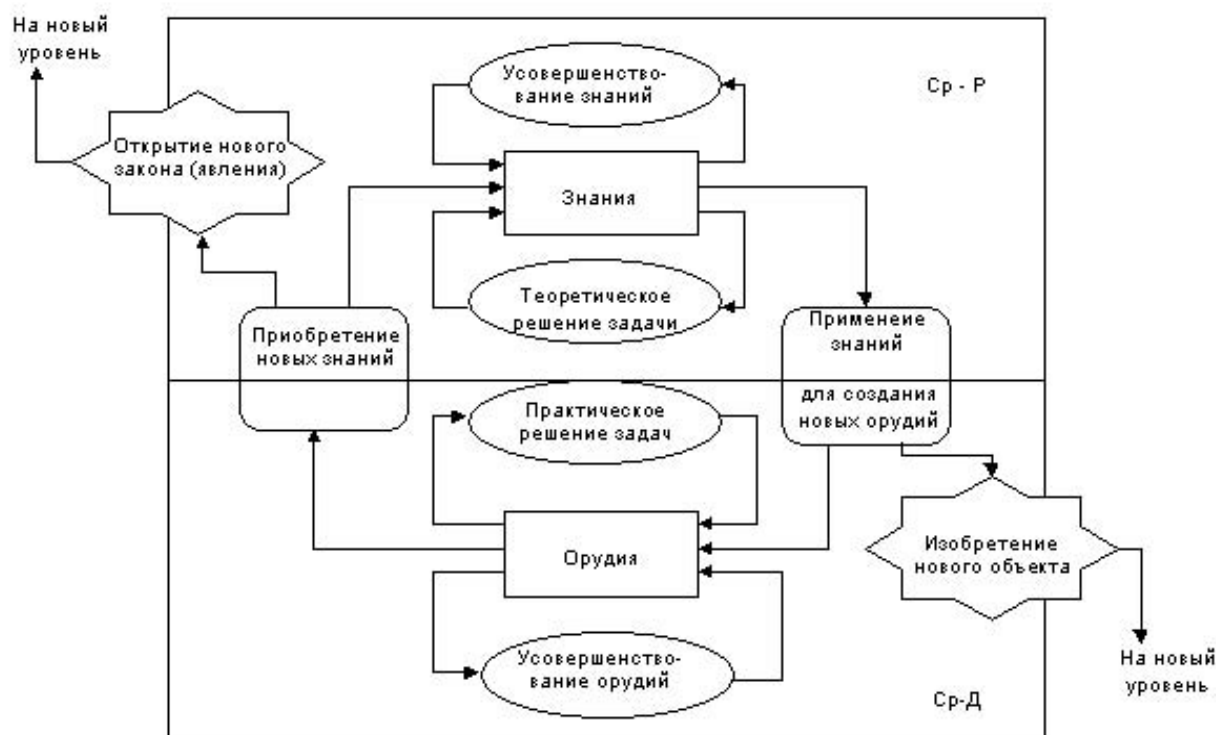
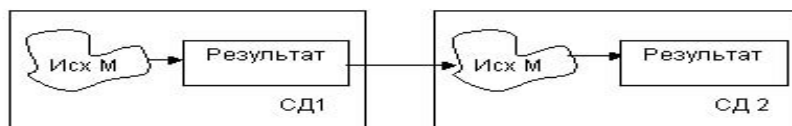


Рисунок 3 – Схема развития деятельности компании

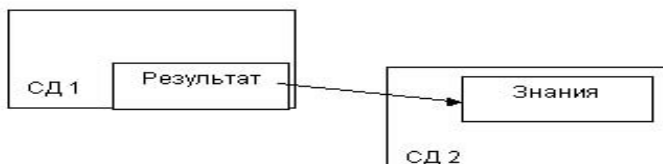
Как следует из данного рассмотрения, предлагаемая схема является универсальной для развития предприятий в самых различных областях деятельности. Так, для торговой компании этап приобретения новых знаний связан с маркетингом рынка, выявлением новых категорий товаров, определением их потребительских свойств, категорий покупателей и т.п. Примером настоящего маркетингового «открытия» небольшого магазина при этом может быть такое индуктивное обобщение (правило), например: «все кто покупает хлеб, покупают и молоко», что позволяет более рационально размещать продукты на полках и повышать прибыль с метра площади. На этапе теоретического решения задач в этой сфере делается технико-экономическое обоснование контрактов, бизнес-планирование и др. На этапе применения знаний делается проект нового изделия, который далее и реализуется на практике.

Создавая модели деятельности можно автоматически строить цепочки их взаимодействий и моделировать целый комплекс отношений, реально возникающих при кооперации предприятий (рисунок 4).

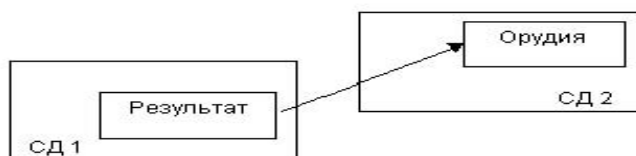
Так, продукт одной системы деятельности может являться исходным материалом для другой (рисунок 4а), в качестве других продуктов систем деятельности могут являться знания или орудия, поставляемые в другие системы (рисунки 4б и 4в), наконец, сам индивид с его развиваемыми интериоризованными способностями (рисунок 4г) может являться продуктом какой-либо другой системы деятельности (например, системы обучения, аттестации и переподготовки кадров).



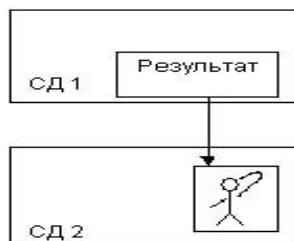
а) результатом первой системы определяет исходный материал для второй



б) результатом первой системы является поставка знаний в другую



в) результатом первой системы является поставка орудий в другую



г) результатом первой системы является индивид для второй

Рисунок 4 – Примеры схем кооперации на основе моделей деятельности

В результате, взаимосочетание и противопоставление среды действий и среды рассуждений, разрешаемое посредством больших и малых «открытий» (например, новых видов выгодных товаров) и «изобретений» (например новых финансовых схем) определяет весь генезис развития выбранной области деятельности: открытие нового явления и создание новой теории обычно стимулирует появление целого класса новых орудий и инструментов и наоборот (рисунок 5), где каждый такой шаг требует пополнения онтологии деятельности новыми понятиями и отношениями.

Следует также отметить, что рассмотренный цикл деятельности весьма характерен и для сферы нематериального производства и даже обыденной жизни, независимо от уровня интеллектуализации труда, и применим как для ученого, так и инженера, предпринимателя и банкира, рабочего и ремесленника. В какой-то степени, повар, обнаруживающий новые вкусовые качества некоторого продукта и создающий на этой основе новое блюдо, или парикмахер, обнаруживающий новые возможности для завивки волос и придумывающий новую прическу, становятся одновременно и первооткрывателями и изобретателями в своей области, и этот процесс ничем не отличается по своей сути от тех же процессов в области самых передовых технологий. Таким образом, представленная спираль открытий и изобретений, представляющая собой указанный выше эпистемиологический генезис знаний области деятельности - неперенный «путь мастера» (профессионала в своем деле) в любой такой сфере, отражающий единство и борьбу потребностей и возможностей человека (и если новые зна-

ния в первую очередь обычно диктуют новые потребности, то новые орудия - дают новые возможности для их удовлетворения).

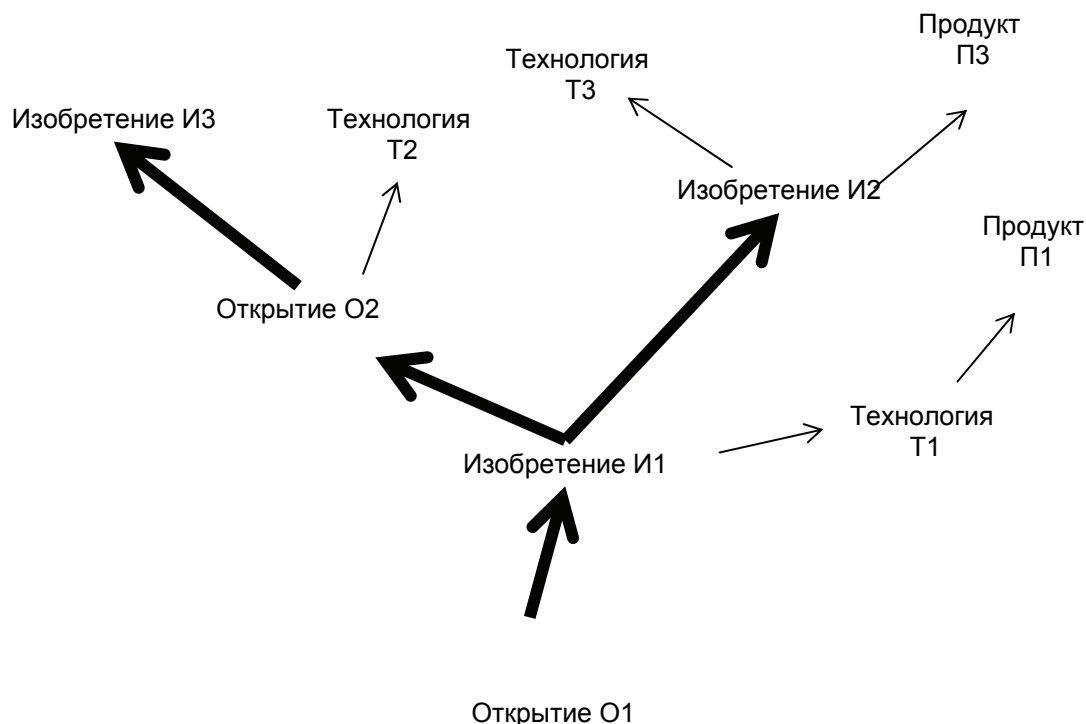


Рисунок 5 - Эпистемиологический генезис знаний - цепочка открытий и изобретений предметной области (жирными стрелками обозначены наиболее часто или эффективно используемые переходы)

Таково содержание профессиональной деятельности человека в любой предметной области и именно эти принципы эффективного обучения Learning by doing (обучаться, делая) были положены нами в основу целого ряда интеллектуальных обучающих систем и учебных сред, определяя качество и эффективность приобретения новых знаний обучаемым [48-52].

Именно эта схема и предлагается для разработки моделей деятельности организаций и людей в различных предметных областях.

### 3.3 Модель СРД-Р и СРД-Д как «миры» деятельности предприятий

Предлагается конструировать онтологии деятельности предприятий СР-Д и СР-Р как наборы виртуальных и абстрактных миров, описывающих взаимодействие объектов.

В отличие от традиционного для онтологий декларативного описания предметной области, понятие «мир» предполагает описание не только сущностной, но и деятельностной компоненты, т.е. представления сценариев действий над объектами, выражающими законы мира, свойства или функции объектов или действия субъекта над объектами мира.

Кроме того, модель мира всегда предполагает наличие некоторой модели пространства и времени, в рамках которого существуют и взаимодействуют все объекты мира, над которыми можно выполнять действия.

Предлагается общая для всех миров, как физических, так и абстрактных, мета-онтология («модель мира»), включающая концепты «объекта», «свойства», «процесса», «отношения» и «атрибута».

Эта базовая «модель мира», восходящая к Аристотелю (который задолго до появления первых языков объектного программирования высказал идею, что «объекты – суть свойства»), предполагает следующие важные аксиомы:

- объекты обладают свойствами и характеризуются состояниями;
- с каждым объектом мира можно что-то делать, изменяя состояние, свойства или отношения между объектами;
- отношения между объектами могут отражать структурные, функциональные, временные или любые другие виды связей между ними;
- чтобы выполнить действие над объектом необходимо выполнить определенные условия, которые задаются свойствами и отношениями;
- сложные объекты создаются из простых путем действий над ними, связывающих простые объекты в сложные;
- свойства выражают способность объектов вступать в процессы взаимодействия на основе законов мира;
- действия (процессы) изменяют состояния объектов, их свойства и отношения;
- свойства, отношения и действия характеризуются значениями атрибутов.

Пример фрагмента структуры семантической сети этих базовых концептов и связей между ними в предлагаемой «модели мира», определяемой как ее метаонтология, пригодная как для описания миров абстрактной и материальной деятельности, представлен на рисунке 6.

Примеры классов понятий и отношений:

- Классы понятий: «Фабрика», «Товар», «Грузовик», «Магазин»;
- Примеры свойств: «Товар»-»Обладает»-»Весом»-И-»Ценой»;
- Примеры процессов: «Грузовик»-»Перевозит»-»Товар», «Договор» - «В процессе подписания» - «Клиент»;
- Примеры отношений: «Товар» - «Находится» - «Склад»;
- Примеры атрибутов: «Стоимость товара», «Скорость грузовика», «Сроки поставки товара».

Получаемая структура представляет собой семантическую сеть, вершинами которой являются базовые понятия, а стрелки – выражают отношения (связи) между ними.

Эти базовые понятия и отношения, вместе с встроенными сценариями их интерпретации определяют метаонтологию системы.

Используя указанные концепты метаонтологии можно сконструировать модель деятельности в любой предметной области, например:

- в области е-Правительства получение паспорта молодым человеком и приобретение свойства «совершеннолетний» позволяет активировать сценарии получения водительских прав, участия в выборах и т.д.;
- в области физики или инженерных конструкций подключение свойства «иметь электрическую проводимость» подключает законы электричества и через проводник в концептуальной модели цепи при определенных условиях пойдет электрический ток;
- в области транспортной логистики введение нового свойства у водителя «усталость» может позволить накапливать часы за рулем и не планировать водителя в случае превышения нормы рабочих часов, чтобы избежать ДТП или оплаты сверхурочных.

### 3.4 Инструментарий для работы с мирами деятельности

Для создания онтологий деятельности предприятий предлагается использовать конструктор виртуальных и абстрактных миров и набор сопутствующих инструментов, в рамках которого пользователь может построить модель предметной области и модель своего предприятия, описать свою исходную ситуацию, создать вручную или автоматически сценарий действий или рассуждений и исполнить его по шагам для получения результата.

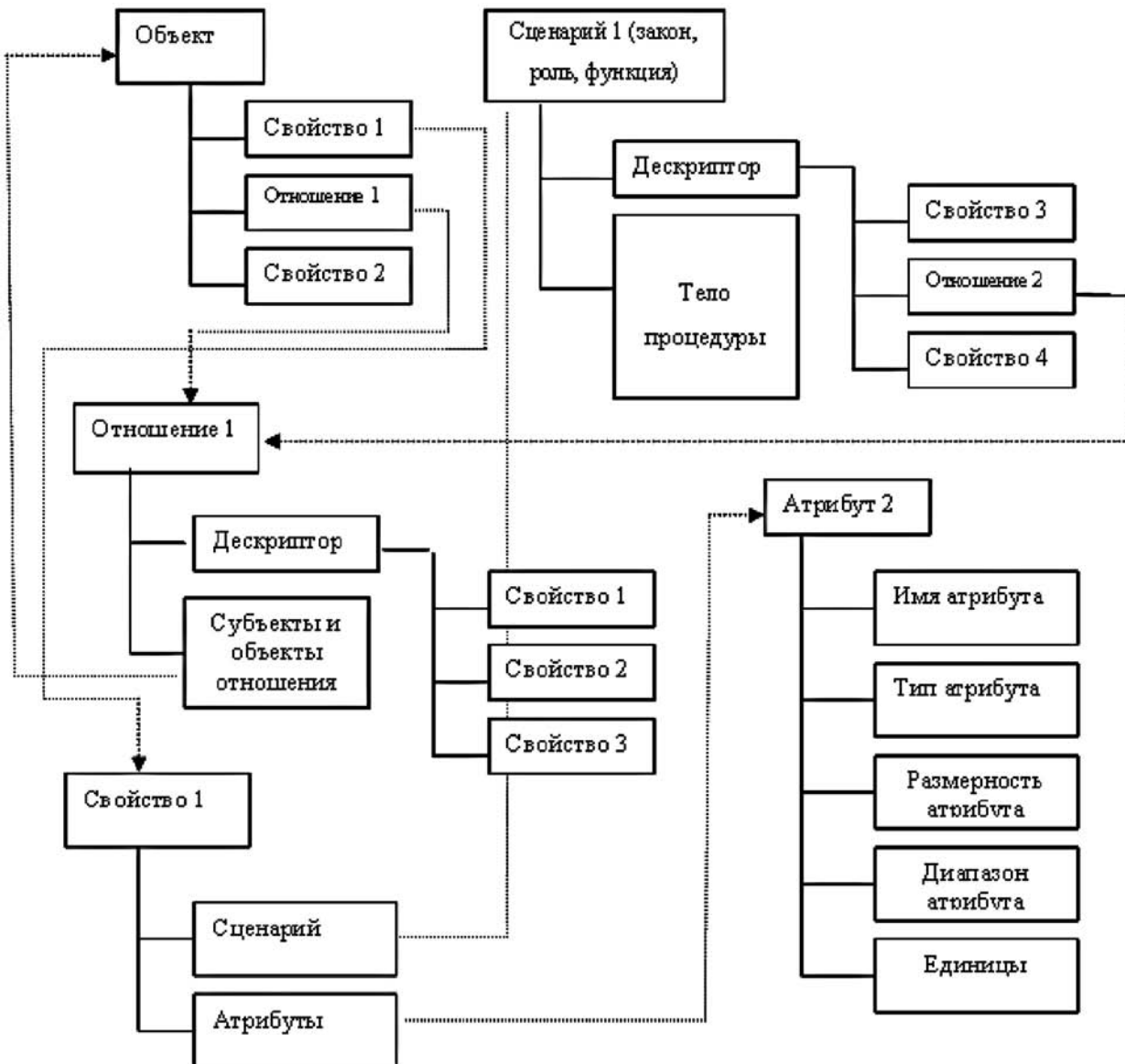


Рисунок 6 – Семантическая сеть метаонтологии, используемая для описания онтологий деятельности



Рисунок 7 – Триада «онтология» – «модель предприятия» – «сцена»

При этом для удобства пользователей выделяются (рисунок 7) три уровня описаний «онтология» – «модель предприятия» – «ситуация (сцена)».

- Онтология описывает понятия и отношения (как толковый словарь), необходимые для описания моделей деятельности в любой предметной области (биотехнологии, наносистемы, космос, живые системы и т.д.).
- Модель предприятия описывает устойчивые конфигурации объектов, упрощающие создание формализованных описаний сцен и ситуаций в конкретных ситуациях (например, нет нужды каждый раз описывать парк станков некоторого цеха – достаточно сохранять эти сведения в модели цеха).



- Ситуация (сцена) описывает экземпляры понятий и отношений в заданный момент времени (как набор фактов), как мгновенная «фотографии» ситуации на каждом конкретном предприятии в заданный момент времени.

Так, в мире логистики при конструировании исходной сцены пользователь должен будет первоначально создать понятия «фабрика», «сборочный цех», «склад», «транспорт», «заказ», «продукт», «расписание», «срок поставки» и т.п. Над каждым из этих понятий можно будет выполнять определенные действия, например, склад может «принять» и «отпустить» продукцию, транспорт - «переместить» груз между узлами производственной сети и т.п. При наличии исполняющей системы, способной моделировать миры, с развитыми графическими возможностями каждый объект мира может иметь свой визуальный образ на экране компьютера, соответствующий различным состояниям, а каждое действие может отображаться в виде изменения состояния этих образов, например, фабрика произведет продукт, склад пополнится товарами, транспортное средство совершит перемещение и т.д.

Структура необходимых при этом инструментов может быть представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 - Структура инструментов для работы с онтологиями деятельности

Таким образом, каждый мир может быть построен не как «закрытая» программная модель, а как открытая модель физических или абстрактных сущностей, позволяющая моделировать процессы их взаимодействия на выбранном концептуальном уровне.

Подчеркнем, что создание «миров знаний» кардинально отличается от построения традиционных моделей знаний предметной области, поскольку использует совершенно иную систему представления знаний, базирующуюся на встроенных понятиях о пространстве и времени, сценах и сценариях действий, а также другую логику действий и рассуждений. В частности, логику действий, отвечающую на вопросы: что нужно делать, чтобы построить объект и какие знания или инструменты для этого необходимы, а также каковы функции объекта и как им можно управлять, и, главное, что с ним можно делать.

Сложные объекты при этом конструируются из простых с помощью действий непосредственно на экране компьютера.

Предлагаемый подход к представлению знаний может быть использован как для построения онтологий мультиагентных систем, так и в свою очередь сама онтология может быть построена как мультиагентная система, в которой каждому из рассмотренных концептов может быть приписан агент, обеспечивающий его динамическое взаимодействие с другими понятиями.

Конструктор миров представляет из себя систему визуального проектирования семантических сетей онтологий деятельности, в которой пользователь может в удобной форме создавать и редактировать различные миры, специфицируя свои концепты и устанавливая связи между ними, а также формируя сценарии действий, и далее «проигрывать» ситуации в этих мирах с помощью исполняющей системы, реализующей законы мира.

При этом такая система должна поддерживать взаимосвязи объектов из нескольких миров, объекты которых могут быть связаны между собой (например, логистика может требовать понятий из финансового мира, а также географию земель и дорог, метеорологию и т.п.).

Пример рабочего экрана системы при конструировании фрагмента онтологии логистики [53] представлен на рисунке 9.

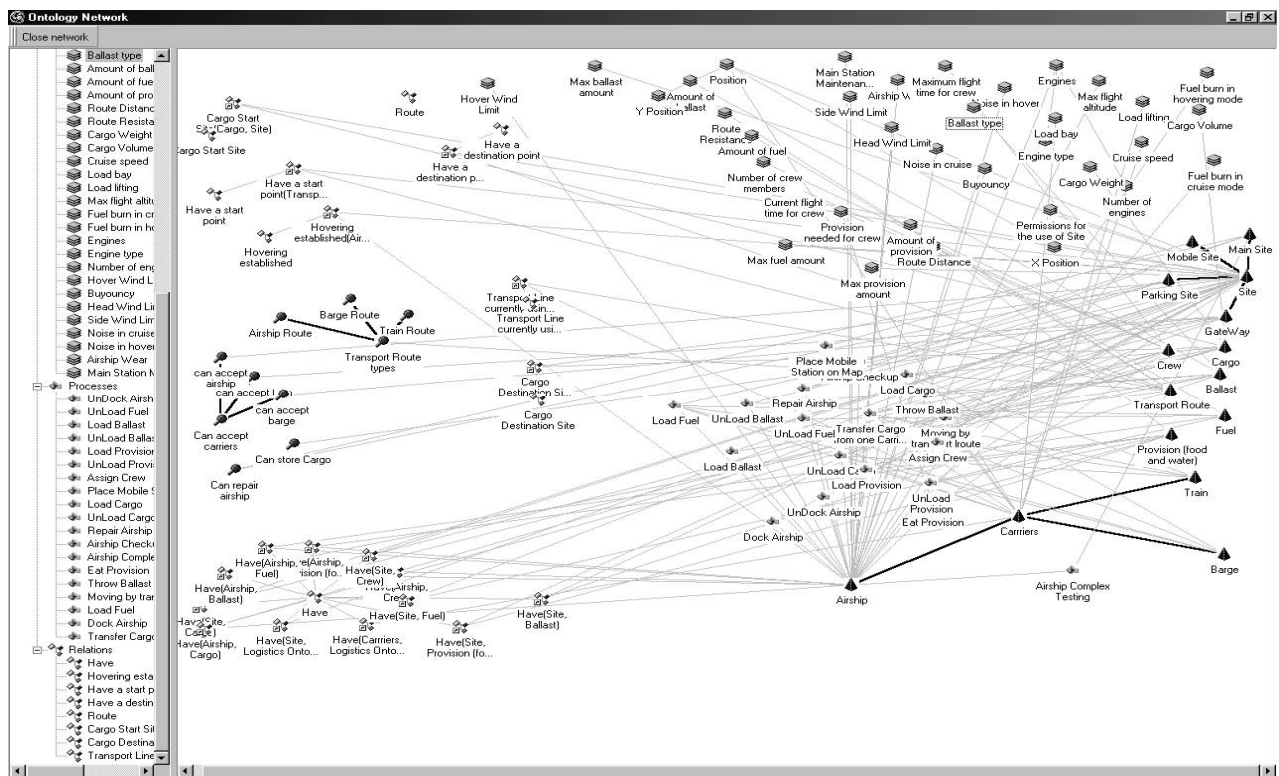


Рисунок 9 – Пример экрана конструктора миров - семантическая сеть, описывающая фрагмент мира логистики

В правой части экрана пользователь видит семантическую сеть понятий предметной области. Иницируя любое понятие можно получить его параметры и все связи, ввести новое свойство или установить новое отношение и т.д. В левой части экрана ведется список всех открытых онтологий и концептов из этих онтологий, включая указанные выше объекты, сценарии действий и т.п.

Помимо описания декларативной части пользователь может ввести описание сценариев действий. Выбирая объект, пользователь тут же получает весь список действий с ним, а выбирая некоторое действие, пользователь автоматически получает весь список объектов, над которым оно может выполняться, и набор атрибутов, которые действие может менять. При этом в дескрипторе сценария действия указывается, кто именно может являться субъектом

действия, какие знания или инструменты применяются при его реализации, каковы условия этого применения и т.д.

Соответственно каждое новое действие в конструируемом сценарии порождает новую связь данного сценария с другими объектами, отношениями или атрибутами. При этом может осуществляться контроль соответствия типов объектов, выполнимости действий над объектами, совместимости их свойств и т.п.

Для создания сценариев действий конструктор онтологий предоставляет пользователю набор системных функций по работе с семантической сетью онтологии (эти функции также поддерживаются на уровне исполняющей системы).

К числу наиболее важных встроенных функций по работе с сетью онтологии мира можно отнести проверку наличие объекта в сцене мира или состояния сценария действий, поиск объектов в дереве классов (получить предка или потомков данного объекта) и т.д.

Построение формализованных моделей знаний позволяет отделить управленческие знания предметной области от программного кода системы и расширять их или модернизировать по мере необходимости, без перепрограммирования системы в каждом случае, что существенно снижает стоимость развития и поддержки системы.

Например, пусть требуется ввести новый тип регламента работы предприятия.

Для этого необходимо ввести в онтологию предприятия новый подкласс регламентов и описать, из каких последовательностей выполнения юридически значимых работ он состоит, сколько времени занимает каждая операция, какие умения сотрудника нужны для ее выполнения и т.п.

Тогда при запуске нового регламента агент регламента сможет прочитать из онтологии конкретную специфику потребностей каждого этапа и создать под них своих агентов, которые будут планировать необходимые операции к нужному сроку с учетом имеющихся людских ресурсов.

В этом случае придется допрограммировать систему только в случае возникновения непредвиденных ранее новых классов объектов и отношений, причем после такого дополнительного введения соответствующее отношение пополнит общую библиотеку отношений и станет доступным для описания всех подобных ситуаций.

Возможности такого конструктора онтологий позволяют описывать предметную область не только программисту или инженеру по знаниям, но и любому рядовому пользователю, не являющимся профессиональными программистами.

### 3.5 Мультиагентный интегратор знаний

В ряде случаев онтология деятельности, составляя главную часть единого информационного пространства компании, может централизованно храниться на сервере или быть распределенной по машинам сотрудников предприятия или разработчиков прикладных систем, находящихся в географически удаленных между собой местах.

В этом случае приходится решать не только задачу обеспечения согласованной работы удаленных пользователей в рамках единой онтологии, но и совершенно отдельную задачу интеграции поступающих знаний. Такая интегрированная база знаний организации должна не только реагировать на малейшие изменения в онтологии со стороны любого из пользователей и пытаться согласовывать эти изменения с другими пользователями, но и еще «выращивать» новые связи между новыми и старыми квантами знаний, поступающими в систему. Фактически, становится необходимым создание открытой и пополняемой базы знаний предприятия, которая не только доступна для совместной согласованной деятельности независимых пользователей, но и самоорганизуется, развивается и эволюционирует вместе с предприятием в результате ввода новых понятий.

Рассмотрим несколько возможных механизмов работы подобной системы, которые могут успешно применяться как при работе с самими онтологиями, так и для самых обычных текстовых документов (исследовательских отчетов, результатов встреч с клиентами и испытаний изделий, материалов презентаций и т.д.), формирующих «передний край» растущей онтологии предприятия.

Представим себе ситуацию, в которой несколько пользователей в одну онтологию одновременно вводят два новых разных, но близких понятия. Предположим, что это описания некоторых транспортных средств и описателя класса таких средств пока не существует в системе. Один из пользователей вводит в свое понятие «яхты» атрибуты положения, водоизмещения и скорости, а второй, формирующий понятие «автомобиль» – только положения и скорости. В результате возникает «плохая» ситуация, когда в базе знаний появляются два разных, но очень близких по своей сути понятия, которые имеют незначительные отличия в построении и использовании. Есть смысл попытаться унифицировать понятия и интегрировать их в существующую систему.

Для этого в системе автоматически в свободное время или по требованию пользователя запускаются специальные агенты ассоциации, агрегации, генерализации, аналогии, классификации, абстрагирования и некоторые другие.

В частности, если при определении и вводе новых понятий использовались готовые атрибуты, агенту ассоциации не составит труда самому найти появляющиеся ассоциативные связи или организовать агентов понятий на поиск «общих корней». После этого может быть активизирован агент агрегации, который выделит наилучшие общие группы таких свойств и предложит заменить их одним объединенным свойством для удобства использования. Наконец, после этого может быть вызван агент генерализации, который предложит построить на основе агрегированных свойств новый объект класса «транспортное средство» (имя этого класса устанавливается пользователями), после чего система предложит пользователям утвердить данную реорганизацию понятий.

Заметим также, что пользователи могут конструировать свои понятия из собственных атрибутов, которые они создают для решения своих задач (например, скорость). Тогда потенциальная связь между этими понятиями может быть установлена на основе использования одной и той же строки имени атрибута или его размерности, что также рассматривается как один из видов «мягкой» ассоциативной связи. Аналогичные процедуры могут быть осуществлены и для других концептов, включая, например, генерализацию сценариев действий разных агентов для выработки единой общей стратегии.

Таким образом, в результате подобных внутренних трансформаций онтология предметной области может непрерывно меняться в ходе работы системы.

Рассмотрим теперь крайне актуальный для предприятий механизм интеграции разнородных данных (являющихся по своей сути неформализованными или плохо формализованными знаниями), также базирующийся на использовании онтологий и позволяющий напрямую координировать работу специалистов.

Предположим, менеджер по маркетингу вернулся со встречи с клиентами и создал текстовый документ о встрече, в котором изложил требования очередного клиента к изделию. В разрабатываемой системе к подобному «кванту» данных, который может быть представлен не только текстовым файлом (отчетом о встрече, материалами маркетингового исследования, справкой о продажах за последний квартал и т.д.), но и Excel-таблицей или небольшой базой данных, презентацией в Power Point или даже видеороликом, он имеет возможность на основе онтологии построить семантический дескриптор, описывающий эти требования (рисунок 11). Для этого он в мире своего предприятия должен сконструировать на экране «сцену» использования изделия клиентом, выбирая из онтологии и доопределяя объекты, их свойства



или отношения, а также присваивая значения выбранным атрибутам. Пусть в это же время другой сотрудник, конструктор по профессии, привез с испытательных стендов новые данные о характеристиках изделия и аналогично создал для них свой семантический дескриптор. Предположим также, что испытания изделия данного типа показали, что его характеристики могли бы удовлетворить требования клиента.

В результате, на сервере компании почти одновременно появляются два новых «кванта» информации, снабженные семантическими дескрипторами, в которых ряд объектов или отношений совпадает. Агенты этих «квантов» легко найдут друг друга, проведут матчнинг свойств и обнаружат их совпадение. В результате между этими документами будет установлена новая «онтогиперсвязь», «толщина» которой зависит от того, по какому количеству свойств совпали кванты и насколько точно соотносятся их значения.

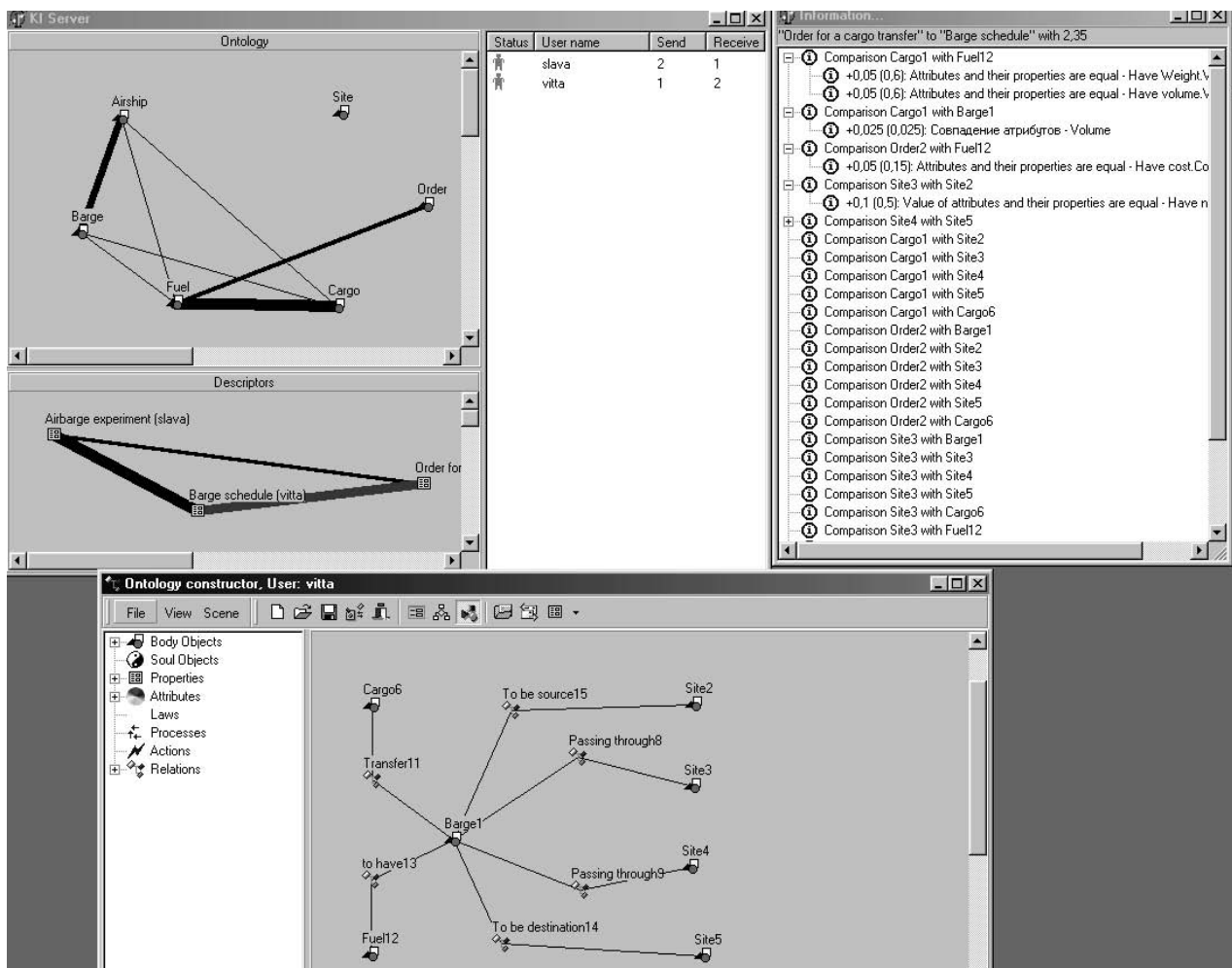


Рисунок 11 – Интегратор знаний – установление новой связи между квантами знаний

По событию установления такой связи каждому из специалистов может прийти сообщение, в котором ему будет рекомендовано ознакомиться с «квантом» его коллеги. После того, как каждый из специалистов ознакомится с «чужим» материалом, он должен будет дать ему оценку, следствием чего, возможно, будет увеличение «толщины» установленной связи, которая наберет некоторые «очки» (деньги) подобно тому, как могут набирать свои «комиссионные» новости в системе корпоративных новостей. Если кванту будет дана такая положительная оценка и «толщина» связи еще более увеличится, возможно, что она перейдет неко-



торый порог, делающий ее доступной и для многих других пользователей. Открыв такую соответствующую «карту» распространения знаний в компании, можно будет сразу увидеть всю «паутину» смысловых связей между документами и специалистами, а также ключевые интегрирующие понятия онтологии, наиболее тесно связанные друг с другом в данный момент времени. Кроме того, кликнув в документ, можно немедленно получить «онтогиперссылки» по типу «смотри также», которые в отличие от обычных гиперсвязей являются динамическими, создаваемыми в ходе работы, способными подниматься вверх по своему рейтингу в соответствии с ростом их ценности, или наоборот падать вниз и полностью исчезать из системы, если к ним не проявляется никакого интереса от других сотрудников.

На этой основе может быть построено более качественное и эффективное взаимодействие специалистов предприятия, ломающее традиционные «барьеры» между подразделениями и позволяющее сразу включить каждый новый квант знаний в работу.

### 3.6 Семантический Интернет-портал предприятия

Семантический Интернет-портал предприятия, построенный на основе рассмотренных возможностей, может выполнять следующие функции:

- поддержку всех этапов формализации, накопления, систематизации, интеграции и использования знаний о предприятии;
- коллективного формирования наглядной, целостной развивающейся и взаимосвязанной картины развития предприятия;
- каждое подразделение при входе в портал должно получить свой АРМ, доступный через обычный браузер в сети Интернет, в котором сможет создавать:
  - онтологическое описание профиля предприятия и каждого отдела, включая цели и задачи, ограничения, сотрудников и т.д.
  - онтологическое описание требований и спецификаций продукции, проектов и ресурсов, результатов работ;
  - онтологическое описание знаний и опыта сотрудников, с учетом их предыстории, знаний и опыта;
- будет обеспечен постоянный интеллектуальный поиск близких по тематике организаций, проектов, экспертов, технических решений, публикаций, возможных партнеров, заказчиков и и других сведений;
- организация единого семантического информационного пространства сотрудников предприятия для реакции на события, планирования проведения работ и оценки получаемых результатов;
- создание, редактирование и удаление онтологий, моделей и сцен в режиме коллективного использования:
  - по предметным областям работы предприятия;
  - по механизмам управления (используемым ресурсам и регламентам, стандартам, руководствам, рекомендациям, шаблонам оформления отчетных документов);
  - по проектам разработки новых продуктов и технологий;
  - по экспертам в предметных областях и т.д.;
- автоматическое достраивания сети ассоциативных связей между семантическими дескрипторами по различным понятиям и отношениям онтологии, отражающих их взаимное влияние, происхождение и развитие – для формирования семантической сети материалов предприятия с возможностями удобной навигации между ними;
- поддержка онтологического заполнения форм пользователями;
- поиск аналогов ситуаций, предлагаемых продуктов, а также организаций для кооперации и автоматического информирования о возможностях для кооперации;

- поддержка онтологического анализа содержательных, организационных и финансовых документов;
- автоматизация поиска и установления соответствия между проектами по семантическим дескрипторам и т.д.

Наличие онтологий деятельности позволит создавать каждому проекту, организации или сотруднику соответствующий семантический дескриптор (семантическую сеть понятий и отношений), который может быть использован для более точного поиска этой информации, выстраивания связей между ними и т.д.

Указанный инструментарий должен обеспечивать коллективный режим работы и дополнение концептов и отношений без останова работы системы.

## **Заключение**

В работе предложен подход к созданию онтологий деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени, развивающий теорию intersубъективных представлений акторов в ходе принятия коллективных решений.

Дан краткий обзор существующих методов и средств для создания онтологий и показаны их ограничения и направления развития.

Проведен концептуальный анализ деятельности предприятий, показывающих классы основных понятий и отношений для построения онтологий, моделей деятельности и ситуаций на предприятии. Показано, что использование предлагаемого подхода позволяет рассматривать деятельность предприятия в развитии, представляемом цепочкой квантов знаний субъективных «изобретений и открытий» сотрудников предприятия, отражаемых в их собственных персонифицированных базах знаний (онтологиях).

Преимущества предлагаемого подхода:

- возможность точного специфицирования ситуаций, возникающих в работе предприятия, для принятия согласованных решений;
- коллективное формирование наглядной, целостной развивающейся и взаимосвязанной картины работы предприятия;
- возможность автоматического достраивания сети ассоциативных связей между материалами предприятия между собой по различным понятиям и отношениям, отражающих их взаимное влияние, происхождение и развитие;
- повышение качества и эффективности управления посредством принятия согласованных решений;
- упрощение процесса работы для исполнителей;
- возможность удобной навигации по семантической сети задач и работ по типу гипертекстовой навигации;
- возможность быстрого смыслового поиска результатов работы сотрудников, повышающего востребованность получаемых результатов;
- автоматическое информирование о возможностях для кооперации сотрудников;
- широкие возможности для запросов на почти естественном языке в свободном формате, аннотирования, перевода результатов проектов и др.

Сформулированы требования к инструментальным средствам для построения онтологических моделей деятельности.

Показаны новые возможности и важные преимущества для предприятий от внедрения рассматриваемых методов и средств.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Виттих В.А. Управление ситуациями в сложных развивающихся системах с применением интерсубъективных теорий: препринт. – Самара: ИПУСС РАН, 2011. – 13 с.
- [2] Skobelev P. Multi-agent technology for real time resource allocation, scheduling, optimization and controlling in industrial applications (Invited Talk). – Proc. of Intern. Conf. on Holonic and Multi-Agent Systems (HoloMAS-2011) – Springer Verlag, France, Toulouse, 2011, pp. 5-14.
- [3] Брокгауз Ф.А., Ефрон И. Энциклопедический словарь: В 86 т. // - СПб, - 1890-1907.
- [4] Kant I. Lectures on metaphysics - Part III. Metaphysik L2 (1790-1791) / Translated and edited by Karl Ameriks, Steve Naragon // Cambridge: University Press, 1997. - P. 307 - 309.
- [5] Gruber T. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Proc. of the 2 Intern. Conf.– 1991. - P. 601-602.
- [6] Гаврилова Т.А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем // СПб. – 2000. – 384 с.
- [7] Gruber T. Toward Principles for the Design of Ontologies // Intern. Workshop on Formal Ontology. - Padova, Italy. - March, 1993.
- [8] Gomez-Perez A., Benjamins V.R. Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods // Proc. of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), August 2. - Stockholm, Sweden. – 1999.
- [9] Guarino N., Welty Ch. A Formal Ontology of Properties // Proc. of 12 Int. Conf. on Knowledge Engineering and Knowledge Management. Lecture Notes on Computer Science, Springer Verlag - 2000.
- [10] Guarino N., Welty Ch. Ontological Analysis of Taxonomic Relationships // Proc. of ER-2000: The International Conference on Conceptual Modeling. - October, 2000.
- [11] Huhns M.N., Singh M. P. Ontologies for Agents // IEEE Internet Computing – 1997. - November – December. - P. 17-24.
- [12] Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами: Основы теории и технологии // Проблемы искусств. интеллекта. М.: Наука, 1997. - 112 с.
- [13] Grand S., Cliff D. Creatures: Entertainment Software Agents with Artificial Life // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 1 .Т. 1, 1998. – С. 39 – 57.
- [14] Воинов А.В. Моделирование интуитивных рассуждений эксперта методами психосемантики и вывода с неопределенностью // Новости искусств. интеллекта. – 1998. - № 2. – С. 130-142
- [15] Berners-Lee T. etc. The Semantic Web // Scientific American - May - 2001.
- [16] McGuinness D.L. Ontologies Come of Age // The Semantic Web: Why, What, and How. - MIT Press, 2001.
- [17] Cranfield S., Purvis V. UML as an Ontology Modelling Language // Proc. of the IJCAI-99 Workshop on Intelligent Information Integration. - 1999.
- [18] Смирнов С.В. Онтологический анализ в системах компьютерного моделирования / Труды V международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Самара: СНЦ РАН. – 2003. – с. 102 – 107.
- [19] Абрамов Д.В., Андреев В.В., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Разработка средств построения и использования онтологий для поддержки процессов принятия решений / Труды VII международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Самара: СНЦ РАН. – 2005. – с. 435 – 440.
- [20] Виттих В.А., Волхонцев Д.В., Гинзбург А.Н., Караваев М.А., Скобелев П.О., Сурнин О.Л., Шамашов М.А. Распределенные онтологии и их применение в решении задач интеграции данных / Труды VIII международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Самара: СНЦ РАН. – 2006. – с. 451 – 459.
- [21] Виноградов И.Д. Применение онтологического подхода к построению интегрированных компьютерных моделей предприятий / Труды XI международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Самара: СНЦ РАН. – 2009. – с. 218 – 224.
- [22] Farquhar A., Fikes R., Rice J. The ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction // International Journal of Human-Computer Studies, 46(6), pages 707–728, 1997.
- [23] Musen, M. Domain Ontologies in Software Engineering: Use of Protégé with the EON Architecture // Methods of Inform. in Medicine, pages 540-550, 1998.
- [24] OntoEdit: Collaborative ontology development for the Semantic Web. Y. Sure, M. Erdmann, J. Angele, S. Staab, R. Studer, D. Wenke // In Proc. of the Inter. Semantic Web Conference (ISWC 2002), Sardinia, Italia, June 2002.
- [25] Bechhofer S., Horrocks I., Goble C., Stevens R. OilEd: A Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web // Joint German/Austrian conf. on Artificial Intelligence (KI'01). Lecture Notes in Artificial Intelligence LNAI 2174, Springer-Verlag, Berlin, pages.396-408, 2001.
- [26] Domingue J. Tazebao and WebOnto: Discussing, Browsing, and Editing Ontologies on the Web // Proc. of the Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, KAW'98, Banff, Canada, 1998.

- [27] The CommonKADS Methodology. G. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. Hoog, N. Shadbolt, W. Van de Velde, B. Wielinga // Knowledge engineering and management. MIT press, Massachussets, 1999.
- [28] Gavrilova T., Voinov A., Vasilyeva E. Visual Knowledge Engineering as a Cognitive Tool // Proc. of Intern. Work Conf. on Artificial and Neural Networks IWANN'99. – Spain, 1999. - P. 328-337.
- [29] Гаврилова Т. А. Визуальное проектирование баз знаний как гносеологический инструмент // 7 Нац. конф. по искусств. интеллекту с междунар. участием, КИИ'2000, Переславль-Залесский, 24-27 октября 2000: Тр. конф. Т. 1. - М.: Изд-во Физ.-мат. лит., 2000. – С. 241-246.
- [30] Pinto H. S., Gomez-Perez A., Martins J.P. Some Issues on Ontology Integration // Proc. of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). - 1999, August 2. - Stockholm, Sweden. 1999.
- [31] Noy N.F., Musen M.A. An Algorithm for Merging and Aligning Ontologies: Automation and Tool Support // AAAI-99 Workshop on Ontology Management. Also, SMI Technical Report SMI-99-0799.
- [32] Visser P., Tamma V. An Experience with Ontology-based Agent Clustering // Proc. of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). – 1999, August 2. - Stockholm, Sweden, 1999.
- [33] Смирнов С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самар. науч. центра РАН. – 2002. – Т. 3. - №1. - С. 62-70.
- [34] Евгеньев Г.Б. Онтология инженерных знаний // Информ. технологии. – 2001. - № 6. - С. 2-5.
- [35] Farquhar A., Fikes R., Rice J. Ontolingua Server: a Tool for Collaborative Ontology Construction // Intern. Journal of Human-Computer Studies. - № 46. – 1997. - P. 707-727.
- [36] Farquhar A., Fikes R., Rice J. Building a large Knowledge Base from a Structured Source: The CIA World Fact Book // IEEE Intelligent Systems. – 1999. - Vol. 14. - N. 1.
- [37] Noy N.F., Musen M. A. SMART: Automated Support for Ontology Merging and Alignment // Twelfth Banff Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling, and Management. - Banff, Alberta, Canada, 1999. Also, SMI Technical Report SMI-1999-0813.
- [38] Guarino N., Masolo C., Vetere G. OntoSeek: Content-Based Access to the Web // 70 1094-7167/99, IEEE Intelligent systems - 1999.
- [39] Крихель Т., Левин Д., Паринов С. Активный информационный робот как сетевой агент исследователя (на примере сети онлайн-ресурсов по экономике RePEc/RuPEc) // Тр. 1 Всерос. науч. конф. – СПб., 1999. - С. 104-111.
- [40] Травина Л.Л. Извлечение знаний у эксперта, основанное на технике репертуарных решеток Дж. Келли, в пространстве Всемирной паутины. Обработка текста и когнитивные технологии / Под ред. Соловьева В.Д. - Пушино. – 1999. - Вып. 3. – С. 219-221.
- [41] Уринцев А.И. Об использовании бизнес-объектов в рамках создания ЭИС. Корпоративные системы: Сб. науч. тр. // Моск. госуд. ун-т экономики, статистики и информатики – М. – 2000. - С. 52-56.
- [42] Зазовская А.А., Ломазова И. А. О сравнительной выразительности вложенных рекурсивных сетей Петри и алгебры процессов // Тр. 7 Нац. конф. КИИ'2000, Переславль-Залесский, 24-27 октября 2000. – Т. 1. - М.: Изд-во Физ.-мат. лит., 2000. – С. 305-314.
- [43] Аристотель. Собр. соч.: В 4-х т. // – М.: Мысль., 1976.
- [44] Философский энцикл. словарь // - М.: Сов. энцикл., 1983. - С. 521-522.
- [45] Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука.– М.: Экономика, 1989.
- [46] Щедровицкий Г.П. Исходные представления и категориальные средства теории деятельности // Избр. тр.: Сб. - М.: Шк. Культ. Полит., 1995. - С. 232-298.
- [47] Щедровицкий Г.П. О различии исходных понятий «формальной» и «содержательной» логик // Избр. труды: Сб. - М.: Шк. Культ. Полит., 1995. - С. 34-49.
- [48] Виттих В.А., Скобелев П. О. Когнитивный подход к построению интеллектуальных систем для исследования технических объектов на основе принципа аналогий // Интеллект. системы в машиностроении: Матер. Всесоюз. науч.-техн. конф. по интеллект. системам в машиностроении. Ч. 3 // СамФ ИМАШ АН СССР. – Самара, 1991. - С. 53-57
- [49] Виттих В.А., Скобелев О.П., Скобелев П.О. Интеллектуальная система “Мир действий” и “Мир рассуждений” // Пути и методы совершенствования учебного процесса: Тез. докл. 2 Рос. науч. конф. — Самара: ПИИРС, 1993. - С. 50-51.
- [50] Виттих В.А., Скобелев О.П., Скобелев П.О. Интеллектуальная обучающая система для подготовки инженеров: прагматический подход // Сб. науч. тр. 3 конф. по искусств. интеллекту: В 2-х т. Т. 2. – Тверь. - 1992. - С. 36-43.
- [51] Скобелев П.О. Антропологический подход к построению интеллектуальных сред для обучения // Пути и методы совершенствования учеб. процесса: Тез. докл. 2 Рос. науч. конф. — Самара: ПИИРС, 1993. – С. 52-53.
- [52] Berdnikov L., Mayorov I., Sverkunov A., Skobelev P. MultiWorlds: Intelligent System for Practical Physics Study // Intern. Conf. on Computer Aided Learning (CAL-93). - University of York, 1993. – P. 172.

- [53] Андреев В.В., Ивкушкин К.В., Минаков И.А., Ржевский И.А., Скобелев П.О. Конструктор онтологий для разработки мультиагентных систем // Труды 3 Международной конференции по проблемам управления и моделирования сложных систем, Самара, 4-9 сентября 2001. – Самара: СНЦ РАН. – 2001. - С. 480-488.
- [54] Виттих В.А. Онтологии сложных систем – организаций // Препринт ИПУСС РАН. – Самара, - 1998. - № 3. – 15 с.
- 

### Сведения об авторе



**Скобелев Петр Олегович**, 1960 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1983 г., д.т.н. (2003). Ведущий научный сотрудник Института проблем управления сложными системами РАН, профессор кафедры «Инженерия знаний» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, учредитель, президент и генеральный конструктор Группы компаний «Генезис знаний». В списке научных трудов более 100 статей, 7 учебных пособий, 3 патента по мультиагентным системам для решения сложных задач в области логистики, понимания текстов, извлечения знаний и др.

**Skobelev Petr Olegovich** (b. 1960) graduated from the Korolyov Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1983, D. Sc. Eng. (2003). Lead scientist at Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, holding a part-time position of professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics Knowledge Engineering sub-department, owner, president and chief constructor of Knowledge Genesis Group of companies. He is co-author of more than 100 publications, 3 patents, 7 textbooks in multi-agent systems for solving complex problems the domain of real time logistics, text understanding, data mining and other.

### Комментарии редакции:

Редакция сочла возможным разрешить автору опубликовать материал в большем объеме, чем рекомендовано в нашем журнале (не более 20 страниц) с целью дать возможность пытливым студентам, магистрантам и аспирантам познакомиться с обзором идей и работ, которые известны лишь узкому кругу отечественных специалистов.