

## **МУЛЬТИПРОБЛЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МНОГОАСПЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Выхованец В.С.**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*  
valery@vykhovanets.ru

Ключевые слова: крупномасштабное производство, социальная система, мультипроблемный анализ, формальная теория, корпус формальных моделей, многоаспектное моделирование.

### **Введение**

Крупномасштабное производство будем рассматривать как сложное социальное и техническое явление, адекватное описание которого неосуществимо в рамках одного или даже нескольких формальных подходов [1]. Для решения прикладных задач по управлению крупномасштабным производством последнее, как правило, анализируется в рамках системной парадигмы, а результаты этого анализа фиксируются в виде описания некоторой социальной системы, т.е. такой системы, которая обладает целенаправленностью и состоит из целенаправленных элементов [2, с. 41].

Для моделирования социальных систем повсеместно используются методы теории активных систем [3], основанные гипотезе о рациональном поведении активного элемента системы при известных его предпочтениях и установленных правилах индивидуального рационального выбора некоторых действий с учетом сложившейся обстановки. При этом предпочтения задаются функциями полезности, целевыми функциями, бинарными и нечеткими отношениями, а обстановка системы определяется как состояния ее пассивных элементов, изменяющиеся при выполнении выбранных или прогнозируемых действий ее активными элементами. В итоге имеем, что в теории активных систем целенаправленность системы в целом пытаются выразить через целенаправленность ее элементов. Отсюда возникают трудноразрешимые проблемы многокритериальной оптимизации, связанные с множественностью принципов оптимальности социальных явлений [4].

Таким образом, известные подходы не позволяют описывать сложные социальные явления, примером которых является крупномасштабное производство, так как такого рода явления могут быть описаны только при их рассмотрении как множества одновременно существующих и пересекающихся социальных систем. Иными словами одну и ту же предметную область необходимо рассматривать одновременно как множество одновременно существующих и перекрывающихся социальных систем.

По этой причине при моделировании крупномасштабных производств будем использовать мультипроблемный анализ предметной области, возникающий из-за различной и изменяющейся целенаправленности ее элементов и наличия сложного внесистемного характера их взаимодействия. Иными словами, каждый целенаправленный объект крупномасштабного производства необходимо анализировать множеством способов, возникающих благодаря фиксации не одной, а множества проблематик (множества социальных систем, в которых этот объект участвует прямо или косвенно).

Настоящая работа посвящена многоаспектному моделированию социальных (крупномасштабных) систем, основной особенностью которого является использование формализма, позволяющего естественным образом выразить и непосредственно использовать результаты мультипроблемного анализа соответствующей предметной области.

### **1. Формальные модели**

Исследования в области моделирования социальных систем находятся под сильным влиянием современной математической логики. Влияние математической логики проявляется в том, что большинство моделей управления задуманы и построены как алгоритмы. При этом во всяком алгоритме выделяются две составляющие: программу, рассматриваемую как формальную теорию и описывающую собственно решение проблемы, и вычисления, представляющие собой вывод в этой теории [5].

Общим методологическим основанием данного направления является «компьютерная метафора», которая предполагает, с одной стороны, наличие некоторых фиксированных структурных этапов или уровней переработки данных, а с другой – существование единого формального в своей основе логического метаязыка описания знания, аналогичного машинному коду вычислительных устройств [6].

### *1.1. Формальная теория*

Всякая формальная теория определяется формальным языком, порождающим формулы, имеющие смысл с точки зрения этой теории, и совокупностью теорем, интерпретируемых в некоторой предметной области как выполнимые (имеющие место быть). Для конструктивного построения формальной теории фиксируется конечный алфавит, определяется перечислимое множество формул, выделяется разрешимое множество аксиом, задается конечное множество правил вывода, позволяющие получать новые формулы (теоремы) на базе имеющихся. Собственно формальной теорией и называется множество теорем, которое замкнуто относительно правил вывода.

Правила вывода задают преобразования, позволяющие получать другие формулы из некоторых исходных. Как правило, интерпретация исходных формул известна. Преобразование формул позволяет получить их эквивалент, но имеющий другую (искомую) содержательную интерпретацию.

Таким образом, прикладная ценность любой формальной теории определяется ее способностью описывать некоторое множество предметных областей. Отличительной особенностью формальных теорий (исчислений, или синтаксических теорий) является то, что в последовательность знаков, получаемых в этих теориях, не вкладывается никакого смысла, пока не введена их явная интерпретация. Но введение интерпретации не относится к зоне ответственности самой синтаксической теории. Для этого требуется привлечение другой, более общей и более мощной теории (метатеории, или семантической теории), в которую в качестве фрагмента входит интерпретируемая синтаксическая теория. Только в этом случае, на языке метатеории, становится возможной формулировка свойств синтаксической теории. По этой причине любая синтаксическая теория подразумевает наличие некоторой стандартной области интерпретации, или модели, относительно которой делаются все содержательные утверждения этой теории.

Из задач, которые решаются при использовании любой формальной теории, следует обратить внимание на две: доказательство ее полноты и непротиворечивости. На содержательном уровне полнота характеризует способность формальной теории описать все встречающиеся на практике ситуации, а непротиворечивость – невозможность путем применения правил вывода получить интерпретацию, не согласующуюся с практикой.

Установлено, что полноту и непротиворечивость невозможно показать внутри самой формальной теории и ее средствами: надо обязательно апеллировать к некоторой области интерпретации – к модели [7]. Доказательство полноты и непротиворечивости возможно только внутри такой модели, выраженной, в свою очередь, на языке другой формальной теории, которая должна быть более выразительной. В этом случае требуется выразить и доказать (вывести) в этой более общей теории высказывания (теоремы) о полноте и непротиворечивости исследуемой теории. В большинстве случаев такой формальной теорией является логика или ее прикладные расширения.

Однако, описанный выше формальный подход, будучи примененным к социальным явлениям, оказался несостоятельным. На практике установлено, что любая теория ограничена своей областью применения и даже в этой области, как правило, неполна, т.е. порождает наряду с отличными предсказаниями и неадекватные результаты. А попытка решить проблему неполноты путем расширения существующей теории почти всегда приводит к концептуальной противоречивости [8]. Последнее объясняется тем, что каждая сущность предметной области является некоторым явлением, не тождественным любому ее формальному описанию.

### *1.2. Корпус формальных теорий*

Основное положение предлагаемого подхода – не расширять одну теорию для более полного описания некоторой предметной области, а использовать одновременно несколько теорий узкой направленности, каждой из которых достаточно, чтобы получить точные результаты, но по частным задачам моделирования. При таком подходе возникают следующие вопросы. Как

объединять частные теории? Как доказать полноту и непротиворечивость того, что получится в результате объединения? Не будет ли результат объединения обычной формальной теорией?

Для ответа на эти вопросы введем еще несколько положений, которые покажут, что результат объединения частных формальных теорий формальной теорией не является. Во-первых, не будем требовать взаимной непротиворечивости частных формальных теорий. Более того, будем предполагать, что такие частные формальные теории противоречивы по определению. Во-вторых – полноту описания предметной области обеспечим привлечением достаточно числа частных формальных теорий. Если окажется, что предметная область описана не полно, введем в рассмотрение новые частные теории, которых окажется достаточно для ее полного описания в рамках решаемого спектра задач. Так как любая предметная область идеальная по своей сути и не может быть описана полностью любым числом формальных теорий, будем предполагать, что и объединение частных теорий полнотой не обладает и обладать не может.

В итоге имеем, что результат объединения частных формальных теорий формальной теорией не является, так как не обладает такими фундаментальными свойствами как полнота и непротиворечивость. Назовем такое объединение корпусом теорий, где корпус, по аналогии с соответствующим термином из современной корпусной лингвистики, – это множество формальных теорий, описывающие одну и ту же предметную область и предназначенные для всестороннего (полного) представления формализуемых знаний в аспекте различных проблемных ситуаций. Только при корпусном подходе становится возможным преодоление теоретических и практических проблем, связанных с потенциальной противоречивостью, существенной неполнотой и принципиальной неполнотой формальных теорий [9].

Таким образом, основной проблемой описываемого подхода является создание, исследование и использование средств, позволяющих строить корпус формальных моделей, понимаемых как цельная совокупность взаимосвязанных и взаимодополняющих описаний одной и той же предметной области в различных формальных теориях. Подход, позволяющий объединить частные формальные теории в единый корпус, позаимствуем из естественных языков.

Ход становления и развития естественных языков выработал свой механизм решения проблемы существенной неполноты конечных средств описания предметных областей. В естественных языках, по мере изучения любой предметной области видоизменяется и сам язык, предназначенный для выражения результатов познавательной деятельности, причем изменяется таким образом, чтобы обеспечить адекватность языковых средств тем идеальным объектам, которые появляются в сознании как результат отражения объективной действительности [10].

Не всегда такие языковые формы являются логически непротиворечивыми. Более того, требовать такую непротиворечивость нельзя в принципе по причине существенной многоаспектности (контекстности, проблемности) знакового выражения знаний. Отсюда, в частности, получаем алогичность и паралогичность естественного языка, являющегося, по своей сути, множеством умозаключений взаимно противоречивых теорий.

Этот механизм лежит в основе нашего утверждения о невозможности однозначной семиотической репрезентации достаточно сложных явлений и необходимости создания множества специализированных предметных языков, или проблемных языков, для адекватного описания одной и той же предметной области. Только при проблемном подходе, когда число языков, применяемых для описания заданной предметной области, ничем не ограничено, появляется возможность рассматривать все их комбинации как некоторое интегральное языковое средство, с помощью которого возможно исчерпывающее (полное) описание этой предметной области.

### *1.3. Модель понятия*

Традиционно понятие как начальная форма фиксации результатов рационального познания выражается в виде слова, а суждения понимаются в узком смысле и рассматриваются как предложения, выражающие понятие (логической) истины. Иными словами суждение – это взаимосвязь понятий-слов, которая имеет место быть. Умозаключение, в свою очередь, выражается последовательностью предложений-суждений, которая построена по определенным правилам. В умозаключении различают суждения-посылки и суждение-следствие. Правила построения умозаключений определяются соответствующей теорией и обеспечивают истинность (верность, состоятельность, убедительность) следствия при истинности (верности, состоятельности, убедительности) посылок. В свою очередь теория служит для определения правил построения умозаключений, которые сохраняют истинность (верность, состоятельность, убедительность) всех выводимых в ней умозаключений.

В рассматриваемом нами подходе формы выражения результатов рационального познания трактуются несколько шире. Основное отличие в том, что понятие представляется знаком (словом), который предполагается не имеющим своего единственного (однозначного) выражения. В этом случае множество суждений интерпретируется как определение и, одновременно, как способ выражения соответствующего понятия-знака через другие понятия, также задаваемые одним из способов своего выражения (определения). Иными словами, суждения – форма выражения произвольных понятий, а не только понятия (логической) истины. В свою очередь умозаключение – это последовательность суждений, или текст, не выражающий никакого понятия, или выражающий «пустое» понятие. Правила выражения «пустого» понятия задаются соответствующей (формальной) теорией, которая определяет разрешенные способы соединения понятий, представленных в одной из форм своего выражения – понятиями-суждениями, для получения допустимых (содержательных, интерпретируемых) описаний предметной области в виде некоторого множества умозаключений.

Модель понятия, которую нам потребуется использовать, приведена на рис. 1 [11]. Модель состоит из верхнего треугольника, объясняющего интерпретацию одного и того же понятия в различных проблемных областях, и нижнего треугольника, определяющего его знаковое выражение. Вершины Имя-Сущность являются крайними полюсами в процессе выявления значимых сущностей в проблемной области, причем форма этого выявления (Синтаксис) полностью определяется активной Проблематикой. В другой паре Прагматика-Догматика, Прагматика, как полюс, соответствующий Имени, характеризуется тем, что определяет смысл (Семантику) Понятия наиболее конкретно, а Догматика как полюс, соответствующий Сущности, выражает общий его смысл. Вершины Прагматика-Догматика являются крайними полюсами в процессе интерпретации понятия в различных проблемных областях, причем смысл Понятия (Семантика) выявляется как вся совокупность таких интерпретаций.

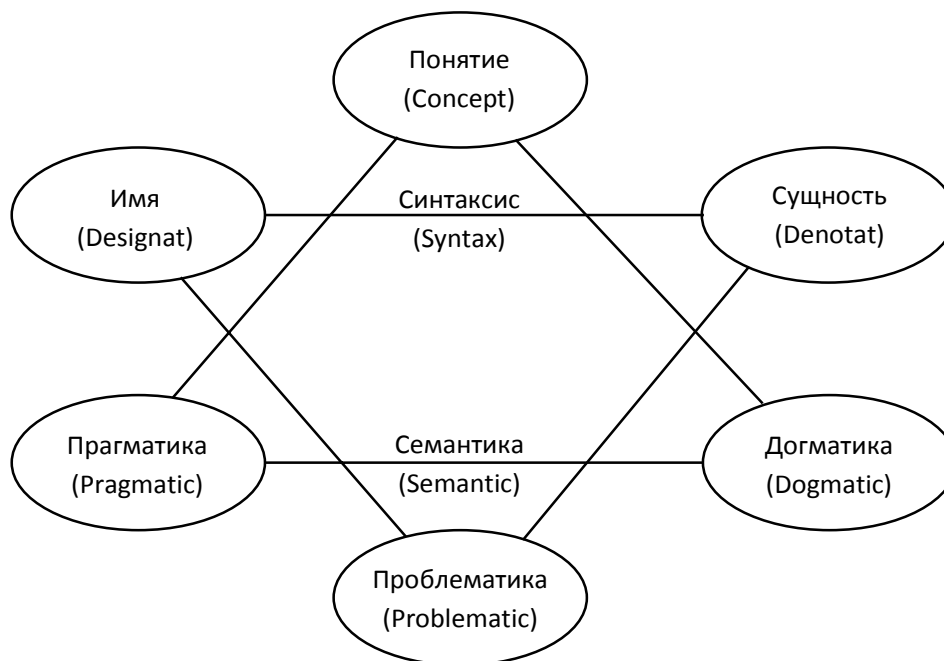


Рис. 1. Модель понятия

Объединение частных формальных теорий в единый корпус осуществим на основе использования возможных (альтернативных, различных, паралогичных, алогичных) выражений одного и того же понятия в тексте. Для создания корпуса теорий будем использовать описываемую далее методологию мультипроблемного анализа предметной области и соответствующую ей технологию многоаспектного моделирования.

## 2. Методология мультипроблемного анализа

Любая методология анализа предметной области должна определять приемы выявления значимых сущностей, методы формализации знаний и формы документирования результатов.

При мультипроблемном анализе для каждой активной проблематики будем выявлять сущности предметной области, соотносимые с некоторыми понятиями, формализацию знаний осуществим путем описания способов выражения и интерпретации понятий, а в качестве формы документирования будем использовать понятийные структуры, в которых задаются способы абстрагирования понятий. Подробно методика мультипроблемного анализа описана в работах [12, 13]. Здесь же остановимся на рассмотрении методологических основ этого анализа.

### *2.1. Предметная и проблемная область*

Под предметной областью будем понимать знания, накопленные относительно некоторого выделенного фрагмента действительности. Здесь под знаниями понимается проверенный на практике результат отражения объективной действительности, представленный в сознании субъекта в виде понятий и суждений, утвержденных некоторой последовательностью умозаключений [14]. Необходимость в утверждении перечисленных содержаний сознания диктуется природой знания – его обоснованной личностной истинностью.

С гносеологической точки зрения знание определяется как субъективно обоснованное истинное убеждение [15]. Тем самым признается субъективная (внутренняя) природа знания. В объективном смысле знание рассматривается как представленный во внешней форме результат субъективного познания, признаваемый объективно истинным в некоторый исторический момент [16]. Считается, что идеальность знаний является адекватным следствием тех свойств внешнего мира, которую они отражают.

Знания формируются в результате целенаправленного педагогического процесса, самообразования и жизненного опыта. Отсюда, в частности, следует, что знания нуждаются в своей объективации, т.е. отчуждении от носителя в некоторой внешней объективной форме. Так как во внутренней (идеальной) форме передачу знаний осуществить нельзя, то используются внешние формы в виде специальным образом обустроенных данных. Историческим примером такого обустройства является естественный язык (язык-речь и язык-письмо).

Отсюда получаем, что любая предметная область может быть рассмотрена под углом зрения множества различных проблематик, где под проблематикой понимается всевозможные критерии (целевая установка, класс решаемых задач, различного рода ограничения, предпочтения и условия), позволяющие при анализе предметной области разделять накопленные объективированные знания на существенные и на несущественные с точки зрения решаемой проблемы. Предполагается, что каждая проблематика выделяет в предметной области некоторый непротиворечивый фрагмент объективированных знаний, который может быть формализован средствами некоторой формальной теории. Такой фрагмент знаний предметной области будем называть проблемной областью. С учетом вышеизложенного следует также предположить, что две различные проблемные области могут быть взаимно противоречивыми, так как выделяют в предметной области объективированные знания, порожденные различными субъектами или их группами.

### *2.2. Понятийная структура*

Главной содержательной особенностью словесно-логической традиции в описании понятий является его понимание как некоторого мысленного «слепок» множества сущностей, обобщенно репрезентирующим его в сознании человека в виде определенно организованной совокупности существенных признаков. Последнее приводит к тому, что в рамках этой традиции сложную организацию предметного содержания понятия тщетно пытаются описать уже довольно давно. Причины неудач, видимо, кроются в том, что понятие является не просто статической репрезентацией реальности, а сложно устроенным когнитивным феноменом, позволяющим изменять (перестраивать) свои собственные репрезентации в зависимости от познавательных целей субъекта [17].

Однако, как бы то ни было, внешняя репрезентация понятий в словесно-логической форме видится единственной и принципиально необходимой формой представления и обработки знаний. По этой причине проблемный подход и пополняемое множество форм многоаспектного выражения понятий является некоторым неизбежным компромиссом между понятием как когнитивным феноменом и понятием как сложно организованной совокупностью существенных признаков, используемой для объективирования знания в словесно-логической форме.

Для описания предметной области будем использовать не менее двух формальных теорий. Первая формальная теория – исчисление понятий, применим для выражения результатов поня-

тийной декомпозиции проблемной области на значимые сущности. Другие формальные теории – проблемные языки, будем строить для каждой проблематики, и использовать для решения стоящих прикладных задач.

Первая формальная теория – исчисление понятий, является универсальной теорией и не зависит от предметной и проблемных областей. По этой причине синтаксис и семантика этого исчисления определяется только наиболее общими закономерностями процесса мышления и познания. Строгое описание исчисления понятий приведено в работе [18].

Формой документирования результатов понятийного анализа проблемной области, выраженных на языке исчисления понятий, является понятийная структура. Под понятийной структурой проблемной области понимается совокупность понятий, для которых заданы способы их абстрагирования. Носителем понятийной структуры является множество понятий, а ее сигнатурой – множество отображений обобщения, типизации, агрегации и ассоциации.

Понятия, выявленные в процессе анализа проблемной области, условно делятся на две группы: терминальные, или сигнификативные, выражаемые последовательностью знаков терминального алфавита проблемного языка, и нетерминальные, или денотационные, соответствующие нетерминальным знакам формальной грамматики этого языка. Разделение понятий на денотационные и сигнификативные осуществляется с учетом заданной проблематики, вытекающей из класс решаемых задач, для которых определяется этот проблемный язык.

На основе выявления способов абстрагирования денотационных понятий строится понятийная структура проблемной области, где под абстракцией понимается одно из четырех отображений на множестве понятий, которые соответствуют четырем фундаментальным способам образования понятий: обобщению, типизации, агрегации и ассоциации.

При обобщении происходит порождение нового понятия на основе одного или нескольких подобных понятий, когда порождаемое понятие сохраняет общие признаки исходных понятий, но игнорирует их различия. Обобщение – порождение понятия на основе пересечения схем обобщаемых понятий и расширенного объединения их экстенсионалов. При специализации, наоборот, из понятия-обобщения выделяется одно из обобщенных в нем понятий.

Типизация является частным случаем обобщения. В отличие от обобщения при типизации имеется возможность для каждой сущности из экстенсионала понятия-типа узнать ее исходное понятие. Для этого используется множество признаков, называемое ключом. Таким образом, типизация – порождение понятия на основе пересечения признаков типизируемых понятий и объединения их экстенсионалов. При конкретизации понятия-типа фиксируется одно из типизированных в нем понятий, для чего необходим ключ.

При ассоциации устанавливается взаимосвязь между сущностями одного и того же или разных понятий. Ассоциация выражает специфическое соединение сущностей. Это соединение позволяет от сущности одного понятия перейти к одной или нескольким сущностям других понятий. Ассоциация – порождение понятия на основе объединения признаков ассоциируемых понятий и ограниченного декартового произведения их экстенсионалов. При индивидуализации из понятия-ассоциации выделяются ассоциированные в нем понятия. Для перехода между сущностями этих понятий используется набор признаков, называемый связью.

При агрегации понятие строится как совокупность других понятий. Процесс, противоположный агрегации называется декомпозицией. Агрегация – порождение понятия на основе объединения признаков агрегируемых понятий и декартового произведения их экстенсионалов. При декомпозиции понятие-агрегат разделяется на входящие в него агрегированные понятия.

Агрегация является предельным случаем ассоциации. В отличие от ассоциации, где между сущностями устанавливаются только часть связей, при агрегации присутствуют все возможные связи: на одном и том же множестве понятий можно задать несколько ассоциаций, в то время как их агрегация единственна.

В работе [12] показано, что перечисленных абстракций достаточно для выражения любой мыслимой взаимосвязи понятий.

На рис. 2 приведена одна из возможных понятийных структур предметной области «Числа», полученная для проблематики, связанной с реализацией чисел на вычислительных средствах с командным управлением.

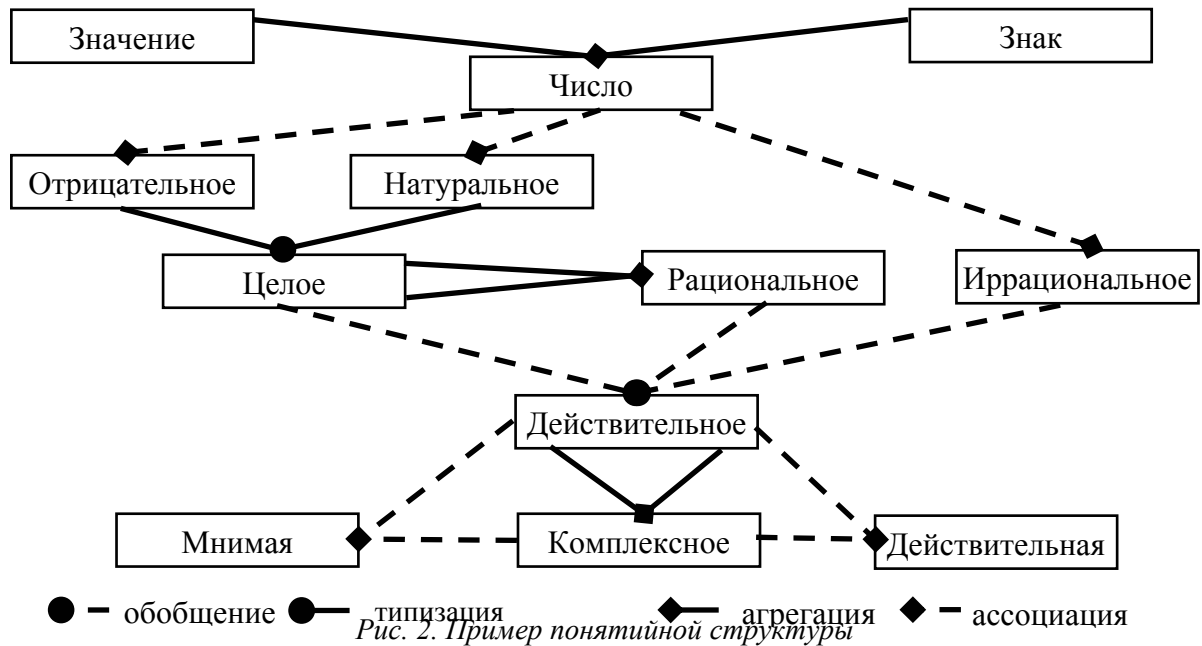


Рис. 2. Пример понятийной структуры

Сущности выделенной проблемной области разделим на две группы: базовые сущности, имеющие преимущественно денотационную форму выражения, и вспомогательные, для которой достаточно сигнификативной формы. С учетом рассматриваемой проблематики к базовым (денотационным) сущностям отнесем сами числа, а к вспомогательным (сигнификативным) – операции над ними. Заметим, что для других проблематик такая хорошо изученная предметная область как «Числа» может быть представлена другими понятийными структурами. Например, для архитектуры, реализующей концепцию управления по данным, разделение сущностей на сигнификативные и денотационные будет другим. Операции над данными в этом случае объявляются денотационными сущностями, а типы данных – сигнификативными.

Из понятийной структуры на рис. 2 видно, что простыми (первичными) являются только понятия «Знак» и «Значение». Остальные понятия – составные и образованы на основе абстрагирования. Понятие «Число» полностью характеризуется первичными понятиями и является их агрегацией. С «Натуральным», «Отрицательным» и «Иррациональным» ассоциируется понятие «Число», которое в каждом случае ограничивается особым образом. «Целое» является типизацией «Натурального» и «Отрицательного» с ключом, равным «Знаку». «Рациональное» агрегирует два «Целых», а «Действительное» определено как обобщение «Целого», «Рационального» и «Иррационального». В свою очередь «Комплексное» – агрегация двух «Действительных», а «Действительная» и «Мнимая» части заданы как ассоциации «Комплексного» и «Действительного» со связью, задаваемой первым или вторым «Действительным» понятия «Комплексное».

### 2.3. Синтаксис и семантика понятий

Для каждого понятия из понятийной структуры проблемной области задается его синтаксис и семантика. Синтаксис понятия описывается в виде одной или нескольких форм его выражения, а семантика – как одна или множество именованных прагматик, определяющих интерпретации каждой формы выражения понятия, задаваемых синтаксисом. Имя прагматики определяет аспект, в рамках которого интерпретируется каждая форма выражения понятий.

Для описания семантики используется метод семантической индукции, заключающийся в использовании семантических категорий, которые определяются по мере необходимости, в процессе описания синтаксиса формального языка и средствами этого языка [19].

Пример реализации синтаксически-управляемого перевода приведен на рис. 3, где процесс перевода описан проблемным языком, задаваемым при описании синтаксиса и семантики понятий String (строка) и Expression (выражение). Перевод осуществим на примере формального дифференцирования выражений, включающих целочисленные константы, переменную  $x$ , функции  $\sin$  и  $\cos$ , а также алгебраические операции: изменение знака  $-$ , сложение  $+$ , вычитание  $-$ , умножение  $*$ .

```

() String ()
    "' .* '" { создание строки из знаков между крайними апострофами }
    String `a` & String `b` { конкатенация строк a и b }
() Expression ()
    "[0-9]+" `n`
        { n }
        dif { '0' }
    'x'
        { 'x' }
        dif { '1' }
    '(' Expression ')' `exp`
        { '(' & exp & ')' }
        dif { '(' & dif { exp } & ')' }
    'sin' '(' Expression `exp` ')'
        { 'sin(' & exp & ')' }
        dif { 'cos(' & exp & ')*( ' & dif { exp } & ')' }
    'cos' '(' Expression `exp` ')'
        { 'cos(' & exp & ')' }
        dif { '-sin(' & exp & ')*( ' & dif { exp } & ')' }
    '-' Expression `exp`
        { '-' & exp }
        dif { '-' & dif { exp } }
    Expression `exp1` '*' Expression `exp2`
        { exp1 & '*' & exp2 }
        dif { '(' & exp1 & '*' & dif { exp2 } & '+' & dif { exp1 } & '*' & exp2 & ')' }
    Expression `exp1` "+ | -" `oper` Expression `exp2`
        { exp1 & oper & exp2 }
        dif { '(' & dif { exp1 } & oper & dif { exp2 } & ')' }

```

Рис. 3. Синтаксически-управляемый перевод

Понятие String выражается двумя предложениями. Первое предложение служит для создания сущности понятия String. Синтаксис этой формы выражения понятия задан в виде одного элемента – шаблона на языке регулярных выражений (заключен в двойные кавычки), который интерпретируется так: любая последовательность знаков, заключенная в апострофы является строкой. Семантика этого предложения описана в фигурных скобках и для наглядности приведена на естественном языке. В случае необходимости, вместо слов естественного языка могут быть использованы слова, выражающие понятия (операторы) некоторой системы программирования, создающей строку в памяти вычислительной машины.

Второе предложение задает синтаксис и семантику второй формы выражения понятия String на основе конкатенации двух строк. Для распознавания этой формы в анализируемом тексте должны встретиться две сущности понятия String, разделенные терминальным знаком & (терминальные знаки заключены в апострофы). Семантика этого предложения также описана на естественном языке, но может быть представлена и виде операторов некоторого языка программирования, создающего новую строку путем соединения строк a и b (в обратных апострофах задаются ссылочные имена сущностей понятий из области синтаксиса предложения).

Аналогично описан синтаксис и семантика понятия Expression. Однако семантика каждой синтаксической формы выражения понятия Expression здесь задана уже в виде двух прагматик. Первая прагматика, как и ранее, задается в неименованных фигурных скобках. Вторая прагматика заключена в именованные фигурные скобки (имя dif). Первая прагматика указывает на то, что выражение не дифференцируется, а именованная прагматика dif – что выражение необходимо продифференцировать. Формальная производная некоторой строки s – это dif{s}, где dif{...} задает имя прагматики, или способа семантической интерпретации текста в фигурных скобках.

Тогда текст в модели вида dif { sin(5\*cos(x))–x\*x }, включающий выражение, которое необходимо продифференцировать, будет переведен так:

$$(\cos(5*\cos(x))*(5*-\sin(x)*(1)+0*\cos(x)*(1))-(x*1+1*x).$$



Следует заметить, что в отличие от понятия String, семантика которого описана на естественном языке (или на языке программирования), семантика понятия Expression задана методом математической индукции путем использования форм выражения и способов интерпретации сущностей понятия String.

Аналогично можно определить еще одну прагматику с именем equ, выполняющую тождественные преобразования выражений. Тогда строка equ { dif { sin(5\*cos(x))-x\*x } } будет переведена как  $-5*(\cos(5*\cos(x))*\sin(x))-2*x$ .

В приведенном примере понятийная структура тривиальна и состоит из двух простых понятий. Для более сложных проблемных областей в круглых скобках, обрамляющих имена определяемых понятий, могут быть заданы списки обобщаемых-типизируемых понятий (перед именем понятия) и ассоциируемых-агрегируемых понятий (после имени понятия). Задание способов абстрагирования понятия позволяет использовать формы выражения обобщаемых-типизируемых понятий для выражения и сущностей определяемого понятия, а формы выражения ассоциируемых-агрегируемых понятий – для конструирования сущностей определяемого понятия как состоящих из сущностей ассоциируемых-агрегируемых понятий.

#### 2.4. Многоаспектная модель

Многоаспектная модель строится как множество формальных языков, предназначенных для многоаспектного выражения понятий предметной области, и описания на их основе объективированных знаний о предметной области. Объединение полученных при мультипроблемном анализе некоторой предметной области понятийных структур, способов выражения и интерпретации понятий будем рассматривать как ее многоаспектную модель. В отличие от других известных формализмов при многоаспектном моделировании появляется возможность выразить накопленные знания относительно предметной области в наиболее естественной форме и с разных позиций. Более того, в самом описании предметной области становится возможным использование множества прагматик при интерпретации одного и того же фрагмента модели. Это, в конечном итоге, позволяет получить и использовать выразительное средство, необходимое для выражения целенаправленности социального явления в целом через целенаправленность его объектов на качественно новом уровне, не предполагающем такого сильного свойства используемого формального аппарата как его непротиворечивость.

### 3. Технология многоаспектного моделирования

Многоаспектное моделирование предметной области состоит из следующих этапов:

- фиксация предметной области и множества проблематик в ней;
- понятийный анализ каждой проблемной области и определение ее понятийной структуры;
- определение проблемного языка для каждой проблемной области путем создания соответствующей формальной теории;
- ситуационное описание предметно области в виде совокупности имеющих место фактов и решения стоящих прикладных задач на созданном квазиестественном языке, являющемся объединением определенных ранее проблемных языков.

Таким образом, суть многоаспектного моделирования заключается в том, что для каждой проблематики создается свой, присущий только этой проблематике формальный аппарат. Далее проблемные формальные теории объединяются, и получается итоговый корпус теорий, на языке которого становится возможным мультипроблемное описание предметной области и решаемых на ней задач.

#### 3.1. Корпусная онтология

При многоаспектном моделировании для каждой активной проблематики выполняется понятийный анализ выделяемой этой проблематикой проблемной области и находится ее понятийная структура. Получившиеся в результате мультипроблемного анализа понятийные структуры объединяются и образуют онтологию предметной области нового типа – корпусную онтологию, позволяющую описать противоречивые области объективированных знаний.

Отсюда, в частности, следует факт, известных из области инженерии знаний: для достаточно сложных предметных областей единое непротиворечивое онтологическое описание предметной области построено быть не может [20]. Как показано выше такое описание сущест-

вует только для проблемной области, являющейся некоторой непротиворечивой выдержкой из рассматриваемой предметной области.

### *3.2. Квазиестественный язык*

Каждая проблематика порождает свой проблемный язык, призванный в удобной и естественной форме выразить проблемные знания. После описания семантики всех проблемных языков и последующего их объединения получается язык нового типа – квазиестественный язык, на котором и осуществляется описание, возможно противоречивое, решения стоящих прикладных задач.

При многоаспектном моделировании формула формальной теории (выражение на проблемном языке) называется противоречивой, если в ней описана сущность, выраженная как принадлежащая, так и как не принадлежащая экстенционалу одного и того же понятия. В рамках одного проблемного языка такое признается недопустимым. Однако, из-за того, что каждый проблемный язык предназначен для описания предметной области, структурированной по другому, возможно появление выражений на разных проблемных языках, которые формально взаимно противоречивы.

Следует заметить, что используемое определение противоречивости несколько отличается от принятого в математической логике. Специфика этого определения обусловлена тем, что рассматриваемый универсум имеет большую общность, чем универсум математической логики. Более того, с последним не совпадает и включает последний в качестве своего фрагмента (частного случая).

Для обоснования данного выше определения противоречивости, следует заметить, что «в сознании нет отрицательных функций. Не видеть чего-нибудь – это значит видеть что-нибудь другое или это значит слышать, думать, чувствовать что-нибудь определенное... Только если в действительной картине предмета есть признаки, которые исключают ожидаемую картину, я могу сказать, что ожидаемой картины действительно нет. Таким образом, отсутствие только тогда может служить основанием для отрицательного суждения, когда оно сводится к несовместимости» [21].

В итоге, существует некоторый общий принцип, выражающий фундаментальное свойство мышления, частным проявлением которого является, в том числе, и логический закон противоречия – принцип несовместимости. Формулировка этого принципа, заключающаяся в том, что невозможно мыслить некоторую сущность, которая в одной и той же степени принадлежит, и одновременно не принадлежит одному и тому же понятию, положена в основу используемого определения противоречивости. В частности, для понятия логической истины могут существовать сущности (высказывания), которые описаны как принадлежащие, так и как не принадлежащие экстенционалу этого понятия – экстенционалу понятия логической истины. В этом случае имеем противоречие, понимаемое в логическом смысле.

### *3.3. Ситуационное описание*

Решение общей задачи многоаспектного моделирования задается в виде ситуационного описания – совокупности имеющих место фактов (суждений) и решения (свойства решения) стоящей прикладной задачи в форме допустимых для созданного квазиестественного языка выражений (умозаключений). При описании решения используется многоаспектное выражение накопленных относительно проблемной области знаний.

Присутствующая в ситуационном описании потенциальна противоречивость требует некоторых пояснений, связанных с интерпретацией такого описания. На рис. 4 показана взаимосвязь предметной и проблемных областей, корпуса теорий и корпуса моделей с интерпретатором, реализующим многоаспектное моделирование заданной предметной области.

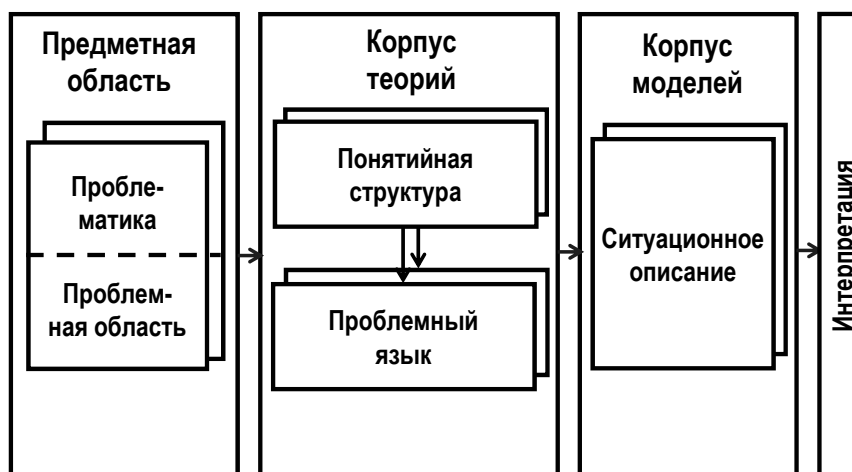


Рис. 4. Интерпретация корпуса моделей

Так как любое ситуационное описание подлежит интерпретации некоторым моделирующим (исполнительным) устройством, то наличие формальных противоречий в различных моделях корпуса не приводит к каким-либо особенностям его функционирования, не свойственным самой моделируемой предметной области.

### Заключение

В отличие от известных методов анализа и формализации крупномасштабных производств, где стараются избегать явных онтологических допущений и мультипроблемных форм выражения прикладных знаний, разработанный подход позволяет ввести и использовать выразительные средства, базирующиеся на формальном аппарате, отражающем наиболее устойчивые механизмы проблемного и понятийного осмысления действительности. В используемой для этого технологии строятся многоаспектные формализованные описания предметной области в виде текста, написанного не на одном, а сразу на нескольких проблемных языках, что необходимо для учета мультипроблемности предметных знаний.

В результате приближения методов формализации прикладных знаний к постановке и решению стоящих прикладных задач следует ожидать повышение выразительности, качества и эффективности формального моделирования крупномасштабных производств.

### Литература

1. Выхованец В.С. Методы анализа крупномасштабного производства. Понятийный анализ и моделирование // Труды III международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем». М.: Институт проблем управления, 2009. С. 308-316.
2. Акофф Р.Л. Акофф о менеджменте. СПб: Питер, 2002. 448 с.
3. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999.
4. Арунянц Г.Г., Рутковский А.Л. Проблемы решения многокритериальных задач оптимального управления // В мире научных открытий. 2010, № 4. [Электронный документ] (<http://bief.ru/wp-content/uploads/2010/04/16.pdf>). Проверено 21.07.2011.
5. Kowalski R A. Algorithm = Logic + Control // SACM. 1979. Vol. 22, No 7.
6. Велчковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания. В 2-х томах. М.: Академия, 2006.
7. Кейслер Г., Чен Ч. Теория моделей. М.: Мир, 1977.
8. Непейвода Н.Н. Неформализуемость как логическая характеристика жизни // Электронный журнал Logical Studies. 2008. [Электронный документ] (<http://logic.ru/ru/node/149/>). Проверено 21.07.2011.
9. Выхованец В.С. О существенной неполноте формального метода // Сборник трудов международной междисциплинарной научной конференции «Философия, математика, лингвистика: аспекты взаимодействия». СПб.: Международный институт им. Эйлера, 2009. С. 56-72.
10. Карнап Р. Значение и необходимость. М.: Мир, 1959.
11. Выхованец В.С. О понятии понятия // Труды VIII Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». М.: ИПУ, 2011 (в печати).

Труды Пятой Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2011). – М.: ИПУ, 2011. – С. 158-170.

12. *Выхованец В.С.* Математическое моделирование систем на основе языковой формализации результатов понятийного анализа // Материалы международной конференции «Математическая теория систем» М., 2009. С. 56-61.
13. *Выхованец В.С.* Методы анализа крупномасштабного производства. Понятийный анализ и моделирование Труды III Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2009). М.: ИПУ, 2009. – С. 308-316.
14. *Данильян О.Г., Панова Н.И.* Современный словарь по общественным наукам. М.: Эксмо-Пресс, 2005.
15. *Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А. Фомина М.В.* Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: Физматлит, 2004.
16. Новейший философский словарь: 3-е изд., исправл. Мн.: Книжный Дом, 2003.
17. *Кравцов Л.Г.* Методологические проблемы психологического анализа мышления в понятиях // Мат. Первой рос. конф. по когнитивной науке. Казань, Казанский гос. ун-т, 2004. [Электронный документ] (<http://www.ksu.ru/ss/cogsci04/science/cogsci04/sod.php3>). Проверено 21.07.2011.
18. *Выхованец В.С.* Исчисление понятий // Труды VII Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». М.: ИПУ, 2009. С. 31-35.
19. *Выхованец В.С.* Описание семантики контекстно-свободных языков методом математической индукции // НТИ, Сер. 2: Информационные процессы и системы. 2008, № 7. С. 6-14.
20. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
21. *Васильев Н.А.* Воображаемая логика. Избранные труды. М.: Наука, 1989. С. 126-131.