

МЕТОДЫ АНАЛИЗА КРУПНОМАСШТАБНОГО ПРОИЗВОДСТВА. ПОНЯТИЙНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Выхованец В.С.

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

Ключевые слова: крупномасштабное производство, крупномасштабная система, методы анализа систем, понятийный анализ, абстракции понятий, понятийная структура, схемы понятий, синтаксис и семантика понятий, понятийное моделирование.

Введение

Новая информационная технология, применяемая в крупном промышленном производстве, предполагает полный или частичный отказ от уже устаревших подходов организационно-технологического проектирования производственных процессов. В связи с чем все большую роль начинает приобретать понятийный анализ как направление в информационной технологии, с помощью которого строятся и встраиваются в информационные системы понятийные модели различных предметных областей [1].

Основная цель понятийного моделирования – формальная репрезентация накопленных знаний о некоторой предметной области. С понятийным подходом связывают ожидания формализации процессов описания сложных предметных областей, повышения надежности и обеспечения многократности использования формальных моделей в различных областях знания [2].

Настоящая работа посвящена методу изучения и описания предметной области – понятийному анализу. Основная цель понятийного анализа состоит в получении таких формальных моделей предметной области, которые хотя и сформулированы в рамках содержательных представлений, однако обладают строгостью и точностью, достаточной для прямого использования полученного высокоуровневого описания предметной области для низкоуровневой реализации информационных систем.

1. Крупномасштабное производство

Определим предварительно объект, предмет и методы исследования, которые связаны с крупномасштабным производством. В рассматриваемом случае объектом исследования следует объявить совокупность знаний, которые накоплены относительно некоторого крупномасштабного производства, характеризуемого такими отличительными чертами как географическая распространенность, технологическая сложность, значительная роль человеческого фактора, высокая опасность, существенные воздействия на социум и окружающую его среду, и т.п.

В рамках господствующей парадигмы системного подхода¹ крупномасштабное производство необходимо рассматривать как социальную систему, в которой как сама система в целом, так и ее отдельные подсистемы являются целенаправленными. Здесь под целенаправленностью понимается способность системы (подсистемы) иметь и преследовать свои собственные цели, которые могут, к тому же, изменяться, в том числе и при неизменных внешних условиях. Считается, что благодаря целенаправленности такая система (подсистема) способна проявлять волю [3, с. 75]. Таким образом, предметом исследований, соответствующим крупномасштабному производству, является социальная система, являющаяся, в свою очередь, подсистемой другой социальной или экологической системы².

¹ Парадигмами, возникшими исторически ранее и альтернативными системной, являются панпсихизм, проявляющийся в виде витализма, анимизма, гилозоизма; а также механицизм, выраженный в редукционизме, атомизме и детерминизме.

² В отличие от социальной системы, по определению являющейся целенаправленной, как в целом, так и в своих частях, экологическая система в целом не целенаправленна, однако обладает целенаправленными подсистемами [3, с. 41].

Так как результатом любого исследования является некоторая формальная теория, моделью которой является заданная крупномасштабная система, то найдем те специфические методы, которые могут и должны быть использованы при моделировании предметной области системы.

Во-первых, следует признать, что адекватная модель крупномасштабной системы по причине ее социальности не может быть получена в рамках одной или даже нескольких формальных теорий. Последнее следует из таких свойств формальных теорий как неполнота и непополняемость [4, с. 383]. На практике это приводит к тому, что любая научная теория ограничена своей областью применения и даже в этой области, как правило, неполна, т.е. порождает наряду с отличными предсказаниями и неадекватные результаты. Попытки решить проблему неполноты путем расширения существующей теории почти всегда вызывают концептуальную противоречивость, когда «формально непротиворечивые понятия начинают друг другу мешать, а неприятности лавинообразно разрастаться» [5].

Во-вторых, крупномасштабную систему необходимо представлять как совокупность многоуровневых иерархически организованных моделей различных типов, возможно перекрывающихся. В этом случае основной метод анализа основывается на иерархической структуризации предметной области, порождаемой той или иной проблематикой (аспектом рассмотрения, точкой зрения, решаемой задачей). При смене проблематики, как правило, получается другая иерархическая структуризация системы, не совместимая с ранее полученными. Иными словами, крупномасштабная система, в отличие от других систем, требует обязательного использования многоаспектного анализа ее предметной области в соответствии с накопленными о ней знаниями.

Таким образом, основными особенностями, с которыми приходится сталкиваться при моделировании крупномасштабной системы, являются:

- выполнение многоаспектного анализа предметной области;
- многоуровневая иерархическая структуризация системы;
- выявление целенаправленности системы в целом и входящих в нее подсистем;
- большое число понятий, их несогласованность в кругу привлекаемых экспертов;
- потенциальная неполнота и актуальная противоречивость создаваемых моделей;
- необходимость стыковки и согласования моделей различных типов;
- нетривиальные средства верификации итоговой формальной модели.

2. Методы анализа

Одной из характерных особенностей анализа крупномасштабной системы является использование множества методов, приводящих к различным типам моделей. Традиционно под анализом понимается процедура мысленного (реального) расчленения целого на составные части, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности [6, ст. Анализ]. По своей сути анализ – это преобразование накопленных знаний относительно некоторой предметной области в точные данные и правила их интерпретации, или, что то же самое, создание некоторой формальной модели.

Исторически развились и сложились как независимые множество методов анализа предметной области, как-то: формально-логический, функциональный, структурный, объектный, концептуальный, понятийный. Однако каков бы ни был метод анализа, он должен отвечать на следующие вопросы:

- каковы приемы выявления в предметной области значимых сущностей;
- какие методы формализации знаний используются;
- какие формы документирования результатов необходимы?

Например, при функциональном анализе значимыми сущностями являются функции и их аргументы, методом формализации – композиция (редукция) функций, а формы документирования – дерево функциональной декомпозиции [7].

При структурном анализе значимыми сущностями являются части, выделяемые в целом, методом формализации – описание функций частей, выполняемое с учетом связей, представляемых входами и выходами, а формы документирования – диаграммы функций, потоков данных, отношений между данными, переходов, состояний [8].

В объектном анализе значимыми сущностями являются идентифицируемые (именуемые) объекты, которые характеризуются своим состоянием и проявляют некоторое поведение, методы формализации – описание функций, изменяющих состояние объектов, а формы документирования – задание связей структуризации, классификации, наследования и ассоциации между объектами, выражаемые диаграммами использования, классов, поведения (состояний, активностей, последовательностей и взаимодействий) и реализации (компонентов и развертывания) [9].

При концептуальном анализе выделяются концепты (предметы) и связывающие их предикаты (отношения), метод формализации – описание концептов на языке исчисления предикатов первого порядка, а формы документирования – семантические сети [10].

В свою очередь при понятийном анализе выявляются сущности предметной области, соотносимые с некоторыми понятиями, рассматриваемыми как имеющими имя, обладающими признаками и переносящими смысл, методы формализации – описание способов выражения понятий (синтаксис) и способов их интерпретации (семантика), а формы документирования – понятийная структура, в которой указываются способы абстрагирования понятий: типизация, обобщение, агрегация и ассоциация [11].

Следует заметить, что каждый следующий метод в приведенном выше списке является развитием и расширением предыдущего. Так функциональный метод базируется на формально-логическом, структурный – на функциональном, объектный – на структурном, и т.д. Отсюда делаем вывод, что наибольшую выразительность следует ожидать от метода понятийного анализа, так как последний является развитием концептуального, и вобрал в себя черты своих предшественников.

3. Понятийный анализ

Проблемную область будем рассматривать как совокупность предметной области и решаемых в ней задач (проблем), где под предметной областью понимается фрагмент реальной (виртуальной) действительности, представляемый некоторой совокупностью принадлежащих ему сущностей.

3.1. Сущности и понятия

Сущность определим как уникальное представление предметной области, воспринимаемое некоторой совокупностью признаков. Признак характеризуется множеством своих проявлений (значений) и имеет некоторую проблемную интерпретацию (семантическую роль). Признаки являются элементарными сущностями, с точностью до которых описывается предметная область.

Понятие представим множеством сущностей, объединенных на основе общности своих признаков. Понятия будем именовать, и задавать схемой, интенционалом и экстенционалом. Имя, или знаковое представление понятия, является языковой единицей, несущей некоторый смысл или обозначающей некоторую конкретную сущность. Схему понятия зададим набором признаков, на которых понятие определено. Интенционал, или содержание понятия, представим набором значений взаимосвязанных признаков, позволяющим отличать сущности, принадлежащие понятию, от других сущностей. Экстенционал, или объем понятия, будем рассматривать как множество сущностей, принадлежащих понятию.

Будем предполагать, что образование новых или выявление уже существующих понятий происходит в процессе изучения предметной области. При этом под углом зрения некоторой проблематики выделяются сущности, которые уже имеют или которым приписываются некоторые имена. Далее множество выявленных сущностей подвергается анализу на предмет установления их сходства и различия. Сходные сущности группируются, в результате чего происходит образование понятий, или наполнение уже имеющихся понятия проблемным содержанием.

3.2. Абстрагирование

Абстрагирование – форма мышления, при которой происходит образование сложных понятий. Известны следующие абстракции [12]: обобщение (специализация), типизация (конкретизация), агрегация (декомпозиция) и ассоциация (индивидуализация). Обобщение и типизация, а также обратные им специализация и конкретизация, выражают общность понятий, проявляю-

щуюся при дифференциации признаков. Агрегация и ассоциация, а также обратные им декомпозиция и индивидуализация, раскрывают интеграцию признаков понятий.

При обобщении происходит порождение нового понятия на основе одного или нескольких подобных понятий, когда порождаемое понятие сохраняет общие признаки исходных понятий, но игнорирует их более тонкие различия. 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 экстенционала понятия-типа узнать ее исходное понятие. Для этого используется множество признаков, называемое ключом. При конкретизации понятия-типа фиксируется одно из типизированных в нем понятий, для чего также 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. 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. 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.

3.3. Понятийная структура

Под понятийной структурой будем понимать совокупность понятий, для которых заданы способы их образования (абстрагирования). Носителем понятийной структуры является множество понятий, а ее сигнатурой – множество отображений обобщения, типизации, агрегации и ассоциации [13].

Для задания понятийной структуры предусмотрим выразительные средства для описания способов абстрагирования понятий. Выделенные абстракции рассматриваются как умственные операции, необходимые и достаточные для мысленного выделения и превращения в отдельные понятия тех представлений, которые накоплены относительно формализуемой проблемной области.

Для верификации понятийной структуры требуется проверить вычислимость схем всех входящих в нее понятий. Схемы понятий вычислим по следующей рекуррентной процедуре:

- схема простого понятия состоит из имени этого понятия;
- схема понятия, полученного в результате дифференциации признаков, равна пересечению схем дифференцируемых понятий;
- схема понятия, полученного в результате интеграции признаков, равна объединению схем интегрируемых понятий;
- схема понятия, полученного в результате дифференциации и интеграции, равна объединению схем интегрируемых понятий, принадлежащему пересечению схем дифференцируемых понятий.

Принципиальными отличиями понятийной структуры как формы документирования результатов понятийного анализа от других аналогичных формализмов является:

- отсутствие разделения терминов понятия, сущности, признаки и связи, а использование одного общего термина – понятия, частными проявлениями которого являются сущности, признаки и связи;
- возможность представления ассоциаций как самостоятельных понятий, что позволяет, например, выразить обобщение ассоциативных связей, или ассоциацию обобщаемых сущностей;
- определение понятий, которые одновременно могут быть как обобщением, так и ассоциацией других понятий;
- семантическая прозрачность описания, не требующая для своей интерпретации привлечения предметных знаний.

3.4. Методика понятийного анализа

Понятия, выявляемые в проблемной области, разделим на две группы: сигнификативные, не имеющие признаков и выражаемые непосредственно своими индивидуальными именами, и денотационные, характеризующиеся некоторыми признаками и обозначаемые групповыми именами множеств понятий.

Основными этапами понятийного анализа являются:

- разделение сущностей предметной области на сигнификативные и денотационные;
- означивание сигнификативных сущностей и выявление существенных признаков у денотационных сущностей;
- сопоставление сущностей и определение их общих и различающихся признаков;
- образование новых или определение уже существующих понятий на основе интеграции и дифференциации признаков;
- создание понятийной структуры предметной области путем описания отображений одних понятий на другие;
- уточнение способа абстрагирования понятий (обобщения или типизации, ассоциации или агрегации);
- вычисление схем понятий и задание ключей – для типизации, связей – для ассоциации;
- описание синтаксиса и семантики понятий.

При разделении сущностей на сигнификативные и денотационные используются следующие правила:

- сущности, составляющие объемные понятия, относят к денотационным, а единичные – к сигнификативным;
- часто выражаемые сущности относят к денотационным, редко выражаемые – к сигнификативным;
- сущности, имеющие сложную семантику, относят к денотационным, а простую – к сигнификативным.
- сущности, используемые во множестве контекстов, относят к денотационным, а в одном или нескольких контекстах – к сигнификативным;
- сущности, являющиеся основными носителями смысла относят к денотационным, а вспомогательными – к сигнификативным.

Означивание сигнификативных сущностей осуществляется путем присвоения им индивидуальных имен. Выявление существенных признаков у денотационных сущностей производится путем перечисления тех признаков, которые являются проблемно значимыми.

Сопоставление сущностей и определение их общих и различающихся признаков позволяет выполнить первичную группировку сущностей на основе анализа тождества и различия множества признаков, на которых эти сущности определены.

Образование новых или определение уже существующих понятий осуществляется на основе выявления интеграции и дифференциации признаков у выявленных на предыдущем этапе сущностей. Сравнению подвергаются только те сущности, которые видятся связанными по условию решаемой задачи.

Понятийная структура призвана в формализованном виде отразить результаты понятийного анализа и выражает отображения одних понятий в другие. В случае необходимости производится уточнение способа образования понятий: дифференциальные понятия помечаются как понятия-обобщения или понятия-типы, а интегральные понятия – как понятия-ассоциации или понятия-агрегаты.

3.5. Схемы понятий

Из определения понятия следует, что каждое понятие обладает схемой – набором признаков, или простых понятий, на которых это понятие определено. Однако при задании понятийной структуры определению подлежат только отображения одних понятий в другие. Возникает задача определения схем понятий по понятийной структуре. Вычисление схем понятий используется для верификации понятийной структуры и осуществляется по следующей рекуррентной процедуре:

- схема простого понятия состоит из имени этого понятия;

- схема понятия, полученного в результате дифференциации, равна пересечению схем дифференцируемых понятий;
- схема понятия, полученного в результате интеграции, равна объединению схем интегрируемых понятий;
- схема понятия, полученного в результате дифференциации и интеграции, равна объединению схем интегрируемых понятий, принадлежащему пересечению схем дифференцируемых понятий.

Операции объединения и пересечения схем выполняются с учетом повторения элементов. Требование вычислимости схем понятий является распространением свойства регулярности (фундированности) множеств на понятия. В этом случае вычислимость схем понятий по понятийной структуре гарантирует отсутствие определений понятий через самих себя, что в любой формальной или содержательной теории, претендующей на адекватность, признается недопустимым.

4. Понятийное моделирование

Суть подхода для описания синтаксиса и семантики понятий заключается в том, что для каждого класса задач и в процессе их решения будем создавать свой, присущий только этим задачам специализированный предметный язык, или проблемный язык.

В итоге имеем, что для понятийного моделирования необходимо:

- зафиксировать в предметной области некоторую активную проблематику;
- выполнить понятийный анализ проблемной области и найти ее понятийную структуру;
- создать проблемный язык и описать его семантику;
- привести ситуационное описание проблемной области в виде совокупности имеющих место фактов (суждений);
- записать решение (свойства решения) выделенной проблемы в форме допустимых для созданного языка выражений (умозаключений).

4.1. Синтаксис и семантика

Для описания синтаксиса проблемного языка сигнификативные понятия будем выражать в виде терминальных понятий проблемного языка, денотационные понятия включим во множество нетерминальных понятий проблемного языка, а найденные способы выражения денотационных понятий через другие понятия – денотационные и сигнификативные, преобразуются в языковые конструкции проблемного языка.

Для описания семантики проблемного языка применим метод математической индукции, заключающийся в использовании семантических категорий, которые определяются по мере необходимости, в процессе описания синтаксиса проблемного языка и средствами этого языка. Базу индукции, или первичные семантические категории, объявим с помощью аксиомы и реализуем средствами другой формальной теории, например, пояснениями на естественном языке, или командами целевой вычислительной платформы.

Описание семантики понятий выполним благодаря возможности пополнения множества базовых семантических категорий и наличия механизма определения новых семантических категорий на основе имеющихся. На содержательном уровне это выглядит как использование создаваемого проблемного языка для описания своей семантики. Аналогичное явление наблюдается в естественных языках, названных А. Тарским по этой причине «семантически замкнутыми» [14]. Однако определить семантику внутри замкнутой семиотической системы нельзя. Для этого необходима некоторая внешняя теория – метатеория, на языке которой задается интерпретация форм выражения базовых понятий языка. В естественных языках в качестве такой метатеории используется механизм сопоставления знаков представлениям, лежащий в основе процесса обучения.

Таким образом, описание синтаксиса создаваемого проблемного языка выполним на протоязыке, который имеет фиксированный синтаксис и семантику, минимально достаточные для определения синтаксиса любого проблемного языка и пополнения его множества базовых семантических категорий, а описание семантики проблемного языка выполним на самом проблемном языке.

4.2. Протоязык

Протоязык, или первичный язык³, предназначен для описания синтаксиса и семантики проблемных языков. Рассмотрим формальную грамматику протоязыка:

1	cognition	→	essences [situation] [cognition]
2	essences	→	'(' [notions] ')' notion '(' [notions] ')' [intension]
3	notions	→	notion [alias] notion [alias] [notions]
4	intension	→	sentence sentence [intension]
5	sentence	→	syntax semantics
6	syntax	→	item [axiom] item [axiom] syntax
7	item	→	notion [alias] lexeme
8	lexeme	→	pattern term
9	pattern	→	"" [text] ""
10	term	→	" [text] "
11	text	→	terminal terminal [text]
12	axiom	→	'[[text]]'
13	semantics	→	pragmatic [semantics]
14	pragmatic	→	[aspect] '{' [text] }'
15	situation	→	[aspect] '<' [text] >'

где нетерминальные знаки грамматики обозначены строками над терминальным алфавитом, например, cognition, essences в строке 1, а терминальные знаки заключены в одинарные кавычки, например '(' в строке 2. В квадратных скобках указаны части продукций, которые могут быть опущены, например [situation] в строке 1. Альтернативные правые части правил грамматики разделены вертикальной чертой, например pattern | term в строке 8. Грамматика задана с точностью до пробелов и обозначенных курсивом:

- нетерминальных знаков notion, служащих для выражения определяемых нетерминальных знаков проблемных языков (строка 2);
- терминальных знаков terminal, образующими допустимые языковые выражения проблемного языка text (строка 11);
- синонимов понятий alias, предназначенных для ссылок на понятия абстракций и определяемых языковых конструкций (строки 3, 7);
- имен аспектов aspect, используемых для задания различных прагматик при интерпретации конструкций проблемного языка (строка 14).

4.3. Проблемный язык

На протоязыке определяется проблемный язык, на котором в ситуационной части situation описывается решение прикладной задачи. Для этого знания cognition относительно заданной предметной области представляются как состоящие из описаний ее сущностей essences (строка 1).

Сущностям присваивается имя notion нетерминального понятия определяемого проблемного языка, выражающего денотационное понятие проблемной области, которое задается как дифференциация (первые круглые скобки) и интеграция (вторые круглые скобки) ранее определенных нетерминальных понятий notions (строки 2, 3).

Содержание intension нетерминального понятия notion состоит из предложений sentence, которые служат для выражения синтаксиса syntax предложений, выражающих это понятие в тексте (строка 4).

³ За внешним многообразием естественных языков проступают общие контуры коммуникативной системы человека. Так, во всех языках представлено различие между номинацией (называнием), предикацией (суждением) и дискурсом (умозаключением). Во всех языках есть синтаксис, а между отдельными частями синтаксической структуры усматриваются закономерные корреляции. Все языки имеют средства для выражения прагматических компонентов. Это дает возможность говорить о наличии некоторой универсальной грамматики – общей врожденной подосновы всех реально засвидетельствованных и потенциально возможных языков, или протоязыка

Синтаксис предложения *syntax* задается последовательностью элементов *item*: ранее объявленными понятиями *notion* и лексемами *lexeme* (строки 6, 7). Лексема является терминальным понятием определяемого языка и выражает сигнификативное понятие проблемной области. Для выражения лексем используются как терминальная строка *term*, так и множества терминальных строк, задаваемых на языке регулярных выражений в виде шаблонов *pattern* (строки 8-10).

После каждого предложения *sentence* описывается его семантика *semantics* (строка 5), выражаемая множеством прагматик (строка 13). Каждая прагматика имеет имя *aspect* и выражается в виде текста, построенного по правилам определяемого проблемного языка (строка 14). Результат компиляции текста *text*, заключенного в фигурные скобки, оформляется в виде единицы вызова (императива), используемого интерпретатора (процессора, виртуальной машины, другой системы программирования и т.п.). Если в тексте *text* будет распознано применение предложения *sentence* в контексте *aspect*, то в область кода записывается вызов императива этого предложения с именем *aspect*.

Для описания семантики первичных семантических категорий проблемного языка используется аксиома *axiom* (строка 6). Если аксиома не содержит текста *text*, то в область кода записывается значение, определяемое предыдущим элементом *item*. Если в квадратных скобках находится текст *text*, выраженный на проблемном языке, то в область кода копируется результат его компиляции.

5. Демонстрационный пример

Рассмотрим решение задачи моделирования простой системы на примере устройства, состоящем из двух клапанов с памятью и двух кнопок без памяти [15, с. 544].

5.1. Исходные знания о моделируемой системе

Требуется реализовать устройство управления, которое при нажатии кнопки X1 подает управляющий сигнал на открытие клапана K1. После его открытия по сигналу открытого положения X4 снимается управляющий сигнал с клапана K1 и начинает открываться клапан K2. После его открытия по сигналу открытого положения X6 снимается управляющий сигнал с клапана K2, после чего устройство переходит в устойчивое состояние с открытыми клапанами. В свою очередь, при нажатии кнопки X2 подает управляющий сигнал на закрытие клапана K2. После его закрытия по сигналу закрытого положения X5 снимается управляющий сигнал с клапана K2 и начинает закрываться клапан K1. После его закрытия по сигналу закрытого положения X3 снимается управляющий сигнал с клапана K1, после чего устройство вновь переходит в устойчивое состояние с закрытыми клапанами.

5.2. Результаты понятийного анализа

В результате понятийного анализа установлено, что денотационными сущностями, используемыми при описании задачи, являются сущности понятий Сигнал и Команда. Остальные сущности являются одиночными и могут быть выражены как сигнификативные. В итоге имеем, что для рассматриваемого простого примера понятийная структура проблемной области состоит из двух не связанных между собой денотационных понятий.

5.3. Определение проблемного языка

Далее определим проблемный язык, необходимый для описания работы устройства и соответствующий имеющемуся описанию на естественном языке:

```
1  () ()
2      "'["^"]+" [] "' {}
3  () Сигнал ()
4      'X1' ['push 0201h;']{}      'X2' ['push 0202h;']{}      'X3' ['push 0203h;']{}
5      'X4' ['push 0204h;']{}      'X5' ['push 0205h;']{}      'X6' ['push 0206h;']{}
6  () Команда ()
7      'Открытие K1' ['push 0301h;']{}      'Закрытие K1' ['push 0302h;']{}
8      'Открытие K2' ['push 0303h;']{}      'Закрытие K2' ['push 0304h;']{}
9  () ()
```

```
10      ' ' {mov eax, 100; L1: inc eax; jnz L1;}` ` { , , }  
11      'Выдать' Команда {`pop ebx; mov [ebx], 1;`}  
12      'Снять' Команда {`pop ebx; mov [ebx], 0;`}  
13      'Ожидать' Сигнал {`pop ebx; L2: mov eax, [ebx]; test eax, 0; je L2;`}  
14      'Начало' ['L3: lea eax, L3; push eax;`] "Повторить" ['pop eax; jmp eax;`] {}.
```

В строках 1, 3 и 6 описана понятийная структура проблемной области, состоящая из понятий: пустое понятие, Сигнал и Команда. Для реализации логического управления выберем, например, микроконтроллер на базе процессора Intel 80386. Для порождения исполняемого кода воспользуемся внешней системой программирования – ассемблером целевой вычислительной платформы. Для передачи ассемблеру строк исходного кода (последовательности знаков в апострофах) определим специальное предложение, выражающее пустое понятие (строка 2).

Понятие Сигнал содержит шесть сущностей, которые опишем отдельными предложениями. Семантику этих предложений зададим через аксиому в виде команд целевой платформы, которые заносят в стек адреса соответствующих кнопок и датчиков в адресном пространстве процессора. Аналогичным образом опишем сущности понятия Команда.

Так как технические устройства инерционны, определим выразительные средства для реализации задержек (строка 10). Задержка, равная времени 100 повторений двух команд процесса выражается запятой, а в два раза большая – точкой. Для задания семантики предложения первой задержки использована аксиома, а семантика второй задержки выражена уже на проблемном языке в виде текста, состоящего из двух запятых.

Реализация предложений проблемного языка для выдачи и снятия команд, а также ожидания срабатывания датчиков и нажатия кнопок, тривиальна: из стека извлекается адрес порта команды (датчика, кнопки), после чего выполняются необходимые действия (строки 11-13). Для циклического выполнения команд, порожденных описанием функционирования управляющего устройства, предусмотрено предложение «Начало " Повторить», в котором пустое понятие обозначено двойными одинарными кавычками.

5.4. Ситуационное описание

Заключительная часть решения задачи – перевод описания работы устройства с естественного языка на созданный проблемный язык:

< Начало.

Ожидать X1, Выдать Открытие K1.

Ожидать X4, Снять Открытие K1, Выдать Открытие K2.

Ожидать X6, Снять Открытие K2.

Ожидать X2, Выдать Заккрытие K2.

Ожидать X5, Снять Заккрытие K2, Выдать Заккрытие K1.

Ожидать X3, Снять Заккрытие K1.

Повторить. >

Следует обратить внимание на то, что имеющееся исходное описание работы устройства на естественном языке занимает 709 знаков, а полученная нами модель выражена 726 знаками (551 знак – описание проблемного языка, 175 знаков – ситуационное описание), причем в исходном тексте на естественном языке отсутствует определение синтаксиса и семантики используемого языка, в то время как разработанный проблемный язык задан полностью, точно и однозначно.

Заключение

В работе рассмотрен метод понятийного анализа сложных предметных областей знаний, базирующийся на формальном аппарате, отражающем наиболее устойчивые механизмы понятийного осмысления действительности. Понятийный анализ позволяет на основе фундаментальных абстракций понятий получить формализованное описание предметной области в виде семантически прозрачной формальной спецификации ее понятийной структуры.

В отличие от известных методов анализа крупномасштабных систем, где стараются избегать явных онтологических допущений и адекватных форм выражения прикладных знаний, разработанный подход позволяет ввести и использовать выразительные средства, которые

побуждают исследователя так специфицировать предметную область и описывать решение стоящих задач, чтобы последние имели однозначное и простое выражение, позволяли корректно вносить изменения в разрабатываемые модели, были легко верифицируемы.

Таким образом, в результате приближения методов формализации прикладных знаний к постановке и решению стоящих прикладных задач следует ожидать повышение качества и надежности формального моделирования крупномасштабных систем.

В заключение укажем, что для повышения эффективности понятийного моделирования разработан метод разнесенного грамматического разбора [16], заключающийся в разделении применимости конструкций проблемного языка на две части: контекстное сопоставление, осуществляемое при просмотре текста модели назад, и структурное распознавание, выполняемое при просмотре вперед.

Литература

1. *Мартынюк В.Д.* Понятийные модели как язык общения // Открытые системы. № 6. 1996. С. 66-69.
2. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
3. *Акофф Р.* Акофф о менеджменте. СПб.: Питер, 2002.
4. *Клини С.К.* Математическая логика. М.: Мир, 1973.
5. *Непейвода Н.Н.* Неформализуемость как логическая характеристика жизни // Электронный журнал Logical Studies. 2008. <http://logic.ru/ru/node/149/>.
6. Большой энциклопедический словарь. М.: АСТ, 2008.
7. *Марков Ю.Г.* Функциональный подход в современном научном познании. Новосибирск: Наука, 1982.
8. *Калянов Г.Н.* Консалтинг при автоматизации предприятий (подходы, методы, средства). М.: СИНТЕГ, 1997.
9. *Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А.* Язык UML. Руководство пользователя. СПб.: Питер, 2004.
10. *Sowa J.F.* Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machines. Addison-Wesley Publ. Comp., 1984.
11. *Выхованец В.С., Иосенкин В.Я.* Понятийный анализ и контекстная технология программирования // Проблемы управления. 2005. № 4. С. 2-11.
12. *Гаскаров Д.В.* Интеллектуальные информационные системы. М.: Высш. шк., 2003.
13. *Выхованец В.С.* Исчисление понятий // Тез. докл. межд. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». М., 2007. С. 87-88.
14. *Тарский А.* Введение в логику и методологию дедуктивных наук. М.: Иностранная литература, 1948.
15. *Шальто А.А.* SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука, 1998.
16. *Выхованец В.С.* Разнесенный грамматический разбор // Проблемы управления. 2006. № 3. С. 32-43.