

- [64] Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоиздат, 1981.
- [65] Моисеев Н.Н. Теория управления и проблема «человек – окружающая среда» // Вестник АН СССР. 1980. №1.
- [66] Федосов Е.А. Критические технологии России // Труды Всесоюзной конференции Государственных научных центров. М., 1995.
- [67] Федунов Б.Е. Проблемы разработки бортовых операционных систем для антропоцентрических объектов // Труды РАН. Теория и системы управления. 1996. №5.
- [68] Позняков П.В., Федунов Б.Е. Основы информационной интеллигентности бортовой аппаратуры. М.: МАИ, 1993.
- [69] Федунов Б.Е., Романова В.Д., Юневич Н.Д. Бортовые операционно-советующие экспертные системы на борту антропоцентрических человеко-машинных объектов // Интеллектуальные системы. М., 1996. Т. 1. Вып. 1-4.
- [70] Newell A., Simon H.A. GPS, a Program that Simulates Human Thought // Lernende Automaten / H. Billing (ed.). R. Oldenbourg, Munich, 1961.
- [71] Kohn W. Declarative Control Architecture // Communications of the ACM. 1991. 34. №8.

## О функциональной модели когнитивного процесса

С.С. Магазов

В последнее время значительно возрос интерес к методам обработки плохо структурированных, динамически меняющихся информационных массивов большого объема. Примерами таких массивов могут служить: информационный поток, идущий от устройств непрерывного ввода изображений; базы данных, полученные в результате работы различных систем мониторинга и т.д. Возникает проблема, каким образом сделать большой объем быстроменяющейся информации обозримым для человека.

Классические методы работы с информацией, такие как статистический анализ и распознавание образов, изначально были ориентированы на решение задач обработки данных измерений, имеющих числовую природу. Эти методы не позволяют решать возникшие в информационной технологии проблемы обработки плохо структурированной динамической нечисловой информации. Поиск новых технологий, позволяющих обрабатывать большие объемы динамической информации, становится приоритетной задачей научных исследований, и нет числа научным конференциям, посвященным этим проблемам. Перспективной представляется технология, построенная на идеях эпистемологии и когнитологии, которые предлагают рассматривать информационный массив как своеобразный виртуальный информационный универсум и исследовать его подобно тому, как познается реальный мир. Перенос методов, разработанных в когнитивном моделировании, не может быть осуществлен механически. Моделирование процесса исследования физической реальности и методы исследования информационного универсума как такового имеют существенные различия.

Работа посвящена анализу концепций, разработанных в рамках эпистемологии и когнитологии, с целью разработки модели устройства, осуществляющего обработку и самоорганизацию информации на основе моделирования когнитивного процесса.

## 1. Некоторые концепции познавательного процесса в исторической ретроспективе

Философская традиция рассматривать процесс познания в рамках объектно-субъектной схемы (*объект* ↔ *субъект* и *субъект* ↔ *объект*) уходит в глубь веков. Еще Платон представлял познание как совместную работу чувств и ума. Подробный философско-методологический анализ этой основанной на философии здравого смысла схемы был начат философами Возрождения – Галилеем, Декартом, Бэконом. Эту схему можно по праву назвать *классической*.

Начало современного дискурса о природе познания положили работы эмпириков и философов, придерживавшихся *рационалистской* точки зрения на природу познания. Считается, что идеи эмпириков берут свое начало от Аристотеля, а рационализм продолжает линию Платона в философии. Проблемами этих философских исследований стали *соотношение истины и пользы, границы познавательного процесса, соотношение априорного и индуктивного, роль идей и понятий в познании, место наглядного и теоретического созерцания в познавательном процессе*.

В философии XX века, начиная с работ Б. Рассела, особое внимание стало уделяться роли языка в познавательном процессе, который самостоятельно не рассматривался философами XIX века. Во второй половине двадцатого века предметом философских дискуссий стали биологические предпосылки человеческого познания.

Рассмотрим подробнее схемы познавательного процесса, которые предлагают эти направления исследований.

Парадигма *эмпиризма* утверждает, что основным источником познания является опыт. Например, Локк познание представлял как недетерминированный процесс, использующий следующие операции: сопоставление, установление тождества, операция отношения

*операции определения существования и совместности идей*. В результате этого процесса строятся простые идеи, из которых в свою очередь строятся сложные идеи, то есть идеи, построенные из идей. В рамках этой философской парадигмы лежат методы современной статистики, которая учит получать законы из данных наблюдения за единичными фактами.

Философы Пор-Рояля (Декарт, Лейбниц, Кант) развивали парадигму, которая получила название *рационализм*. Рационализм спорит с тезисами эмпиризма. Доктрина рационализма предполагает, что существуют врожденные (изначальные) универсальные принципы, которые определяют процесс самоорганизации формирования систем понятий и теорий. Внешние предметы, чувственные восприятия как бы пробуждают самодеятельность этих принципов. Так Декарт говорит, что идеи бывают *врожденными, приобретенными из опыта и произведенными в результате интеллектуальной деятельности*, но идеи формируются на основе априорных принципов. В этой связи надо отметить, что когнитивные исследования подтверждают эти гениальные догадки философов рационалистов XVIII века.

В двадцатом веке предметом философского анализа становится роль языка в познавательном процессе. Проблематика, рассматриваемая в эпистемологии до XIX века, в двадцатом веке переносится на уровень языка, а в настоящее время составляет предмет конкретных естественнонаучных исследований, проводимых в когнитологии и искусственном интеллекте. Перейдем к обзору точек зрения на роль языка в познавательном процессе. Рассел и Витгенштейн рассматривают познавательный процесс в рамках схемы «объект ↔ язык ↔ субъект». Процесс познания рассматривается как процесс формирования систем знаний. Материально знания представляются лингвистическими конструкциями, которые можно наблюдать и изучать методами, сходными с методами естественных наук. Знак тождества между живым познанием и комбинаторными по сути лингвистическими процессами ставить, строго говоря, нельзя. Это надо всегда помнить, когда мы говорим о модели лингвистического процесса как о модели познавательного процесса, несмотря ни на какие феноменологические сходства этих моделей с реальными по-

знавательными процессами, и именно так мы просим относиться к построениям, предложенным в данной работе.

Встает вопрос, что является движущей силой процесса познания и как по возможности конструктивно описать его. В философско-методологических исследованиях достаточно подробно рассмотрены схемы формирования знаний на основе индуктивного обобщения. Но это не единственный путь формирования теорий. Движущей силой познавательного процесса также является противоречие. Гегель считал, что противоречие – всеобщий принцип саморазвития. Основным моментом развития является выявление и разрешение противоречий (применение сторон противоречия) при помощи диалектического синтеза. В этой связи уместно вспомнить, что нарушение парадоксов в наивной теории множеств (парадокс Рассела) повлекло разработку аксиоматического подхода в математике. В аксиоматической теории множеств невозможен парадокс Рассела. Опыты А.А. Майкельсона показали ошибочность предположения о существовании эфира, что повлекло существенное изменение физической теории.

В первом случае мы имеем дело с противоречием внутри системы понятий и допустимых правил рассуждения. Во втором случае противоречие возникает между теорией и наблюдением, приоритет наблюдения представляется безусловным. Теоретико-познавательная ценность противоречивых теорий заключается в том, что они стимулируют процесс познания как процесс разрешения противоречия. В советской философско-методологической школе изучались проблемы гипотетико-дедуктивной схемы формирования научного знания [44, 45]. Познавательный процесс, согласно этой схеме, рассматривался как процесс выдвижения и проверки гипотез, которые имеют тесную связь с языком и разрешением противоречий.

## 2. Язык и когнитивный процесс

Принципиальным вопросом для любой современной схемы познавательного процесса является определение в ней места языка. Мы рассмотрим лингвистическую и логическую составляющую позна-

вательного процесса и подробно остановимся на функции естественно-языкового языка как специфического средства моделирования предметных областей.

### 2.1. О месте языка в когнитивном процессе

Наиболее подробный анализ места языка в познавательном процессе дан в рамках аналитической и неопозитивистской философии [39, 8, 9, 36]. Последние исследования по когнитологии [30] экспериментально подтверждают, что процесс познания имеет тесную связь с языковым поведением. Возникло даже новое направление исследований, получившее название когнитивная лингвистика. Выготский так охарактеризовал взаимодействие языка и познавательного процесса. *«Кривые их (языка и познавательного процесса, авт.) взаимодействия многократно сходятся и расходятся, пересекаются, выравниваются в отдельные периоды и идут параллельно, даже сливаются в отдельных своих частях, затем снова разветвляются»* [10, Стр. 87]. Язык является одновременно объектом наблюдения и инструментом наблюдения за процессом мышления. Он дает возможность «материализовать» мыслительный процесс. Витгенштейн определяет предложение как чувственно воспринимаемое выражение мысли.

Сравнительный анализ языков различных народов показал их существенное влияние на когнитивный процесс его носителя. Так Уорф утверждал: следующее: *«Люди, использующие языки с очень сильно различной грамматикой, приходят, как правило, вследствие этой грамматики, к различным наблюдениям и оценкам внешне сходных явлений. Поэтому как наблюдатели они не тождественны и приходят к различным представлениям о мире»*.

Точные исследования выразительных возможностей формальных языков [28] говорят о том, что они существенно зависят от синтаксиса. Так в языках программных логик неверна теорема Ливенгейма-Скулема, в которой утверждается, что если у теории есть бесконечная модель, то есть модель любой мощности. Это лишнее подтверждает мысль Витгенштейна и приведенную выше гипотезу Уорфа.



### 2.3. Теоретико-множественная семантика и механизмы, необходимые для моделирования когнитивного процесса

Рассмотрим возможности языка узкого исчисления предикатов (УИП) и теоретико-множественной семантики (ТМС) как средств моделирования и исследования механизмов становления систем эмпирического и теоретического знания, как было описано выше. Формальные системы наиболее изучены и на их основе разработано множество формальных систем прикладного характера.

1) В ТМС отсутствуют конструкции, которые могли бы моделировать функции общего имени как символа, представляющего класс объектов. Одноместный предикат для этих целей не подходит. Хотя бы потому, что общее имя синтаксически употребляется как имя собственное в естественном языке. Например, оно может выступать в роли субъекта в категорическом высказывании. Предикат, согласно синтаксису УИП, не может быть употреблен как константа или невозможно присвоить его переменной. Относительно него нельзя построить формулу, моделирующую категорическое высказывание, в которой предикат играет роль объекта.

Поппер указывал исключительно важную роль общих имен, утверждая, что в языке все имена по сути общие. Так или иначе, в формализме необходима конструкция для представления общих имен, потому что неотъемлемой составляющей познавательного процесса является введение общих понятий (концептов) и построение суждений о них.

2) В ТМС отсутствует явно определенный механизм, позволяющий строить утверждения о своих конструкциях, то есть механизм самоописания. Парадоксы наподобие парадокса Рассела показали, что самоприменимость понятий может приводить к парадоксам. Это одна из причин, по которой такой механизм не был включен в формальные языки, рассматриваемые в математической логике и искусственном интеллекте. Для когнитивных задач наличие такого механизма необходимо. Его отсутствие не позволяет формализовать рефлексивные рассуждения

которые являются неотъемлемой частью когнитивного процесса. Поэтому необходимо построить формальный язык, который с одной стороны позволял рефлексию, а с другой – не позволял строить хотя бы известные парадоксы. Реализация этого механизма требует отказа от деления на синтаксис и семантику, от деления на выводимость и истинность [25, 26, 27].

3) Естественный язык имеет такую особенность, что позволяет успешно пользоваться и противоречивыми системами знаний. Противоречие – важный момент в когнитивном процессе. Противоречия в системе знаний являются одной из причин ее развития. В ТМС противоречие приводит к коллапсу, поэтому необходимо разработать формальный механизм разрешения противоречий и работы с противоречивыми знаниями.

Проведенный анализ показывает, что в ТМС нет необходимых механизмов, позволяющих моделировать процесс становления и модернизации концептуальной структуры систем знаний.

### 2.4. Теория как система понятий

Проанализируем теорию как систему, построенную из понятий и утверждений. Согласно неопозитивистской концепции любая научная теория имеет концептуальный каркас (систему понятий), который построен из *теоретических* и *эмпирических* концептов (понятий). Он служит основой специального языка, который настроен на описание заданного типа предметных областей. Теория в целом представляет собой особую систему взаимосвязанных концептов и утверждений, имеющих разный гносеологический статус и обладающих относительной самостоятельностью.

Одна из важных функций эмпирического концепта в вещных утверждениях есть репрезентация реального объекта в лингвистической модели. В то же время функция эмпирического концепта не сводится к простому указанию на объект и только. Эмпирический концепт включен в структуру лингвистической модели и функционирует как элемент этой модели. Свойства концепта в этой модели

определяются не только тем, что он обозначает, но и его место в когнитивной структуре.

Проблема теоретического концепта чрезвычайно сложна и многопланова. В 30-е годы представителями Венского кружка сформулирована доктрина, которая получила название доктрины *радикального редукционизма*. Эта доктрина гласила, что любое научное утверждение должно сводиться к совокупности эмпирически проверяемых утверждений, то есть к базисным утверждениям, не обладающие таким свойством, следует относить к области метафизики [17].

Детальный анализ функций теоретических концептов (теоретических конструкторов) показал ограниченность подхода *радикального редукционизма* и его несоответствие с конкретными реалиями языка науки. В современной науке множество терминов, не имеющих онтологических референций, и их нельзя назвать метафизическими. На смену радикальному редукционизму появилась доктрина *ослабленной верифицируемости*. Согласно этому тезису признавать правомерным и обоснованным существование в научных теориях теоретических конструкторов и теоретических терминов, в частности несводимых к наблюдениям.

Теоретический концепт может иметь конвенциональную или теоретическую природу. Пуанкаре, анализируя проблему соотношения восприятия пространства и геометрии Евклида, писал: «Итак, метрические аксиомы являются ни синтетическими априорными суждениями, ни опытными фактами. Они суть условные соглашения (соглашения)...» [35, стр 49]. Особенно наглядна конвенциональная природа математических терминов. Работы по математике, как правило, начинаются с определений. При помощи определений конструируется абстрактная реальность, а потом она становится предметом исследования. Реально функции теоретических концептов в теории более разнообразны. Предложить формальную конструкцию, позволяющую моделировать все многообразие функций теоретического концепта, невозможно и вряд ли это целесообразно для формального логического анализа. Перечислим только некоторые из функций теоретического концепта. Эти функции приведены в несколько упрощенном виде и представляются нам особенно интересными.

Теоретический концепт может, в отличие от эмпирического концепта, указывать на нечто уже зафиксированное опытом, предполагать онтологический объект. То есть теоретический концепт указывает на гипотетические сущности, существование которых не подтверждено опытом. В этом случае говорят об открытом характере теоретического термина.

Теоретический термин может обозначать конвенциональные определения, которые в свою очередь могут задаваться языковыми конструкциями. Это очень важная функция термина. Таким образом термин используется в различных иерархических классификациях.

Инструментальная функция концепта, которая нами уже рассмотрена, то есть функция коротко заменять определение, имплицитно представлять определения или объемы.

- 4) Термин участвует в конструировании объекта при помощи конвенций, основывающихся на анализе научных данных. Эти объекты проявляют себя через наблюдения за приборами. Таким образом определяются или открываются объекты в теоретической физике, их существование не обладает чувственно данной очевидностью.
- 5) Термин как способ задания абстрактного объекта при помощи конвенции. Этот тип использования терминов получил широкое распространение в математике, когда объект определяется аксиоматически.

Деление понятий на эмпирические и теоретические позволяет рассматривать научную теорию как систему взаимосвязанных понятий. Этот подход можно развивать в различных направлениях, например, выявить и классифицировать отношения, в которых могут находиться между собой теоретические понятия. Гораздо интереснее представляется задача выявления универсальных лингвистических механизмов, позволяющих представлять отношения между понятиями различной природы.

Мы в дальнейших рассуждениях будем считать, что теория состоит из *концептуального каркаса*, представляющего понятийную

структуру теории, *описания предметной области* в терминах концептуального каркаса и механизма вывода. Эта точка зрения теории позволит моделировать динамику развития концептуальной структуры системы знаний как циклическую процедуру разрешения противоречий между «*вижу*» и «*знаю*».

### 3. Конвенциональный способ определения концепта

Рассмотрим только конвенциональный способ определения концепта (понятия), который нам представляется наиболее значимым в процессе формирования концептуальных каркасов теорий. Безусловно, конвенции не исчерпывают всего многообразия приемов, используемых в реальной практике формирования понятий. Понятия могут формироваться путем абстракции, по аналогии, через метафоры и т.д. Но эти способы формирования понятий не будут предметом нашего рассмотрения.

Концепт при конвенциональном способе определения задается исключительно в виде дефиниции, которая представляет систему утверждений в некотором языке. Конвенции могут быть как связаны с восприятием, так и быть абстрактными понятиями. Объемы таким образом определенных терминов могут находиться в состоянии, когда дальнейшее их уточнение невозможно или крайне затруднительно, и могут быть нечетко определенными и допускающими дальнейшее уточнение объемами. Рассмотрим два примера.

А. *Группой* называется множество с заданными на нем бинарными и унарными операциями, удовлетворяющими следующим аксиомам: 1)  $ex = x$ ; 2)  $xx^{-1} = e$ ; 3)  $(xy)z = x(yz)$ .

Б. *Орган* – часть организма, построенная из нескольких тканей и выполняющая одну или несколько специфических функций... [46]

Бессмысленным представляется утверждение о том, что данное определение группы является неточным. Невозможно дать более точное определение без пересмотра фундаментальных понятий математики (множество, элемент).

Напротив, несмотря на конвенциональный характер определения

термина «Орган», его объем может уточняться и пересматриваться. Это связано с тем, что термин «Орган» и термины, входящие в его определение, имеют онтологическую референцию. Смена научных парадигм, новые экспериментальные данные могут существенно влиять на семантику термина. Как показано в [24], один из возможных сценариев развития так определенных терминов – это стремление к такому состоянию, когда дальнейшее их уточнение невозможно или крайне затруднительно. Как правило, теоретические понятия из различных областей знания имеют до некоторой степени конвенциональную природу, особенно это характерно для математики. В [9] Витгенштейн утверждает, что любой математический факт имеет чисто конвенциональную природу.

Конвенциональный способ определения понятий позволяет строить иерархические структуры понятий. Принцип *иерархии следующий*: термин находится на более высоком уровне иерархии по отношению к терминам, входящим в его определение. Конвенциональные понятия упрощают процесс коммуникации, являясь маркерами своих определений; в этом и состоит одна из причин широкого распространения такого рода определений в науке.

### 4. Процесс становления теории как лингвистическая и логическая проблема

Мы убедились в том, какое большое внимание в литературе уделяется анализу функций концепта в системе теоретического и эмпирического знания. В гораздо меньшей степени разработана проблема становления теории как системы теоретического и эмпирического знания.

Становление научной теории обычно рассматривается как целенаправленный дискретный процесс. Целью такого познавательного процесса является построение теории, удовлетворяющей набору норм. Нормы могут носить как формальный характер, так и требовать проверки методами, выходящими за рамки формально-логического анализа. Такая точка зрения на природу познавательного процесса позволяет строить его формальные модели. Одна из воз-

можных моделей механизма формирования теории основана на процедуре разрешения противоречий.

#### 4.1. Познательный процесс как процесс становления когнитивной структуры

Опишем схему познавательного процесса, которую положим основу формальной модели.

##### 4.1.1. Концептуальный каркас и когнитивная структура

Поставим перед собой цель подробно описать механизмы естественного языка, позволяющие как описывать динамически меняющиеся наблюдения, так и вводить и оперировать абстрактными понятиями, а также механизмы построения рефлексивных утверждений. Такие языки Тарский [38] называл семантически замкнутыми. Мы будем использовать этот термин. Предыдущий анализ процесса становления теорий показал необходимость такого рода механизмов.

Средствами семантически замкнутого языка можно специфицировать механизм построения модели предметной области как лингвистическую и логическую проблему. Модель предметной области назовем *когнитивной структурой*.

Остановимся более подробно на строении когнитивной структуры. Когнитивная структура состоит из концептуального каркаса, выполняющего функции системы понятий (концептов), и системы утверждений (аксиом), которые должны отражать закономерности, действующие в предметной области. Естественно, формулировки производятся в терминах концептуального каркаса. В когнитивной структуре, следуя неопозитивистской традиции, будут различаться два сорта концептов: *эмпирические* и *теоретические* концепты.

Формально реконструированы будут две функции эмпирического концепта: указание на объект («здесь и сейчас») и функция указания на образ объекта или на его вербальное определение, представленное в концептуальном каркасе. Образ, находящийся в памяти

связанный с термином, позволяет сопоставить его с описанием конкретного объекта, полученным через механизмы восприятия.

Смоделируем инструментальную функцию теоретического (концепта) термина, то есть функцию указания (маркировки) определения и указания на множество. Так введенный теоретический концепт позволяет осуществлять экономную организацию информации путем имплицитного представления множеств и определений, позволяет организовывать иерархически устроенные системы определений (концептуальные каркасы теорий). Методологи науки отмечают, что концептуальный каркас многих научных теорий имеет устройство, напоминающее иерархию, где верхние уровни иерархии представляют ее нижние уровни. Далее в когнитивной структуре теоретический термин будет рассматриваться как особый объект, имеющий чисто лингвистическую природу. На множестве теоретических терминов подобно тому, как на онтологических объектах, разрешается определять отношения. Эти отношения могут быть никаким образом не связаны со свойствами объемов входящих в них терминов. Поэтому конструкции когнитивной структуры имеют чисто конвенциональную природу и могут быть введены, вообще говоря, без всяких на то оснований. С другой стороны, механизм введения теоретических концептов не запрещает определить некоторый принцип или нормы, согласно которым его можно определять. Например, можно запретить использовать термины, не связанные с объектами предметной области. Причем можно попытаться сформулировать эти принципы средствами языка когнитивной структуры. Кроме того, при помощи механизма рефлексивных утверждений можно исследовать его роль в построении парадоксов.

Мы ограничимся моделированием только перечисленных функций теоретических и эмпирических концептов, которые, безусловно, не исчерпывают всего списка многообразных функций, выполняемых терминами в естественном языке.

Для моделирования функций эмпирического и теоретического концепта нам будет достаточно механизма концептуального определения.



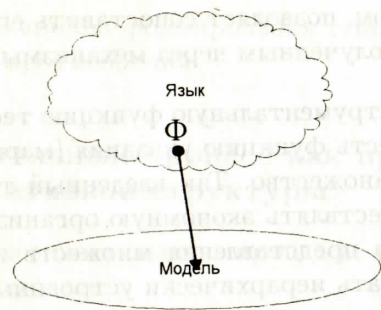


Рис. 1. Схема теоретико-множественной семантики «Язык–Модель»

#### 4.1.2. Двухкомпонентная семантика и параллельная семантика

Представление теории как когнитивной структуры требует работы новой семантики. Начнем с анализа существующих подходов к семантике.

В аналитической философии рассматривается два концептуальных подхода к семантике – феноменологический и логистический. Логистическая семантика, грубо говоря, рассматривается как отношение между именем и референтом, которыми в нашем исследовании будут объекты отношения и свойства. В феноменологии рассматривается система, состоящая из имени, смысла и референта, где смысл – это нечто, позволяющее использовать слова в интеллектуальных процессах, даже если у них отсутствуют референты. Теоретико-множественная семантика Тарского и семантика модальных логик Крипке построены, исходя из логистической концепции.

**Семантика Тарского.** Тарский предложил алгоритм подстановки истинности формул УИП на реляционных моделях. Формула в этой семантике может иметь только одну истинностную оценку, то есть быть истинной или ложной. Для подсчета истинностной оценки необходима только модель. Эта семантика не содержит специальных конструкций, предназначенных для описания динамически меняющихся предметных областей. Хотя, безусловно, смоделировать некоторый образ в рамках этой семантики динамику возможно. Например,

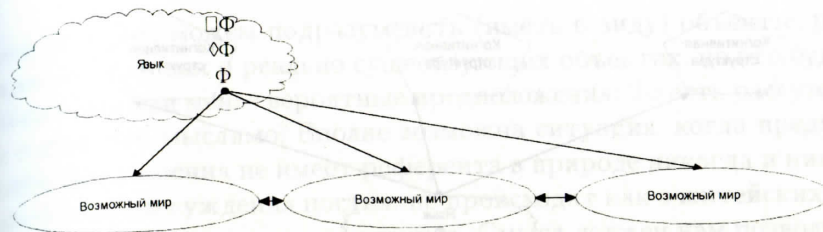


Рис. 2. Схема модельной логики «Язык–модель» (возможные миры и фрейм).

путем определения специального предиката с необходимыми свойствами, например, отношения порядка.

**Семантика модальной логики** дает возможность провести различие между истинностью факта и истинностью закона. Лейбниц – первый, кто подробно исследовал различие между «истиной факта» и «истиной закона (разума)». Закон им понимается как утверждение истинное независимо от конкретного опыта. В то время как «истина факта», конкретно «здесь и сейчас», имеет смысл для данного опыта и может и не являться истиной закона. Ключевой термин этой семантики – «возможные миры» – был введен также Лейбницем.

Формальная семантика модельной логики задается при помощи модели возможных миров. Модель возможных миров отличается от модели Тарского тем, что на ней изначально задана структура (фрейм). Фрейм задается бинарным отношением. Отдельно рассматриваются различные типы бинарных отношений, например, различные отношения порядка, отношение эквивалентности и т.д. Фрейму можно придавать различную содержательную интерпретацию, например, время (темпаральная логика), выводимость; такая трактовка используется в теории доказательств и в теории немонотонных логик. Формальная конструкция, представляющая возможный мир – это либо пропозициональная модель, либо алгебраическая (реляционная) система, как в ТМС.

Фрейм позволяет объяснить семантику модальных операторов. Формула в семантике Крипке, как и в семантике Тарского, может принимать только две истинностные оценки: это либо истина, либо

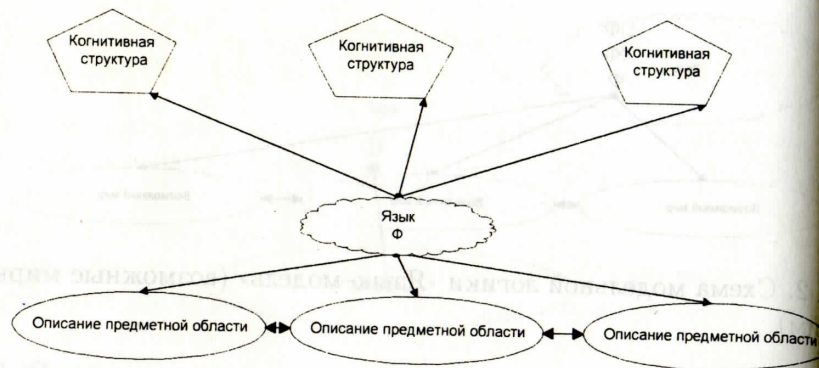


Рис. 3. Схема параллельной семантики. «Описание предметной области (модель)–язык–когнитивная структура (смысл)».

ложь. Модальности позволяют интерпретировать суждения, относящиеся к динамически меняющимся предметным областям. При помощи модальных операторов можно моделировать три возможных отношения формулы к модели (предметной области):

$\varphi$  – истинность факта «здесь и сейчас»,

$\Box\varphi$  – истинность закона «всегда и везде»,

$\Diamond\varphi$  – «когда-нибудь где-нибудь».

Эти оценки для одной и той же  $\varphi$  естественно могут различаться. Семантика модальной логики дала изящный формальный аппарат, который имеет множество приложений. Существует много аксиоматических уточнений действия модальностей.

**Параллельная семантика.** Для того чтобы смоделировать отношение знания к наблюдению недостаточно классической двухкомпонентной семантики, состоящей из модели и языка. Нужен механизм определения истинности суждения в силу знаний, то есть необходимо построить некоторую модель смысла. Существует достаточно много философско-методологических работ, посвященных анализу смысла [21, 17]. основополагающие работы в этом направлении принадлежат Фреге и Гуссерлю (учение о нозмах). Смысл должен позволять фразе быть в некоторых случаях осмысленной, даже если входящие в нее термины не имеют референта в предметной области.

более того, мы можем подразумевать (иметь в виду) объекты, рассуждать о них, как о реально существующих объектах, но это будут только более или менее вероятные предположения. То есть рассуждения о том, что мыслимо. Вполне возможна ситуация, когда предмет нашего рассуждения не имеет референта в природе никогда и нигде. Такого рода рассуждения постоянно происходят как в житейских делах, так и в научных умозаключениях. Смысл должен нам позволить провести различие между *синтетической* и *аналитической истинностью*, как это рассматривается в философско-методологическом подходе.

Когнитивная структура будет третьей коомпонентой в нашей семантической модели. Она существует наравне с предметной областью, поэтому назовем нашу семантику параллельной.

Наша концепция когнитивной структуры позволяет определять посредством имен объекты, не имеющие референта в предметной области, и рассуждать о них. То есть объекты, конституцированные в когнитивной структуре при помощи механизма имен, не обязаны иметь референцию в какой-либо предметной области, или представленный именем объект может существовать, но не «здесь и сейчас», а «где-нибудь и когда-нибудь». Такой подход к семантике позволяет проводить дистинкцию между аналитической и синтетической истинностью, безусловно, в некотором ограниченном, но в точном понимании. В этом смысле можно говорить о когнитивной структуре как о некоторой метафизической компоненте в семантике. Рассуждения, содержащие модальности, можно интерпретировать как рассуждения, основанные на знаниях, а не на наблюдениях, что нам представляется более естественным, чем это сделано в семантике Крипке.

Когнитивная структура требует модернизации понятия истинности в этой параллельной семантике.

В нашей параллельной семантике утверждение будет характеризоваться истинностными оценками, полученными:

- на основе наблюдений «здесь и сейчас», то есть фактуального знания. Эта оценка определяется на основе наблюдений за миром вещей, роль которого в нашей модели будет играть описание предметной области. Эту истинностную оценку назовем

эмпирической истинностной оценкой (синтетической истинностью);

– на основе знаний предметной области. Эта оценка не требует обращения к нелогической действительности и определяется на основе ментальной модели мира вещей, которой располагает субъект. Роль ментальной модели будет играть когнитивная структура. Эту истинностную оценку будем называть, можно было бы и не совсем точно следуя традиции, *аналитической истинностной оценкой*.

Аналитическая и эмпирическая истинностная оценка может принимать значение «неопределенность», что в случае эмпирической истинности будет означать ненаблюдаемость факта, а в случае аналитической истинностной оценки – отсутствие знаний, необходимых для построения оценки суждения.

Истинностные оценки одной и той же формулы могут не совпадать, в этом суть противоречия, наличие которого будет первопричиной всех трансформаций в когнитивной структуре.

Когнитивная структура дает механизм построения рефлексивных утверждений, что в свою очередь делает возможным использовать автономное обращение к предложениям, то есть выражения сами могут выступать именами самих себя. Этот механизм позволяет внутри языка выразить предикат семантической истинности. Предикат семантической истинности определяется следующим образом. Пусть  $p$  – предложение, тогда истинность предложения  $p$  можно выразить следующей формулой: « $p$  тогда и только тогда, когда  $p$ ». Кавычки показывают, что предложение употреблено автономным образом, то есть рассматривается как имя самого себя. Это может приводить к парадоксам, типа парадоксов «парикмахера» или «лжеца».

Параллельная семантика требует построения логического исчисления, которое, как легко понять, будет существенно отличаться от классических исчислений. Задачи логического исчисления для параллельной семантики подобны задачам, решаемым исчислением модальной логики и УИП'е. Как хорошо известно, в этих логиках исчисление позволяет логически выводить формулы, семантически

следующие из теории. Напомним, что семантическое следование формулы  $\varphi$  из теории  $T$  означает, что там, где истинны формулы из  $T$ , там же необходимым образом должна быть истинна  $\varphi$ . В нашем случае семантическое следование должно означать:  $\varphi$  должна быть истинна там, где  $T$  истинна или не определена.

В логическом выводе нашего исчисления необходимо использовать определения из концептуального каркаса. В процессе рассуждений часто происходит переход от термина к его определению и наоборот, такой механизм отсутствует в классическом исчислении.

#### 4.1.3. Нормативные требования к когнитивной структуре

Очевидно, что не любая система понятий и утверждений может быть рассмотрена как теория предметной области. Для большинства естественнонаучных теорий быть теорией предметной области означает способность выполнять ряд прагматических функций. Примером таких функций может быть возможность использовать теорию для дедукции утверждений, согласующихся с наблюдениями, или позволять объяснять и предсказывать события. Содержательные критерии труднопроверяемы, поэтому часто они подменяются определенным набором формальных норм (требований). Нормы должны быть сформулированы так, чтобы их выполнение автоматически гарантировало то, что система знаний могла быть использована как модель предметной области (адекватная или полезная теория).

Перейдем к формулировке норм, которым должна удовлетворять когнитивная структура. Предполагается, что выполнение когнитивной структурой установленных норм гарантирует сформулированные содержательные требования.

Все нормы поделим на две группы – *синтаксические* и *семантические* требования. Синтаксические нормы определяют устройство когнитивной структуры самой по себе, а семантические требования определяют степень ее адекватности предметной области. Выполнение требований норм будет гарантировать то, что когнитивная структура может быть использована в качестве лингвистической модели предметной области. Это значит, что она оптимальна, не противоречит эмпирическим фактам и, используя механизмы дедук-

ции, можно получать информацию о предметной области только на основании когнитивной структуры.

**Синтаксические требования.** Синтаксические требования определяют устройство концептуального каркаса когнитивной структуры.

**Отсутствие циклов в концептуальном каркасе теории.** Из античности пришло в логику требование, которое запрещает определять понятие посредством самого себя. Соблюдение этого условия позволяет организовать концептуальный каркас как иерархию.

**Иерархичность.** Многие научные системы знаний тяготеют к иерархической организации системы понятий. Этот тип организации понятий возникает естественным путем в процессе развития научного знания. Для этого достаточно рассмотреть существующие классификации, используемые в ботанике и медицине. Конструкция в виде иерархии удобна, потому что принцип устройства иерархии прост; иерархия позволяет осуществлять быстрый поиск (как человеком, так и машиной).

Известен ряд принципов, на основании которых строится иерархия. Нас будет интересовать следующий принцип формирования иерархии: концепт находится на более высоком уровне иерархии относительно концептов, входящих в его определение. В этом смысле мы будем рассматривать когнитивную структуру как *иерархическую систему понятий*.

**Пирамидальность.** Потребуем, чтобы количество концептов уменьшалось с увеличением уровня иерархии. Аргументируем это требование. Мы рассматриваем когнитивную структуру как средство экономной организации информации. Поэтому считаем, что роль концептов, имеющих более высокий ранг – представлять в обобщенном виде информацию о концептах более низкого ранга, и поэтому их число должно уменьшаться. Можно построить концептуальный каркас, в котором число концептов растет с увеличением уровня абстракции. В этом случае когнитивная структура перестает выполнять функции экономной организации информации, и мы не считаем ее «правильной». Примеры таких «неправильных» теорий

можно найти без труда.

**Принцип бритвы Оккама для теоретических терминов.**

Любой концепт должен:

– входить по крайней мере в одну из аксиом когнитивной структуры;

– в концептуальном каркасе не должно быть концептов без определений или имеющих пустой объем.

Это требование к концептуальному каркасу должно освободить от «лишних» концептов. Правда, это требование не гарантирует отсутствия синонимов в концептуальной структуре, которые также представляются лишними.

**Непротиворечивость.** Когнитивная структура как дедуктивная система должна быть непротиворечивой.

**Дедуктивная полнота.** Когнитивная структура должна дедуцировать ответ на любой запрос, сформулированный в терминах ее концептуального каркаса. То есть система должна позволять дедуцировать ответ на поставленный вопрос только исходя из знаний, представленных в когнитивной структуре. Невозможность получения ответа будет означать, что необходимо дополнить знания о предметной области.

**Семантические требования.** Следующий список требований определяет, насколько хорошо согласуется теория с эмпирическими фактами.

**Полнота концептуального каркаса эмпирических терминов.** Мы потребуем от концептуального каркаса, что все объекты и отношения из представленного множества предметных областей должны быть названы. Это не означает, что они должны обязательно иметь имена собственные; это означает, что они должны лежать в объеме некоторого эмпирического термина.

**Принцип бритвы Оккама для эмпирических терминов.** Не должно быть эмпирических терминов и связей в концептуальном каркасе которые не имеют референций хотя бы в одной из предметных областей.

**Непротиворечивость аксиом когнитивной структуры с наблюдениями.** Истинность теории будем понимать как отсут-

ствие противоречий между аксиомами, когнитивной структурой фактами наблюдения. Аксиомы и дедуктивные выводы из когнитивной структуры не должны противоречить фактам из предметных областей.

Рассмотренные требования по своим функциям включают требования непротиворечивости и полноты, хорошо известные в теории языка первого порядка. Выполнение требований гарантирует то, что когнитивная структура может быть использована в качестве лингвистической модели предметной области, и это описано удобно и оптимально.

#### 4.1.4. Процесс формирования когнитивной структуры

В нашем исследовании познавательный процесс будет рассматриваться как целенаправленный дискретный процесс становления когнитивной структуры. Подчеркнем, что процесс формирования когнитивной структуры будет рассматриваться как процесс разрешения логических проблем лингвистическими средствами.

Когнитивная структура подвергается трансформации, если нарушены нормативные требования, предъявляемые к ней. Главным требованием является отсутствие противоречия между аксиомами когнитивной структуры (теорией) и фактами, представленными в описании предметной области. Противоречие между когнитивной структурой и описанием предметной области инициирует познавательный процесс, но не детерминирует его, то есть осуществляет лишь гетерономию над познавательным процессом. Недетерминированная природа познавательного процесса является причиной того, что одно и то же противоречие может быть устранено различными путями. В связи с этим возникает проблема выбора между несколькими возможными теориями (когнитивными структурами), которые в равной степени удовлетворяют нормативным требованиям. Этот выбор свободный и на него могут оказывать влияние соображения ненаучного характера, он может зависеть от субъективных взглядов, прагматики политического расклада в научном сообществе и т.д.

В нашей модели познавательного процесса предполагается,

предметная область динамически меняется, поэтому когнитивная структура (теория) также находится в процессе становления. Общая схема процесса становления когнитивной структуры следующая:

Восприятие предметной области → Проверка нормативных требований → Трансформация теории согласно нормативным требованиям → Использование теории как дедуктивной системы для решения практических задач.

Если аксиомы когнитивной структуры противоречат наблюдениям, тогда возможны два пути снятия противоречия.

Во-первых, переформулировать аксиомы.

Во-вторых, изменить или уточнить концепты (понятия) из концептуального каркаса таким образом, чтобы утверждения, оставаясь неизменными по форме, стали истинными. Этот подход сродни спекуляциям опытного юриста, который, не подвергая сомнению закон, подменяет или уточняет нужным образом входящие в него понятия. Этот прием познания имеет и более достойное применение, например, при уточнении классификаций и научных понятий.

Поясним эти ситуации с помощью следующего примера: пусть проведено исследование некоторого множества объектов, входящих в объем концепта **A** и было выяснено, что они все обладают свойством **P**. В результате этого исследования сформулирован закон «Все **A** обладают **P**». Пусть этот закон получен согласно принципу неполной индукции, который широко используется в естественных науках. Пусть был произведен еще один опыт, в результате которого был обнаружен объект, входящий в объем концепта **A**, и в то же время не обладающий свойством **P**. Возникло противоречие с законом. Из этого положения можно выйти следующим образом:

- 1) можно говорить о вероятностном характере закона;
- 2) отвергнуть закон;
- 3) сохранить истинность закона, уточнив объем понятия **A**. Для этого необходимо убрать из объема объект – исключение. Это можно сделать различными путями, например, посредством введения нового понятия **C**, и включить в его объем рассматриваемый объект. Таким образом, удастся спасти универсальную формулировку нашего закона.

Последний способ разрешения противоречия целесообразно использовать, когда исключений мало. Такая схема формирования концептуального каркаса часто используется в эмпирических науках, поэтому она требует подробного изучения.

Рассмотрим две операции трансформации концептуального каркаса: *введение и удаление* определения концепта. Набор этих операций полон в том смысле, что любой концептуальный каркас можно путем применения этих операций преобразовать в любой другой концептуальный каркас. И, безусловно, не полон как набор операций применяемых в реальной познавательной деятельности.

Устранение противоречия через трансформацию концептуального каркаса в большей мере соответствует принципу минимальных изменений по сравнению с изменением законов.

Безусловно, нарушение сформулированных нами нормативных требований не исчерпывает все причины, по которым может происходить трансформация когнитивной структуры, например, если мы получили информацию о неизвестном свойстве известного предмета, то целесообразно изменить определение термина или же ввести новый термин.

## 5. Функциональная схема когнитивной модели

Когнитивное моделирование ставит целью построить модель интеллектуального поведения человека, где деятельность мозга представляется в виде информационной машины. Для спецификации познавательного процесса как информационного процесса используются функциональные схемы, которые напоминают блок-схемы, получившие широкое распространение в кибернетике. Блок-схемы состоят из функциональных блоков, связанных между собой информационными потоками. На настоящий момент разработано большое количество такого рода схем, моделирующих различные познавательные способности человека. Помимо схем для описания когнитивного процесса используются математические модели.

Предметом нашего анализа будет функциональная схема когнитивной модели

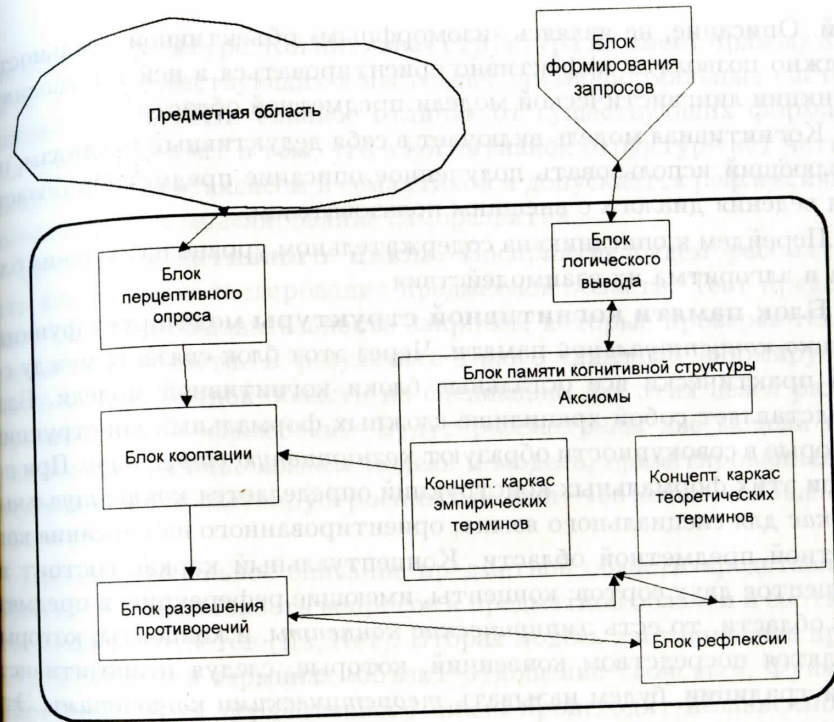


Рис. 4. Функциональная схема когнитивной модели.

Когнитивной модели приведенная на Рис. 4. Познавательный процесс будет представлен как процесс разрешения противоречий между наблюдением за динамически меняющейся предметной областью и абстрактными знаниями о ней. В самом общем виде цель функционирования когнитивной модели можно сформулировать следующим образом: когнитивная модель должна формировать и поддерживать абстрактное описание предметной области не противоречащее наблюдениям абстрактное описание предметной области на специально для этих целей разработанном формальном языке.

Построенное моделью описание предметной области представляет собой систему *понятий* (концептуальный каркас) и конечный набор формул формального языка, использующего этот набор поня-

тий. Описание, не являясь «изоморфным» объективной реальностью, должно позволять эффективно ориентироваться в ней и выполнять функции лингвистической модели предметной области.

Когнитивная модель включает в себя дедуктивный механизм, позволяющий использовать полученное описание предметной области для ведения диалога с внешним пользователем.

Перейдем к описанию на содержательном уровне назначения блоков и алгоритма их взаимодействия.

**Блок памяти когнитивной структуры** моделирует функцию *логико-концептуальной* памяти. Через этот блок связаны между собой практически все остальные блоки когнитивной модели. Он представляет собой хранилище сложных формальных конструкций, которые в совокупности образуют *когнитивную структуру*. Промощи этих формальных конструкций определяется *концептуальный каркас* для специального языка, ориентированного на описание предметной области. Концептуальный каркас состоит из концептов двух сортов: концепты, имеющие референцию в предметной области, то есть *эмпирические концепты*, и концепты, которые вводятся посредством конвенций, которые, следуя неопозитивистской традиции, будем называть *теоретическими концептами*. Формальные конструкции определены таким образом, что позволяют организовывать иерархически устроенный концептуальный каркас. Анализ устройства систем понятий современных научных теорий показывает, что они имеют иерархическую архитектуру. Кроме того, из практики программирования известно, что с точки зрения эффективности организации информации иерархия представляет собой оптимальную конструкцию. С другой стороны, исследования психологов показали, что иерархически организованная информация лучше воспринимается человеком. Когнитивная структура является статической конструкцией, а строится в процессе функционирования модели и выполняет функции лингвистической модели предметной области. На языке, использующем специфический аксиоматический каркас, записываются утверждения о ней.

Конструкции когнитивной структуры позволяют строить утверждения, относящиеся как к предметной области, так и к самой

когнитивной структуре. Когнитивная структура не имеет прямых аналогов среди существующих в настоящее время формальных систем, используемых в ИИ. Главное отличие от существующих формальных систем состоит в том, что в когнитивной структуре нет четкой грани между синтаксисом и семантикой и допускается рефлексивное самоописание и моделирование саморазвития.

**Блок перцептивного цикла.** Восприятие будем рассматривать как процесс тестирования предметной области. Тест представляет собой последовательность запросов, которые проверяются на предметной области. В результате такого «диалога» формируется описание предметной области на специально для этих целей разработанном языке наблюдений. Будут рассмотрены две модели восприятия: *пропозициональная* модель и модель, ориентированная на представление областей, устроенных по типу «объект-отношение-свойство».

Пропозициональное описание предметной области представляет собой последовательность вопросов к предметной области и соответствующих им ответов (Да, Нет). Вторая модель дает описание предметной области в терминах «объект-отношение-свойство». Функционирование блока перцептивного цикла происходит независимо от остальных блоков.

**Блок анализа восприятия.** Здесь описание, полученное из блока перцептивного опроса, сопоставляется с когнитивной структурой. Описание предметной области может противоречить или не противоречить знаниям, представленным в когнитивной структуре. Если нет противоречия, тогда когнитивная структура может выступать в роли лингвистической модели предметной области. Блок дедуктивного вывода использует эту когнитивную структуру для дедукции запросов. В случае обнаружения противоречия устанавливаются причины его возникновения. Для этих целей производится анализ аксиом когнитивной структуры. Далее информация передается в блок разрешения противоречий.

**Блок разрешения противоречий.** Этот блок ответственен за разрешение обнаруженных противоречий между когнитивной структурой и описанием предметной области. Модель работает в рамках предположения, что описание предметной области – более

надежный источник информации о предметной области, чем информация, представленная в когнитивной структуре. Поэтому попытка устранить противоречие делается путем трансформирования когнитивной структуры. Возможно множество путей разрешения противоречий, например, отказ от аксиомы или ее модернизация. В когнитивной модели будет рассмотрен только один способ разрешения противоречий, а именно – изменение концептуального каркаса. Мы выделим несколько причин, которые приводят к введению и удалению концепта. Причины могут быть как внешние, то есть инициированные восприятием, так и внутренние, связанные с организацией концептуального каркаса. Разрешение противоречий будет происходить с учетом критериев, которые гарантируют максимальную сохранность накопленных ранее знаний. Естественно, возможна ситуация, когда никакая трансформация концептуального каркаса не сможет устранить противоречие.

**Блок дедуктивного вывода.** На основе когнитивной структуры будет осуществляться дедуктивный вывод запросов. Для этих целей построена специальная дедуктивная система, которая определяет алгоритм функционирования этого блока. Будет показано, что при соблюдении определенных условий вывод в этой системе корректный. Запросы в блок дедуктивного вывода поступают из блока запросов.

**Блок рефлексии.** Устройство когнитивной структуры должно соответствовать определенному набору критериев, выполнение которых гарантирует эффективность и валидность его по отношению к предметной области. Этот блок ответственен за то, чтобы когнитивная структура удовлетворяла набору нормативных требований. Таковыми являются непротиворечивость, иерархическое устройство концептуального каркаса и т.д. Критерии являются «внешними» и могут быть изменены когнитивной моделью в процессе ее функционирования. Они гарантируют, что когнитивная структура может рассматриваться как лингвистическая модель предметной области. Операции по поддержанию когнитивной структуры в «хорошем состоянии» будут теми же, что и операции по разрешению противоречий, и будут заключаться, по сути, в введении и удалении концептов. Используя фразеологию когнитивной психологии, функцию

можно назвать поддержанием психологической реальности средствами самой психологической реальности.

**Блок запросов.** Цель работы когнитивной модели – не только сформировать описание предметной области, но и уметь отвечать на запросы. Интерфейс модели с пользователем осуществляется через блок запросов.

В общих чертах опишем цикл функционирования когнитивной модели.

Блок перцептивного опроса, взаимодействуя с предметной областью, готовит ее описание на языке наблюдений. Сформированное описание попадает в блок анализа восприятия. В этом блоке выявляются противоречия между полученным описанием и аксиомами когнитивной структуры.

Если противоречий не обнаружено, то процесс анализа восприятия считается законченным, и когнитивная структура конституируется как модель предметной области.

Если противоречия обнаружены, то блок разрешения противоречий производит трансформацию когнитивной структуры таким образом, чтобы она стала непротиворечивой. Существует множество возможностей осуществления такой трансформации. В процессе устранения противоречий когнитивная структура может трансформироваться таким образом, что перестанет удовлетворять некоторым критериям. Поэтому после устранения противоречий приступает к работе блок рефлексии. Этот блок производит своеобразную оптимизацию когнитивной структуры. После проведенных преобразований будем считать, что когнитивная структура является моделью предметной области, и на запросы из блока формирования запросов через блок дедуктивного вывода система будет делать попытку решить поставленную задачу.

Предложенная концепция когнитивной модели укладывается в классическую «субъект-объектную» схему познавательного процесса. Безусловно, эта модель, ни в какой мере не претендует на полное моделирование рассудочной деятельности. Ценностью предложенной модели является возможность исследовать формально-логическими методами роль противоречия в познавательном процессе и строить автоматические исследователи для ограниченных предметных областей.



## Список литературы

- [1] Cognitive Science. An introduction A Bradford Book. Cambridge Massachusetts, London, England: The MIT Press, 1989.
- [2] Dilworth C. On theoretical terms // Erkenntnis. 1984. Vol. 21. P. 405-421.
- [3] Longacher Ronald W. Concept, Image, and Symbol (the Cognitive Basis Of Grammar) // Cognitive linguistics research. Berlin, 1981.
- [4] Newell, Simon. Human problem Solving. EngWood Clifts, NJ: Prentice Hall, 1972.
- [5] Nilsson Nils. Logic and artificial intelligence // Artificial intelligence. 1991. V. 47. P. 31-56.
- [6] Бугрин М.С., Кузнецов. Уровни теоретичности в естественнонаучном знании // Исследования по логике научного познания. М.: Наука, 1990.
- [7] Виноград Т., Флорес Ф. О понимании компьютеров и познания // Язык и интеллект. М.: Прогресс, 1996.
- [8] Витгенштейн Л. Филосовские работы. Ч. 1. М.: Гнозис, 1994.
- [9] Витгенштейн Л. Филосовские работы. Ч. 2. М.: Гнозис, 1994.
- [10] Выгодский Л.С. Мышление и речь. М.: Лабиринт, 1996.
- [11] Гуссерль Э. Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. М.: Лабиринт, 1994.
- [12] Гуссерль Э. Логические исследования: Прологомены к чистой логике. СПб.: Образование, 1909. Т. 1.
- [13] Даммит М. Истина // Аналитическая философия: становление и развитие. М.: Дом интеллектуальной книги, Прогресс-традиция, 1998.
- [14] Звинглявич В.А. Теоретические структуры знания в неэмпирических версиях западной методологии наук // Вопросы философии. 1996. №6.
- [15] Зинченко А. К программе работы по теме «Схемы и механизмы схематизации в мыследеятельности» // Кентавр. М., 1994. №1.
- [16] Зинченко Э. От классической к органической психологии // Вопросы психологии. 1996. №6.
- [17] Карнап Р. Преодоление метафизики логическим анализом языка // Аналитическая философия: становление и развитие. М.: Дом интеллектуальной книги, Прогресс-традиция, 1998.
- [18] Карри Х. Основания математической логики. М.: Мир, 1969.
- [19] Кейслер Г., Чен Ч.Ч. Теория моделей. М.: Мир, 1977.
- [20] Клини. Введение в математическую логику. М.: Мир, 1972.
- [21] Кюннг Г. Мир как ноэма и как референт. М.: Дом интеллектуальной книги, Прогресс-традиция, 1998.
- [22] Лакофф Дж. Когнитивное моделирование // Язык и Интеллект. М.: Прогресс, 1996.
- [23] Лекторский В.А. Субъект объект познания. М.: Наука, 1967.
- [24] Магазов С.С. О семантической эволюции термина «ОРГАН» // История и компьютер. М.: изд-во МГУ, 1997. №21. С. 107-109.
- [25] Магазов С.С. Имена как способ представления знаний // Логические исследования. М., 1991.
- [26] Магазов С.С. Формальная система, предназначенная для представления иерархически устроенного знания // Вычислительные системы. Новосибирск, 1989. №129.
- [27] Магазов С.С., Лисица А.П. Формализм для представления иерархически устроенного знания // Тезисы Первой Всесоюзной конференции по искусственному интеллекту. Переславль-Залесский, 1988.
- [28] Магазов С.С. Роль детерминизма в языках запросов для  $L, \infty, w$  // Сиб. Мат. Журнал. 1987. Т. XXVIII. №2.
- [29] Малая медицинская энциклопедия / Ред. В.Х. Васильева. 1967. Т. 6.
- [30] Найссер У. Познание и реальность. М.: Прогресс, 1981.
- [31] Остин Д. Истина // Аналитическая философия: становление и развитие. М.: Дом интеллектуальной книги, Прогресс-традиция, 1998.

- [32] Поппер. Логика и рост научного знания. М., 1983.
- [33] Поспелов Д.А. Прикладная семиотика и искусственный интеллект // Программные продукты и системы. 1996. №3. С. 10-14.
- [34] Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
- [35] Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1990.
- [36] Рассел Б. Человеческое познание. Киев: Ника-Центр Вистав, 1997.
- [37] Солсо Р.Л. Когнитивная психология / Пер. с англ. М.: Тривол, 1996.
- [38] Тарский Ф. Семантическая концепция истины и основания семантики // Аналитическая философия: становление и развитие. М.: Дом интеллектуальной книги, Прогресс-традиция, 1998.
- [39] Уайтхед. Избранные работы по философии. М.: Прогресс, 1990.
- [40] Фейс Г. Модальная логика. М.: Наука, 1974.
- [41] Филлмер Г. Эволюционная теория познания. М.: Русский дом, 1998.
- [42] Фон Вригт. Логико-философские исследования. М.: Прогресс, 1986.
- [43] Целищев В.В. Логика существования. М.: Наука, 1976.
- [44] Швырев В.С. Анализ научного познания. Основные направления. М.: Наука, 1983.
- [45] Швырев В.С. Опыт как факт научно-познавательной деятельности. М., 1983.
- [46] Энциклопедический словарь военной медицины / Ред. Е.И. Смирнов. М.: Медлитература, 1948. Т. 22.

## Дискретная математика и математическая физика

В.А. Малышев

Дается неформальный обзор различных связей между дискретной математикой и современной математической физикой. Одна из целей – облегчить специалистам по дискретной математике знакомство с современной математической физикой. Статья представляет собой расширенный вариант доклада на семинаре «Теория автоматов» на механико-математическом факультете МГУ.

### 1. Введение

Философия современного физического метода использовалась уже Демокритом, Платоном и Аристотелем. Мир считался построенным из бесконечно делимых дискретных компонент по законам максимальной симметрии и порядка. Кульминацией этих взглядов в настоящее время является стандартная модель, имеющая поразительное согласие с экспериментом. В ней вещество строится из кварков-фермионов, а три типа сил – электромагнитные, слабые и сильные – переносятся глюонами-бозонами. Однако, именно сейчас, в пике таких воззрений, чувствуется настоятельная необходимость новых идей.

Четкого разграничения дискретной и «непрерывной» (континуальной) математики не существует. Обычно понимается, что непрерывная математика добавляет к дискретной предельный переход. Однако, при таком определении все алгебраические манипуляции относятся к дискретной математике. Это также неудовлетворительно, так как идея симметрии – основа применения алгебры в физике –