



OSTIS-2015

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8:165.1

ПРОБЛЕМА ПОНИМАНИЯ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Тарасов В.Б.

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана»
г. Москва, Россия*

Vbulbov@yahoo.com

Описаны результаты предварительного исследования междисциплинарной проблемы понимания в контексте развития проекта OSTIS, связанного с разработкой искусственных понимающих агентов и других классов когнитивных интеллектуальных систем новых поколений. В этом плане особый интерес представляют сравнительно новые объекты понимания – поведение, действия, ситуации, измерения, и пр. В статье даны некоторые ответы на вопрос, «что такое понимание»?; приведены и проанализированы основные определения понимания. Проведено обсуждение классических концепций понимания, выработанных в герменевтике, семиотике, дидактике, психологии. Систематизированы ключевые категории, относящиеся к пониманию, такие как «значение», «смысл», «ценность», «истина», «интерпретация», «объяснение», «оправдание», прослежены связи между ними. Благодаря рассмотрению ряда характеристик понимания (полнота, отчетливость, глубина, и др.), обоснованы варианты классификации уровней понимания, введена иерархия уровней понимания для автономного робота. С целью раскрытия базовых механизмов понимания сделан краткий обзор интеллектуальных (мыслительных и перцептивных) операций. Главное внимание в работе уделено построению системы гибридных когнитивных микронаук (отличной от канонической системы когнитивистики по Гарднеру), ориентированной на изучение проблемы понимания. Предложены формальные подходы к моделированию понимания на базе абстрактных алгебр и прагматических логик.

Посвящается 20-летию юбилею Кафедры интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: искусственный интеллект; знания; понимание; интерпретация; прагматика; значение; смысл; герменевтика; когнитивная семантика; когнитивная семиотика; когнитивная информатика.

Введение

*Знать – хорошо, а понимать – еще лучше
(П.Ланжевен)*

Кафедра интеллектуальных информационных технологий (ИИТ) БГУИР, основанная 10 января 1995 года, стала первой кафедрой не только в Республике Беларусь, но и вообще на территории СНГ, начавшей подготовку кадров по специальности «искусственный интеллект». За 20 лет работы кафедры ИИТ состоялось уже 15 выпусков специалистов по информатике и искусственному интеллекту, а общее число выпускников приближается к одной тысяче.

Важной исторической вехой международной учебно-организационной деятельности кафедры ИИТ стала организация под эгидой БГУИР и с участием Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ) так называемых Браславских

школ. Эти летние международные школы-семинары по искусственному интеллекту (ИИ) для студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившие ежегодно с 1997 по 2001 г. на Браславских озерах, пользовались большой популярностью не только у научной молодежи, но и у маститых ученых-лекторов школ (см., например, [НИИ,1998]). С одной стороны, представители научной молодежи из разных стран СНГ могли прослушать лекции по актуальным и перспективным проблемам ИИ, пообщаться в неформальной обстановке с ведущими учеными в этой области, задать любые вопросы, обсудить новые идеи. Для некоторых из них это общение дало важный толчок для выбора профессии, связанной с разработкой и применением новых информационных технологий на базе ИИ, перехода к активной преподавательской деятельности. С другой стороны, выступления молодых ученых и совместные обсуждения позволили выявить наиболее способных студентов и аспирантов, привлечь их к научным

исследованиям и разработках, в том числе, в рамках российско-белорусских проектов. Отметим, что большинство нынешних преподавателей кафедры ИИТ – представители ее среднего поколения – были молодыми участниками Браславских школ.

С первых дней существования кафедры ИИТ на ней были развернуты научно-исследовательские работы в области технологий и инструментальных средств для быстрой разработки интеллектуальных систем различного назначения. «Визитной карточкой» кафедры стали теоретические исследования и практические разработки по графодинамическим моделям обработки информации (см. [Голенков, 2012]) и их приложениям. Так по результатам выполнения совместных проектов по линии Российского фонда фундаментальных исследований – Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований была опубликована монография «Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации» [ИОС и ВУО, 2001], причем в состав ее авторского коллектива входили представители ряда ведущих вузов РФ и РБ. По сути, работа над этой книгой стала одной из предпосылок возникновения проекта OSTIS, стартовавшего спустя 10 лет.

Проект OSTIS (Open Semantic Technologies for Intelligent Systems) направлен на создание открытых семантических технологий моделирования и проектирования интеллектуальных систем разных классов. Его цели заключаются в создании массовой, комплексной и легко расширяемой технологии разработки интеллектуальных систем, включающую в себя теоретические и практические, программные и аппаратные аспекты, а также в формировании общей инфраструктуры, обеспечивающей сочетание научной и учебной, инженерной и коммерческой деятельности в области искусственного интеллекта [Голенков, 2013].

Проект OSTIS – это открытый, комплексный проект, включающий в себя: а) создание технологии OSTIS; б) разработку интеллектуальной метасистемы для поддержки проектирования прикладных интеллектуальных систем; в) разработку широкого семейства прикладных интеллектуальных систем по технологии OSTIS. Сегодня не только научная, но и учебная деятельность кафедры ИИТ, в том числе, выбор тем и подготовка диссертаций аспирантами и магистрантами, самостоятельная работа студентов, курсовое проектирование, осуществляются в русле проекта OSTIS.

Один из важных подпроектов общего проекта OSTIS связан с построением семантических интеллектуальных систем (одним из первых этот термин использовал В.В.Мартынов в [Мартынов, 1978], [Мартынов, 2009]), что означает явное включение смысла в формализмы представления информации и знаний. Соответственно, в рамках конференции OSTIS-2014, посвященной 90-летию

со дня рождения профессора В.В.Мартынова, эта проблема была затронута в докладах [Тарасов, 2014], [Ефименко и др., 2014], [Голенков и др., 2014] и пр. Например, в докладе В.В. Голенкова и Н.А.Гулякиной «Структуризация смыслового пространства» были вынесены на обсуждение такие вопросы, как: Что такое смысл? В чем заключаются теоретические проблемы формализации семантики? Каким требованиям должно удовлетворять смысловое представление знаний? Что такое семантическое пространство, и какова его общая структура?

Переход от знаний и смысла к пониманию выступает как естественное расширение подходов классических и семантических интеллектуальных систем в сторону понимающих интеллектуальных систем.

Настоящая работа посвящена системному анализу междисциплинарной проблемы понимания в интересах продвижения по пути к машинному пониманию, т.е. созданию искусственных понимающих агентов, например, «понимающего компьютера» [Winograd et al., 1986], «понимающего робота» (см. раздел 2.4), «понимающей умной пыли» (Comprehensive Smart Dust) или «понимающей интеллектуальной среды» (Comprehensive Ambient Intelligence). С одной стороны, понимание характеризуется как главная цель любого обучения и составляет предмет дидактики. С другой стороны, понимание есть одна из центральных когнитивных способностей человека, поэтому развитие когнитивистского подхода в ИИ предполагает исследование и моделирование различных сторон и операций понимания. Рассмотрение проблемы понимания неотделимо от становления таких новых областей компьютерных наук как когнитивная информатика и когнитивные компьютеры, когнитивные агенты и когнитивная робототехника, когнитивные, гранулярные и мягкие вычисления.

Взаимосвязи между познанием и пониманием являются двусторонними: сама возможность познания и результативность действий человека во многом определяется достигнутым уровнем понимания (предпониманием) [СФС, 2004], но понимание, в свою очередь, сильно зависит от исходных знаний, когнитивных возможностей и структуры языка. В частности, понимание фраз на естественном языке обеспечивается не столько языковыми, сколько внеязыковыми факторами, а прежде всего, предсуппозицией, т.е. предшествующим опытом.

Понимание выступает в качестве предпосылки и необходимого условия общения когнитивных агентов, в частности, коммуникативно-аффективных и коммуникативно-информационных процессов.

В то же время термин «понимание» часто раскрывается с помощью категорий «смысл», «значение» «ценность», «истина» как способность постичь смысл текста или мотивы поведения, определить значение события, установить ценность

сведений, найти истину и т.п. Соответственно, проводят различия между объектными теориями понимания, связанными с установлением значений знаков, и субъектными теориями, в которых ключевую роль играет оценка результатов понимания [Васильев, 1999]. С механизмами понимания тесно связаны понятия «интерпретация» и «объяснение». В качестве атрибутов понимания используются такие слова как «уровень», «глубина», «полнота», «отчетливость», «операция» и пр. [Чудова, 2012].

Все это требует систематизации и критического анализа методов и подходов к изучению понимания, используемых в герменевтике, логике, семантике, семиотике, дидактике, информатике и других научных дисциплинах.

1. Что такое понимание? Краткая подборка определений

Проблема понимания, представляющая собой одну из центральных и наиболее сложных проблем науки в целом и искусственного интеллекта в частности, носит междисциплинарный характер. Объекты понимания многообразны: ими могут быть тексты, сообщения, люди, поведение, события, ситуации, и пр.

Спектр подходов к изучению данной проблемы характеризуется большим разнообразием: так в [Знаков, 1986] выделены методологические, логические, гносеологические, психологические, лингвистические, семантические, коммуникативные аспекты понимания.

Значительная часть различных определений понимания имеет отношение к герменевтике – науке об интерпретации текстов, которая со временем стала рассматриваться как общая методология понимания. Так в «Словаре по логике» [Ивин, 19976] понимание характеризуется как *универсальная операция мышления, связанная с усвоением нового содержания, включением его в систему устоявшихся идей и представлений*.

По сути, такая трактовка понимания как включения новых знаний в прошлый опыт восходит к одному из основателей герменевтики Ф. Шлейермахеру, который считал, что в основе любого понимания лежит соотнесение или сравнение с уже известным. Понимание есть подведение под известное понятие или отнесение понятия к определенной категории.

Это определение понимания близко к идеям операциональной теории интеллекта Ж.Пиаже [Пиаже, 1994], в частности, к понятию «ассимиляции», означающему усвоение нового материала на основе существующих когнитивных структур и схем поведения, а также действия с новыми предметами на основе уже сложившихся умений и навыков. Соответственно Г.Геффдинг считал, что характер понимания определяется качеством узнавания.

Еще одно классическое определение понимания, приводимое в Энциклопедическом словаре по философии [Философия, 2004], представляет собой его оценочную трактовку: понимание – это такая универсальная операция мышления, которая является оценкой объекта (текста, поведения, явления природы) с определенных позиций, на основе некоторого образца, стандарта, нормы, принципа и т.п. Таким образом, данная трактовка является аксиологической, т.е. опирается на теорию ценностей, поскольку любая оценка подразумевает подведение под ценность (или вывод из принятых ценностей и с использованием общих правил).

Аксиологическая концепция понимания опирается на принцип единства понимания и оценки, сформулированный одним из классиков герменевтики В.Дильтеем. В развитие этого принципа «отец-основатель» современной диалогии М.М.Бахтин писал, что безоценочное понимание невозможно [Бахтин, 1979]. Нельзя разделить понимание и оценку: они одновременны и составляют единый целостный акт.

Таким образом, пониматься может все, для чего найден общий образец, т.е. не только тексты, но и действия, поступки, ситуации. Например, в последнем случае двумя базовыми операциями, делающими понимание возможным, являются поиск стандарта оценки (нормы) и обоснование его приложения к конкретной ситуации. Непонимание чаще всего обусловлено необоснованностью, неочевидностью или отсутствием такого стандарта.

Важнейшей познавательной процедурой, способствующей пониманию, является объяснение. Объяснение – это рассуждение, посылки которого содержат информацию, достаточную для вывода из нее описания объясняемого явления. Объяснение связывает объясняемое явление или событие с другими явлениями и событиями реального мира и указывает на закономерный характер этих связей. Объяснение и понимание часто трактуют как две универсальные операции мышления, взаимно дополняющие друг друга [Ивин, 1997а]. Объяснение, рассматриваемое как подведение объясняемого явления под научный закон, пример или общую истину, опирается на описание и обеспечивает понимание, а понимание как подведение под общее правило или стандарт имеет нормативную базу (рисунок 1). При этом оценка уровня понимания вносит свои коррективы в характер объяснения.

Классическим вариантом объяснения является объяснение на *примерах*. Пример принципиально отличается от образца. *Пример* говорит о том, что имеет место в действительности, а *образец* – о том, что должно быть. Иными словами, примеры используются для поддержки описательных суждений, а ссылки на образцы служат как обоснование правил и норм.

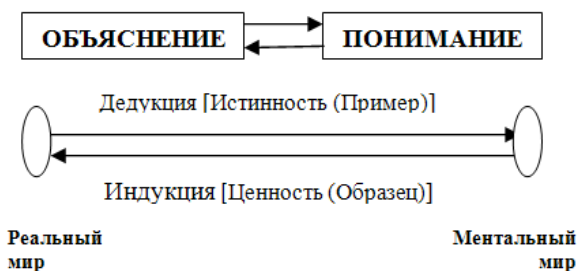


Рисунок 1 – Взаимосвязи и различия между объяснением и пониманием

В то же время, некоторые авторы, например, Г.Х. фон Вригт, указывают на факты нарушения комлементарности этих процедур (например, есть сильное каузальное объяснение вида дедуктивного рассуждения, но нет дедуктивного каузального понимания). По-видимому, это обусловлено тем, что в отличие от объяснения понимание особым образом связано с интенциональностью и задачами интерпретатора [фон Вригт, 1986].

В психологическом словаре [Психология, 1990] **понимание определяется как способность постичь смысл или значение чего-либо с целью достижения полезного результата.** Это выдержанное в традициях психосемиотики определение связывает понимание с процедурами раскрытия реального смысла, с соотношениями между значением, смыслом и ценностью.

Понимание нередко связывают с *рефлексией*. Еще Дж.Локк трактовал понимание как силу мышления, проявляющуюся в рефлексивных действиях ума, а Г.Лейбниц называл пониманием способность обладать отчетливыми идеями, рефлексировать о них, выводить из них разные следствия.

Понимание также рассматривают как процесс постановки и решения мыслительных или практических задач. Согласно Л.Витгенштейну [Витгенштейн, 2009], можно показать свое понимание либо путем перевода из одной системы символов в другую, либо в действиях. Нельзя интерпретировать ни одного языкового явления без перевода его знаков в другие знаки той же системы или в знаки другой системы. Следовательно, понимание подразумевает перевод на другой язык или обращение к метаязыку, т.е. к знакам метауровня. Аналогично понимание некоторого сложного явления или ситуации, как правило, основано на их многомодельном представлении.

Однако помимо символического существует и чувственное понимание, например, *эмпатия*, связанная с вживанием человека в другое «я», или понимание как сопереживание, предполагающее идентификацию эмоций другого человека.

По Б.Спинозе, для развития и углубления понимания нужно располагать специальными инструментами; впоследствии Л.С.Выготский выберет в качестве этих инструментов знаки и назовет их «психологическими орудиями» (см.

[Выготский, 1982]). При этом функции знаков не ограничиваются поддержкой когнитивных и коммуникативных механизмов понимания; они также выступают как социальные регуляторы человеческого поведения.

2. Понимание как междисциплинарная проблема

2.1. Понимание и интерпретация в герменевтике

Наиболее древней наукой о понимании является *герменевтика* – учение об интерпретации текстов, восходящее к комментаторам библейских сказаний. Герменевтика в узком смысле означает толкование текста, разъяснение его содержания и установление его значения. При этом изучаются способы выявления скрытого содержания текста. Поиск такого неявно выраженного содержания происходит в результате обращения к знаниям, имеющим отношение к данному тексту. Цель классической герменевтики – понимание авторского текста во всем содержании, где двумя сторонами содержания являются значение и смысл.

В более широком плане, центральная проблема герменевтики связана с идеей языка и ориентированных на язык понятий, таких как: «значение», интенциональность», «интерпретация», «понимание» [фон Вригт, 1986].

В герменевтике имеются различные мнения по вопросу соотношения между пониманием и интерпретацией. Иногда понимание фактически отождествляется с интерпретацией, трактуемой как корректное истолкование текстового источника. Однако чаще эти категории разводят между собой, причем понимание берется в качестве базиса для всякой интерпретации, или, иначе, интерпретация рассматривается как особый аспект понимания, направленный на смысловое содержание текстов. Если понимание предполагает установление прямого, очевидного, конкретного смысла, то интерпретация охватывает такие операции как выявление скрытого смысла, придание нового смысла, порождение смысла в диалоге. Спутником интерпретации языковых выражений является многозначность (или даже неопределеннозначность по В.В.Мартынову [Мартынов, 2009]). Чем глубже уровень понимания текста, тем более интересные и нетривиальные интерпретации могут возникнуть.

Основной вопрос герменевтики с позиции современного ИИ касается смысла текста. Является ли смысл текста абсолютным и объективным, или его можно определить только в зависимости от исходного контекста и позиции интерпретатора? Иными словами, можно ли говорить о смылосодержании текста как замкнутой системы или смысл возникает только при взаимодействии «текст-интерпретатор-среда»?

Для рационалистической, объективистской школы герменевтики, опирающейся в первую

очередь на идеи Ф.Шлейермахера и В.Дильтея, текст имеет смысл независимо от интерпретации. Смысл един и объективен, тогда как его интерпретаторы многочисленны и субъективны. Соответственно, цель теорий интерпретации заключается в том, чтобы разработать методы, позволяющие провести объективный анализ того, что уже существует и заложено в тексте. В идеале речь идет о «полной деконтекстуализации» текста.

Напротив, М.Хайдеггер [Хайдеггер,1997] и Х.-Г. Гадамер [Гадамер,1988] ввели представление о «возникающем смысле». У них интерпретатор и интерпретируемое не существуют независимо друг от друга. Каждое прочтение текста или каждое прослушивание речи есть смыслообразование, возникающее в процессе интерпретации. Точнее, это смыслообразование определяется связями между интерпретацией и культурной традицией. В традиции (предании) содержится прошлое, которое постоянно актуализируется и обуславливает предвосхищение, формирование исходного мнения, проверяемого фактами. В этом русле Ф.Шеллинг указывал на бесконечное множество смыслов, заключенных в литературном произведении и заново формирующихся в сознании читателя.

Если у М.Хайдеггера понимание есть способ бытия человека, его отношения к миру, то подход Х.-Г.Гадамера опирается на представление о герменевтическом круге понимания. Отстаивается идея о циклическом нарастании понимания. Общий процесс понимания предполагает развертывание мереологических отношений, т.е. переход от целого к части и обратно к целому. Задача состоит в том, чтобы концентрическими кругами расширять единство понятия смысла. Как уже отмечалось, понимание основано на уже имеющемся у нас знании, но то, что мы знаем, определяется нашими возможностями понимания. В целом, сама идея герменевтического круга связана с рассмотрением единства и взаимообусловленности языка, знания, понимания, объяснения и интерпретации.

Процесс интерпретации запускается конкретной герменевтической ситуацией, когда происходит взаимодействие «горизонтов» текста (в скрытом виде, его автора) и интерпретатора. Горизонты смещаются, ибо изменяются герменевтические ситуации. Интерпретатор расширяет свой горизонт, например, ставя вопросы, и создает условия для понимания. Понимание наступает тогда, когда происходит расширение и слияние горизонтов.

По Гадамеру, именно язык оказывается той универсальной средой, в которой осуществляется понимание. В то же время понимание есть плод действия, поскольку, находясь в герменевтической ситуации, интерпретатор тут же использует каждую порцию добытого им смысла в каких-либо целях.

В русле исследования языковой формы мышления Х.-Г. Гадамер проводит различие между герменевтикой и семантикой. Семантика описывает данную нам языковую действительность, как бы

наблюдая ее извне, благодаря чему стала возможной классификация используемых знаков. Заслуга семантического анализа состоит, прежде всего, в фиксации всеобщих структур языка. Герменевтика же сосредоточена на внутренней стороне этого обращения с миром знаков, в особенности, на таком глубоко внутреннем процессе как речь, которая извне предстает как освоение мира знаков.

Наконец, труды П.Рикера [Рикер,1995] знаменуют дальнейший поворот герменевтики к эпистемологической проблематике. В первую очередь, П. Рикер стремится установить связи между герменевтикой и семантикой. Согласно его эпистемологической программе, герменевтика характеризуется как «семантика многозначных выражений», а понимание всегда опосредуется знаками или символами.

Более того, рассуждения Рикера направлены на преодоление концептуального разрыва между герменевтикой и семиотикой. Всякий знак предполагает существование интерпретатора. Семиотическая коммуникация предполагает совместное участие двух интерпретаторов: как отправителя сообщения (адресанта), так и его получателя (адресата). Их различие заключается в том, что первый осуществляет операцию кодирования, а второй – декодирования. Производя декодирование, адресат должен, прежде всего, уловить целое. Так для адресанта не существует проблемы омонимии, поскольку он знает подразумеваемое под ним значение, тогда как адресат, пока у него нет опоры на контекст, вынужден использовать вероятностные (частотные) или нечеткие оценки.

Итак, в конце XX-го – начале XXI-го века герменевтика, трактуемая в широком смысле как общая теория понимания и интерпретации (текстов, действий, событий, ситуаций и пр.), поистине обрела второе рождение [Мартынов,2009], [Шульга,2002], [Winograd, 1986] и постепенно превращается в «науку-перекресток». Помимо идейного моста между герменевтикой и семиотикой появляются новые течения, такие как «когнитивная герменевтика», «компьютерная герменевтика» «логическая герменевтика» Б.Вольневича, и пр.

2.2. Проблема понимания в семиотике

Как уже отмечалось выше, в качестве исходных терминов для исследования проблемы понимания часто используются категории значения, смысла, ценности, истины... Так еще у П.Абеляра понимание раскрывалось через отношение значения к смыслу, а Э.Гуссерль характеризовал понимание как акт установления значения знака. Главный механизм понимания в процессах коммуникации – переход от знака и значения к смыслу на основе интенции. Налицо семиотические корни понимания: как правило, понимание предполагает опору на знак, а результатом понимания является смысл. Поэтому ниже мы изложим семиотические основы понимания и взаимопонимания.

Семиология (термин Ф. де Соссюра [Соссюр де, 2004]) или *семиотика* (по Дж. Локку и Ч. Пирсу [Пирс, 1999]) есть наука о знаковых системах. Она возникла как самостоятельная дисциплина в XX-м веке, хотя еще Дж. Локк ввел этот термин и писал, что важная задача учения о знаках (семиотики) состоит в рассмотрении природы знаков, которыми ум пользуется для понимания вещей или для передачи своего знания другим. Ранние семиотические идеи восходят к концепции «возможных миров» Г. Лейбница. Один из видных представителей русской школы семиотики Г. Г. Шпет понимал ее как «онтологическое учение о знаках вообще» (см. [Шпет, 1996], [Почепцов, 1998]).

Родоначальники теории знаковых систем исходили из разных предпосылок: так де Соссюр рассматривал ее как науку, изучающую знаковые системы в контексте социальной жизни [де Соссюр, 2004], а Пирс определял ее как логику в самом общем смысле, формальную доктрину знаковых систем [Пирс, 1999]. Однако оба были едины в том, что единицей любой семиотической системы является знак.

Знак – это объект, который представляет или замещает какой-либо другой объект или процесс. Для каждого знака обязательным является наличие двух сторон: означающей (материальной) стороны, воспринимаемой органами чувств, и означаемой стороны – значения, изучаемого в семантике. Так для слов естественного языка означающей стороной является написание слова, а означаемой стороной – само его значение. При этом знаки одной семиотической системы (к примеру, слова русского языка) могут быть означающей стороной для знаков другой семиотической системы (например, математического языка), надстроенной над ними. В целом, установление связи между означающим и означаемым является необходимой предпосылкой любого понимания.

Классификацию знаков в зависимости от вида отношений между означаемым и означающим построили Ч. С. Пирс [Пирс, 1999] и Ч. У. Моррис [Моррис, 1983]. Ими выделены различные типы знаков: изобразительные знаки, указатели и символы. Так знаки, основанные на реальном сходстве между означающим и означаемым, называются *изобразительными (иконическими)* знаками. Действие иконического знака основано на фактическом подобии означающего и означаемого, например, географической карты и местности, ярлыка с изображением принтера и принтера, и т.п. Внутри этой группы Ч. Пирсом различаются образы и диаграммы. У последних отношения между составными частями означающей стороны сходны с отношениями между составными частями означаемой стороны.

Знаки, в которых между означающей и означаемой сторонами устанавливаются отношения смежности, называют *указателями* или *индексами* (например, стрелка-указатель пути к определенному месту). Действие указателей опирается на

ассоциацию по смежности, например, дым есть указатель огня, замедление работы компьютера есть симптом вируса и т.п. Иными словами, в каждый момент времени указатель означает то, на что указывается.

В свою очередь, знаки, в которых отношение между означаемой и означающей сторонами условно, называются *символами*. Здесь связь между означаемым и означающим носит договорный характер: она определяется некоторым (часто неформальным) соглашением.

Превращение иконических знаков в символы соответствует переходу от поверхностного к глубокому пониманию.

Знаки также делятся на собственные и переносные. *Собственные* знаки используют для обозначения вещей, ради которых они изобретены, а *переносные* – тогда, когда сами вещи используют для обозначения чего-либо другого. В этом русле основатель прикладной семиотики Д. А. Поспелов ввел представление о механизме понимания в иерархии знаковых систем [Поспелов, 1970]. На нижнем уровне значениями знаков выступают объекты или предметы реального мира, а к верхнему уровню относятся такие знаки (метазнаки), значениями которых служат знаки семиотической системы нижнего уровня. Путем индукции нетрудно ввести системы знаков любого *k*-го уровня.

Согласно Ч. Пирсу, семиотика предполагает взаимодействие знака, объекта и интерпретатора. Таким образом, семиотический подход предполагает наличие, по крайней мере, трех сторон изучения знаковых систем: синтактики, семантики и прагматики или, иначе, плана выражения, плана содержания и плана значения [Моррис, 1983; Поспелов и др., 1999]. *Синтактика* есть раздел семиотики, который исследует отношения между знаками внутри данной знаковой системы. *Семантика* охватывает сферу отношений между знаками и тем, что они обозначают, а *прагматика* – сферу отношений между знаками и теми, кто ими пользуется. Таким образом, прагматика учитывает требования конкретного адресата сообщения, в то время как у семантики его нет.

Ниже остановимся подробнее на семантических и прагматических аспектах понимания, связанных с исследованием внешних и внутренних отношений в знаках. Семантика как общая теория значения подразделяется на *теорию референции* и *теорию смысла*. В теории референции рассматривают внешнее отношение знаковой формы к объектам реального мира (денотатам), а в основе теории смысла лежит внутренняя связь знаковой формы с соответствующими языковыми значениями и представлениями (смысл или интенционал знака). В первом случае семантическое отношение называют референцией (или десигнацией) знака, а во втором – означиванием (или сигнификацией).

Проблема понимания как соотношения значения и смысла имеет давнюю историю. Значение и смысл – это две ипостаси содержания. Так Г.Г.Шпет [Шпет, 1996] различает значение как указание на содержание выражения и смысл как обозначение предмета в его определенной квалификации.

В соответствии с концепцией значения Г.Фреге [Фреге, 2012], все языковые выражения суть *имена*, т.е. обозначения некоторых внеязыковых объектов (денотатов). Языковое выражение обозначает свой денотат и имеет свой *смысл* – содержание выражения, которое усваивается в процессе его понимания. Денотат и смысл определяют предметное и смысловое значения знака. Смысловая обработка знаков означает конструирование понимающим семантического представления объекта понимания.

Значения знаков можно определять посредством указания их *денотатов* – предметов или ситуаций, которые обозначаются знаками. В общем случае различают денотат и десигнат. Десигнат есть класс мыслимых объектов, к которым применим данный знак, т.е. класс объектов с определенными свойствами. Когда же объект, на который ссылаются, реально существует, он называется денотатом. Класс всех возможных денотатов образует *экстенционал* знака (объем понятия), а его *интенционал* выражает содержание, совокупность мыслимых признаков называемого предмета.

Разные выражения могут иметь один и тот же денотат, но различаться по смыслу. Также выражение может иметь смысл, но не иметь денотата.

Классическим инструментом семиотического анализа понимания является треугольник Фреге (рисунок 2). Здесь определение механизмов понимания сводится к определению связей между именем 1, понятием 2, десигнатом 3 и денотатом 3' (рисунок 2). Соответствующие направленные отношения определяют базовые семиотические операции: 1→2 – описание; 2→1 – обозначение; 1→3 – представление; 3→1 – именование; 2→3 – конкретизация; 3→2 – обобщение.

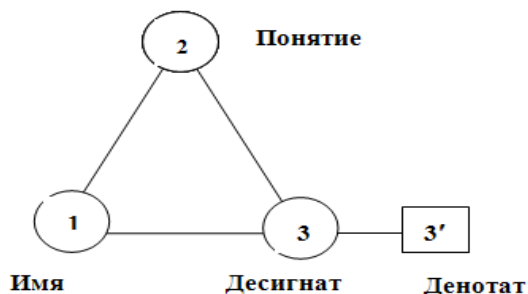


Рисунок 2 – Отношения в треугольнике Фреге

Прагматика – это раздел семиотики, изучающий отношение знаков к их интерпретаторам [Моррис, 1983]. Она охватывает совокупность условий, определяющих использование знака и учитывает влияние контекста на значение и смысл. Здесь слово

«контекст» трактуется в широком смысле как среда коммуникации, обеспечивающая взаимопонимание собеседников. Опора на контекст как фактор взаимопонимания означает пересечение у собеседников их семантических полей и установление определенного уровня абстракции. Потеря контекста приводит к недопониманию, интерпретированию мысли собеседника в ином смысле, нежели тот, который он подразумевает. В настоящее время семиотическая прагматика представляет собой весьма широкую область с нечеткими границами, куда входят такие подобласти как теория речевых актов Остина-Серла, максимы коммуникации Грайса, теория диалоговых сетей и пр. (см. [Тарасов, 2002]).

Согласно Ю.М.Лотману, основными вопросами для любой семиотической системы являются, во-первых, отношение к миру, лежащему за ее пределами, а, во-вторых, отношение статики к динамике [Лотман, 2010]. Динамика семиотической системы наиболее ярко выражена в процессе производства и функционирования знаков, который называется *семиозисом*. Здесь следует вспомнить введенное Ч.С.Пирсом определение семиозиса как постоянного движения знака. Оно лежит в основе общесемиотической концепции Ч.С.Пирса: все входящее в процесс семиозиса становится знаком [Пирс, 1999]).

На наш взгляд, хорошие перспективы в разработке формальных моделей понимания имеют подходы *алгебраической семиотики*, предложенные в работах Дж.Гогена [Goguen, 1999] и В.В. Мартынова [Мартынов, 2009].

Как известно, абстрактные алгебры занимаются изучением свойств алгебраических операций, заданных на множествах произвольной природы, а также алгебраическими структурами (множествами, вместе с алгебраическими операциями, которые удовлетворяют определенным свойствам). Большая часть исследований по абстрактной алгебре посвящены, так сказать, внутреннему устройству алгебраических структур. Однако сегодня активно распространяется и «внешнее» рассмотрение алгебраических структур, когда математики стремятся установить взаимосвязи между отдельными типами алгебраических структур, не определяя операции или элементы структур [Фрид, 1979]. Для этого используются элементы теории категорий, где определяют совокупности объектов и отображений (морфизмов) между ними.

В вышеупомянутых работах по алгебраической семиотике применяются эти взаимодополняющие подходы. Так В.В.Мартынов [Мартынов, 2009] дает алгебраическое представление универсального семантического кода УСК-6 на основе композиции элементарных импликаций и отрицаний соответственно, а также аксиом порождения и преобразования. В то же время Дж.Гоген [Goguen, 1999] рассматривает знаковые системы как алгебраические теории, наделенные некоторой дополнительной структурой, вместе с так

называемыми семиотическими морфизмами, т.е. отображениями алгебраических теорий, частично сохраняющими эту структуру.

2.3. Уровни понимания

В дидактике выявлен ряд основных параметров понимания, к которым относятся глубина, отчетливость, полнота, обоснованность [Коробов, 2005]. Следует отметить, что практически все эти параметры характеризуют элементарное понимание текстов и не затрагивают гештальт-механизмы понимания.

Полнота понимания означает максимальное выявление содержания в усваиваемом объеме информации. Ее определяют как отношение понятых человеком концептов и связей между ними

ко всем имеющимся в объекте понимания концептам и связям. Здесь обычно используют трехзначную прагматику понимания: {полное понимание, частичное понимание, полное непонимание}, хорошо известную педагогам и учащимся. С этой прагматикой связана следующая классификация уровней понимания: 1) возможность презентации (знать – не знаю, а рассказать – что-нибудь расскажу), 2) уровень частичного, рабочего понимания (понимаю все основное, но в общих чертах); 3) уровень полного понимания (понимаю все в мельчайших деталях).

Отчетливость понимания есть степень осмысления атрибутов, связей, ограничений в объекте понимания. Здесь можно взять за основу четырехзначную прагматику: {критическое понимание, интерпретирующее понимание, буквальное понимание, смутное понимание}. Как смутное, так и буквальное понимание текста не обеспечивают его полноценного перевода или адекватной интерпретации. На следующем уровне интерпретирующего понимания возможны: определение причинно-следственных связей, осуществление сравнений, выводов и обобщений, идентификация целей автора. Наконец, на уровне критического понимания производится оценка правдоподобия или качества информации, содержащейся в тексте. В случае перевода с одного языка на другой переводчик, способный работать на уровне критического понимания, может даже улучшить исходный текст.

В свое время, Л.Витгенштейн, чувствуя недостаточность понятия объяснения для развития понимания, ввел также понятия «обоснования» и «оправдания» [Витгенштейн, 2009]. Так утверждение считается оправданным, если оно не может быть отброшенным без того, чтобы не были затронуты другие важные утверждения. Оправдание связано с установлением ценностного отношения между утверждениями некоторой теории и возможно только внутри определенной «познавательной практики». Оправдание предполагает иерархию: в нем участвуют утверждения разных уровней,

причем оправдываемое утверждение относится к более низкому уровню.

В свою очередь, обоснование есть приведение комплекса аргументов или доводов, в силу которых следует принять некоторое утверждение или концепцию. Как и оправдание, оно предполагает проведение ряда мыслительных действий, касающихся не только рассматриваемой гипотезы, но и всей системы утверждений, элементом которой она является. Тогда *обоснованность понимания* – это наличие системы оснований, которые обуславливают уверенность в правильности понимания. Вариантом такого обоснования является непротиворечивость (паранепротиворечивость) системы утверждений, куда входит обосновываемое положение.

В книге [Знаков, 1999] выделены три уровня понимания по характеру мыслительных действий с содержанием понимаемого: 1) понимание-узнавание; 2) понимание-гипотеза, которую надо обосновать или оправдать; 3) понимание-соединение, когда необходимо собрать отдельные фрагменты понимаемого в единое целое.

Глубина понимания характеризуется степенью проникновения в сущность текста, явления или поведения. Глубину понимания обычно связывают с усвоением законов, принципов, правил, метафор, афоризмов, т.е. с тем, что может иметь глубокий смысл.

Несомненный интерес представляет анализ переходов в иерархической структуре DIKW «данные–информация–знания–метазнания» (Data–Information–Knowledge–Wisdom), представленной в координатах «понимание – деятельность» [Ackoff, 1989]. Реализация этих переходов в когнитивных системах предполагает наличие многоуровневых механизмов понимания (рисунок 3): а) понимание как выявление связей между объектами или событиями, б) понимание как поиск и обоснование образцов для выработки нормативного или ситуативного поведения; в) понимание как охват и интерпретация ситуации в целом. При этом понимание как связей, так и правил и образцов обеспечивает формирование целенаправленных действий, а понимание ситуации в целом необходимо для организации деятельности.

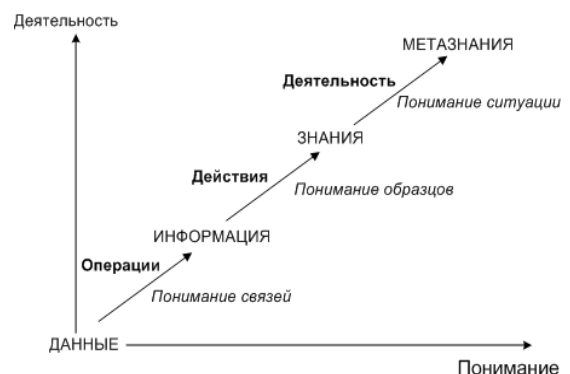


Рисунок 3 –Схема переходов «данные – информация – знания – метазнания» в координатах «понимание – деятельность»

В работе [Поспелов, 1989] выделены шесть уровней компьютерного понимания текстов. Следуя Д.А.Поспелову, мы (совместно с А.П.Калуцкой) построили близкую классификацию уровней понимания для когнитивных роботов.

Когнитивная робототехника есть важная прикладная область современного искусственного интеллекта. Ее задачи связаны с моделированием информационного взаимодействия автономных роботов с плохо определенной (и, чаще всего, экстремальной) внешней средой. Она изучает, как робот получает информацию о внешнем мире, в какой форме он ее представляет, как она хранится в памяти и преобразуется в мнения и знания, и как эти знания влияют на поведение робота. В центре внимания находятся задачи интеллектуального анализа данных и интеграции (комплексирования) информации, снимаемой с различных датчиков, построения системы целостного восприятия информации и формирования знаний об окружающей среде и самом роботе.

Когнитивные роботы обладают хорошо развитой и пополняемой символьной моделью внешнего мира, что достигается благодаря наличию у них, по крайней мере, трех различных источников информации: собственной базы знаний, системы датчиков, и интерфейса с человеком-пользователем на ограниченном естественном языке. При этом важнейшим требованием к такому роботу является обеспечение некоторого уровня понимания ситуации, в которой он находится, что требуется для успешного осуществления интерактивного диалогового управления роботом. Более подробно когнитивные науки будут представлены в разделе 3.

На первом уровне понимания робот, имеющий свою базу знаний, способен отвечать на все вопросы, содержащиеся в полученном им тексте (сообщении), и выполнять свою задачу.

Второй уровень понимания отличается от первого тем, что робот наряду с базой знаний использует также средства рассуждения и планирования действий, т.е., по сути, имеет встроенную экспертную систему.

На третьем уровне понимания сведения из базы знаний и предварительные планы действий дополняются обработкой сенсорной информации, позволяющей роботу соотнести их с реальной текущей ситуацией.

На четвертом уровне понимания в условиях интерактивного диалога с пользователем у робота формируются нормативные модели поведения, типовые сценарии процессов и программы действий, характерных для предметной области

Наконец, верхний пятый уровень понимания подразумевает наличие у робота знаний о человеке или роботе– партнере по взаимодействию, а также пополняемой информации о среде и процессах коммуникации (диалога).

2.4 Механизмы понимания: перцептивные и мыслительные операции

Для осуществления алгебраического подхода к моделированию механизмов понимания надо прежде всего определить состав перцептивных и мыслительных операций, связанных с пониманием. Здесь уместно обратиться к трудам отечественных и зарубежных классиков в области психологии восприятия (И.М.Сеченов, Ф.Кликс, Ж.Пиаже, Ю.М.Забродин, и др.) и психологии мышления (С.Л.Рубинштейн, А.В.Брушлинский, О.К.Тихомиров, и др.).

Предварительно заметим, что понятия операции в абстрактной алгебре значительно отличается от операции в психологии. Так алгебраическая операция на множестве X есть функция $\alpha: X^n \rightarrow X$, где n -арность операции. В приложениях алгебр, чаще всего, используют унарные ($n=1$) и бинарные ($n=2$) операции.

В абстрактной алгебре важную роль играют однотипные структуры. В однотипных алгебрах задана одна и та же система операций. Так, например, кольцо и решетку можно считать однотипными алгебраическими структурами, если в кольце рассматривать в качестве пары базовых операций сложение и умножения, а в решетке – объединение и пересечение. В самом деле, и кольцо, и решетку можно рассмотреть как базовое множество вместе с двумя бинарными операциями. Примером применения абстрактных алгебр в психологии служат группировки Ж.Пиаже [Пиаже, 1994].

В психологии же различают *действия* как единицы деятельности, направленные на достижение определенной цели, и *операции*, т.е. способы выполнения действий, определяемые ситуативно. При этом можно говорить об иерархии мыслительных и перцептивных операций.

В психологии восприятия выделяют четыре типа перцептивных операций или четыре уровня перцептивного действия: *обнаружение*, *различение*, *идентификация* и *опознание*. Первые два относятся к чисто перцептивным, а последние два – к опознавательным действиям.

Обнаружение – исходная фаза развития любого сенсорного процесса, когда субъект просто определяет, есть ли внешний стимул.

Базовая операция восприятия – это *различение*, или, собственно, восприятие. Ее конечный результат состоит в формировании перцептивного образа-эталона. При этом развитие перцептивного действия идет по линии выделения специфического сенсорного содержания в соответствии с особенностями предъявляемого материала и стоящей перед субъектом задачи.

Когда перцептивный образ сформирован, становится возможным опознавательное действие. Опознание включает сличение (сопоставление с образцом) и идентификацию. *Идентификация* есть

отождествление непосредственно воспринимаемого объекта с образом, хранящимся в памяти, или сопоставление одновременно воспринимаемых объектов.

Опознание включает также категоризацию (отнесение объекта к определённому классу объектов, воспринимавшихся ранее) и извлечение соответствующего эталона из памяти.

К числу основных *мыслительных операций*, связанных с пониманием, относятся: сравнение, анализ, синтез, абстрагирование, конкретизация, обобщение, ограничение [Рубинштейн, 1989], [Шадриков, 2006].

Мыслительная операция *сравнения* заключается в сопоставлении предметов и явлений, их свойств и отношений друг с другом с целью выявления сходства или различия между ними. На основе сравнения осуществляются *классификация* и *систематизация*.

По мнению К.Д.Ушинского сравнение есть основа всякого понимания и мышления. Для ясного понимания, какого-нибудь предмета следует найти его отличие от самых сходных с ним предметов и сходство с наиболее отдаленными от него объектами. Только тогда удастся выяснить существенные признаки предмета, т.е. понять его (см.[Рубинштейн, 1989]).

В качестве других первичных мыслительных операций, обеспечивающих исходное, частичное, поверхностное понимание предмета, выступают анализ и ограничение.

Анализ как расчленение целого на составные части позволяет разбить исходную задачу на подзадачи и получить достаточно ясное понимание выделенной подзадачи и частичное понимание общей задачи. В свою очередь, операция *ограничения*, связана с движением от родового к видовому понятию. Происходит переход от понятия с большим объемом к понятию с меньшим объемом, но большим содержанием (например, от понятия «понимание» к понятию «понимание поведения»). Здесь примерами формальных методов служат разбиения объектов на классы (классификации), индуцируемые отношениями эквивалентности, и варианты кластеризации на основе расстояний в пространствах признаков.

В то же время, такие операции как синтез, абстрагирование, обобщение способствуют более полному и глубокому пониманию.

Синтез как мыслительная операция соединения различных частей объекта опирается на отношение сходства и лежит в основе понимания-соединения.

Обобщение –это операция перехода от видового к родовому понятию, т.е. перехода от понятия с меньшим объемом к понятию с большим объемом за счет уменьшения содержания исходного понятия (например, переход от понятия «интерпретация текста» к понятию «интерпретация»). Речь идет о

мысленном объединении предметов или явлений по какому-либо признаку (системе признаков), например, по признаку «операционная структура»).

В частности, обобщение как распространение наблюдаемого факта, явления на другие явления, служит базой для интерпретации. Обобщение может осуществляться с помощью операций группирования.

Наконец, особо важную роль для развития понимания играет операция *абстрагирования*—одна из основных интеллектуальных операций, состоящая в мысленном выделении, вычленении каких-либо важных свойств или признаков изучаемых объектов и отношений между ними и отвлечении от ряда других, второстепенных свойств и отношений. Происходит отсечение единичного, случайного или несущественного для дальнейших шагов работы. Термин *абстракция* означает результат абстрагирования.

Целями операции абстрагирования в плане обеспечения понимания. является поиск общих свойств, отождествление объектов, создание образов и норм. Эта операция играет важную роль в процессе понимания условного смысла, метафор, пословиц и поговорок. Для того, чтобы понять этот смысл, необходимо отвлечься от той конкретной ситуации, которая в них описывается.

Операция *конкретизации* является обратной по отношению к абстрагированию. Конкретизация – это описание деталей, представление чего-то единичного, соответствующего данному понятию. Она всегда выступает как пример или как иллюстрация общего, связывая его с чувственным опытом и способствуя лучшему пониманию. Конкретизация предполагает сжатие информации об изучаемом объекте.

Эти две операции связаны с изменением требований к точности информации и знаний, обеспечивающих процесс понимания. Если абстрагирование предполагает в некотором смысле удаление от изучаемого объекта, рассмотрение его с определенного расстояния, укрупненно, то конкретизация, напротив, означает приближение к исследуемому объекту и выделение его мельчайших деталей.

Абстрагирование служит для построения самых общих и глубоких интерпретаций, тогда как конкретизация используется для понимания текущих ситуаций на базе ранее сформированных общих понятий.

На наш взгляд, решение проблемы понимания на различных уровнях обобщенности или абстрактности тесно связано с развитием теории грануляции информации и концепции гранулярных вычислений [Zadeh, 1997], [Bargiela et al., 2003], [Тарасов, 2014].].

Следует отметить, что в конце 1990-х годов Л.Заде в очередной основополагающей статье «На

пути к теории нечеткой грануляции информации...» определил понятие *гранулы* и заложил основы теории нечеткой информационной грануляции [Zadeh, 1997], а работавший тогда у него в Беркли Т.Лин ввел термин «гранулярные вычисления» и предложил оригинальный подход к построению гранулярных вычислений на основе систем окрестностей [Lin, 1997].

Термин «гранула» происходит от латинского слова *granum*, означающего «зерно». У Л.Заде гранула определяется формально как группа объектов, объединяемых отношениями сходства, близости, неразличимости или функциональности, т.е. отношениями, имеющими, по крайней мере, свойства рефлексивности и симметричности [Zadeh, 1997]. Смысл термина «*гранулярный*» (в частности, интервальный) легко пояснить путем его противопоставления слову «*сингулярный*» (т.е. одноэлементный, одноточечный). Грануляция как способность представления и оперирования информацией и знаниями на различных уровнях детализации представляет собой одно из ключевых свойств понимающих систем. Главными объектами теории грануляции выступают гранулы, уровни, иерархии, гранулярные структуры и соотношения между ними (эти соотношения и отображения между гранулярными структурами выражены стрелками на рисунке 4).

В настоящее время *гранулярные вычисления* позиционируются как новая концептуальная и вычислительная парадигма обработки и понимания информации, а также извлечения и обнаружения знаний. В широком смысле этот термин служит для обозначения различных методологий, теорий, методов, моделей и инструментальных средств, использующих гранулы при решении сложных задач. В них широко используются такие формальные объекты как подмножества, разбиения, покрытия, кластеры, интервалы. Речь идет о построении эффективных моделей вычислений для сложных прикладных областей, в которых имеются большие объемы данных, информации и знаний.

Согласно Ю.Яо [Yao, 2008], гранулярные вычисления можно рассматривать с трех сторон как: 1) философию человеческого мышления; 2) методологию понимания и решения задач; 3) набор антропоморфных методов компьютерного анализа информации.

Типичные содержательные интерпретации гранул – это часть целого, подзадача задачи, ограничение на значение переменной. Отсюда видно, что понятие «гранула» отражает уровень абстрагирования или уровень обобщения в процессе понимания. По сути, теория грануляции информации, направленная на построение иерархии концептуальных гранул и гранулярных структур, с ее операциями перехода от мелкозернистых гранул к крупнозернистым, и обратно (см. вертикальные линии со стрелками на рисунке 4), покрывает почти все ключевые перцептивные и мыслительные операции, рассмотренные выше. Здесь

крупнозернистые структуры соответствуют более высокому уровню абстрагирования и большей глубине понимания, а мелкозернистые структуры отвечают конкретизации и характеризуют более поверхностное, но и более точное понимание.

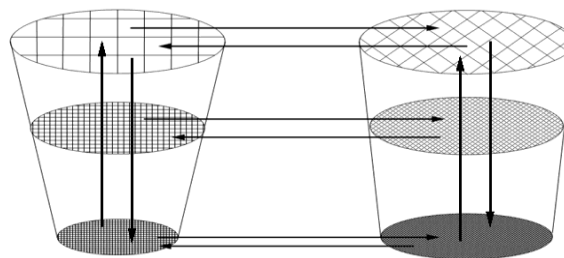


Рисунок 4 – Примеры трехуровневых гранулярных структур и соотношений между ними

3. Гибридные когнитивные микронауки и понимание

В разделах 1.1-1.4 был проведен системный, междисциплинарный анализ феномена понимания, его принципов и механизмов, который опирался на идеи и результаты герменевтики, семиотики, дидактики, психологии мышления. Были также очерчены наиболее абстрактные, алгебраические подходы к моделированию понимания. В то же время понимание есть одна из главных когнитивных способностей человека, и это требует привлечения целого ряда гибридных когнитивных микронаук.

Прежде, чем построить и представить такую когнитивистскую систему, в разделе 3.1. мы совершим краткий экскурс в историю ментализма и когнитивизма.

3.1. От ментализма к когнитивизму: основания когнитивных микронаук

Ментализм – это научная доктрина, согласно которой адекватная характеристика человеческого поведения и самой жизни невозможна без привлечения сознания или психики в целом как «средств объяснения». По сути, ментализм как философия сознания близок к *психологизму*, так как его адепты утверждают, что любые попытки объяснить психические свойства, состояния и процессы путем учета только физических и физиологических аспектов функционирования (как например, в *бихевиоризме*) являются признаком редукционизма, т.е. недопустимым упрощения существа дела. В соответствии с познавательными установками ментализма, для понимания человеческих действий и поступков требуется обращение к ментальным (т.е. описывающим ненаблюдаемый внутренний мир) категориям. Следует отметить, что в отличие от герменевтики, традиционная семиотика, появившаяся в эпоху логицизма и бихевиоризма, оказывается просто пронизанной антиментализмом [Daddesio, 1994].

Одним из современных вариантов ментализма является *когнитивизм*, развивающий трактовку

интеллекта как познания. Истоки когнитивных течений восходят к пониманию роли знаний как ведущего фактора, определяющего эффективность действий человека. Когнитивистский подход в любой области подразумевает исследование жизненного цикла знаний.

В то же время когнитивистский взгляд на психику предполагает выделение разнородных *когнитивных единиц–когнитонов*, характеризующих познание разных сторон психики – собственно ее когнитивных механизмов, а также отражение, компонентов организационной, коммуникативной, интенциональной подсистем. Когнитон – это общий термин для когнитивного описания поведения агента. Он был введен с целью единого представления семейств ментальных единиц, которые лежат в основе динамических структур человеческого интеллекта. Возникает проблема *инженерии когнитонов* как основы разработки *когнитивных агентов*, а также организации их взаимодействия и обеспечения взаимопонимания (подобно тому, как инженерия знаний лежит в основе разработки классических интеллектуальных систем). Инженерия когнитонов расширяет обычные подходы инженерии знаний, видоизменяя и адаптируя их к проблемам формализации интенциональных свойств агентов (желаний, намерений, обязательств и т.д.).

В книге [Тарасов,2002] описаны когнитоны представления, конативные когнитоны, когнитоны взаимодействия, организационные когнитоны. В число *когнитонов представления* входят знания, суждения, оценки (как логические, так и перцептивные), мнения. В состав *конативных* (интенциональных) *когнитонов* включены цели, предпочтения, стремления, требования, желания, намерения. К *когнитонам взаимодействия* относят запросы и ответы, сведения и решения, аргументы и контраргументы. *Организационные когнитоны* охватывают роли, задачи, нормы, соглашения, обязательства.

3.2. О системах когнитивных наук

В знаменитом отчете Converging Technologies for Improving Human Performance, подготовленном в 2002 г. М.Роко и У.Бейнбриджем во Всемирном центре оценки технологий (WTEC), был введен термин NBIC-конвергенция, означающий построение нового технологического уклада в результате схождение нано-, био-, инфо- и когно-технологий (NBIC по первым буквам областей: *N* -нано; *B* -био; *I*-инфо; *C* -когно). Это объясняет растущий интерес к современной *когнитивной науке*, обеспечивающей теоретическую базу для ускоренной реализации *когнитивных технологий* – пока еще наименее развитого компонента NBIC.

Сегодня когнитивная наука (когнитивистика) есть обширная междисциплинарная область, занимающаяся исследованием процессов познания и когнитивных систем. Она стремится ответить на вопросы, что такое познание и как оно работает,

каковы общие принципы организации и механизмы функционирования мозга. Когнитивистика как синергетическое научное направление объединяет ряд междисциплинарных и гибридных научных областей: обычно в ее состав включают (по Х. Гарднеру) следующие шесть компонентов: теорию познания (эпистемологию), нейрофизиологию (и, вообще, комплекс нейронаук), антропологию, когнитивную и экспериментальную психологию, структурную и когнитивную лингвистику, информатику и искусственный интеллект [Gardner, 1987], [Величковский, 2006] (рисунок 5). Позже в состав когнитивной науки стали также включать седьмой компонент – образование (дидактику).

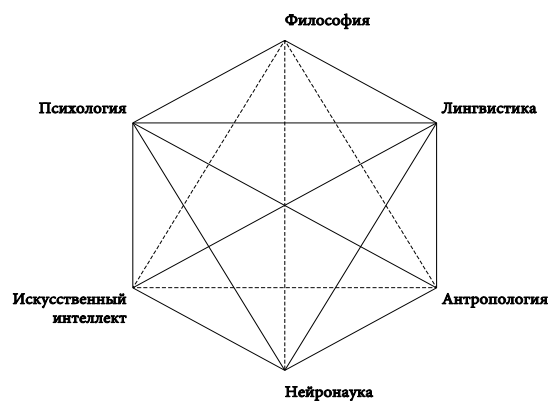


Рисунок 5 – Шестигранник Х.Гарднера: каноническая структура когнитивной науки

На наш взгляд, эта структура когнитивной науки отнюдь не универсальна. В общем случае, ее состав зависит от целей исследования и решаемых задач. В данной статье междисциплинарный подход к пониманию опирается на когнитивный базис, изображенный ниже на рисунке 6. Далее приведем краткое описание ряда гибридных когнитивных микронаук, включенных в состав этого базиса.



Рисунок 6 – Вариант системы когнитивных наук для междисциплинарного исследования понимания

3.3. Когнитивная психология

Когнитивная психология – одна из наиболее старых и развитых когнитивных микронаук, возникшая еще в середине XX-го века. Предмет когнитивной психологии составляют модели познавательных процессов, т.е. модели памяти,

внимания, восприятия, представления, мышления, понимания [Величковский, 2006], [Психология, 1990].

На начальном этапе своего развития когнитивная психология основывалась на «компьютерной метафоре» – аналогии между преобразованием информации в компьютере и познавательными процессами у человека. Возникли информационные теории мышления и интеллекта (см. [Тихомиров, 1984]). По У. Найссеру термин «познание» имеет отношение к любым процессам преобразования, хранения, обработки, сжатия, восстановления, применения информации, ранее поступившей на сенсорный вход.

Одна из важных задач когнитивной психологии заключается в демонстрации решающей роли знаний и механизмов познания в самоорганизации поведения человека. Здесь главным положением является тезис о неразрывной связи сознания и поведения: любая единица поведения, любой поступок регулируются сознанием.

Центральное место в когнитивной психологии занимает вопрос об организации знаний в памяти человека, в том числе, о соотношении вербальных и образных компонентов в процессах запоминания и мышления.

Понимание как ассимиляция рассматриваемого понятия связано с отношением между данным понятием и множеством объектов, атрибутов и значений в долговременной памяти.

В когнитивной психологии понимание включает построение внутреннего представления. Понимание природы агентом зависит от степени развитости у него внутренней модели внешней среды, а понимание поведения собеседника – от наличия и развитости внутренней модели этого собеседника.

3.4. Когнитивная лингвистика

Как это видно из самого названия «*когнитивная лингвистика*», данная научная область постулирует неразрывную связь между *знанием* и языком. При этом язык понимается и как единый механизм познания, и как проявление общей способности человека познавать мир, других людей и самого себя. В когнитивной лингвистике отбрасывается традиционное разделение лингвистики на фонологию, синтаксис, морфологию и пр. Здесь в центре внимания оказывается *когнитивная семантика* [Кузнецов, 2012], [Лакофф, 2004] [Talmy, 2000], связанная с конструированием смысла (концептуализацией) и представлением знаний как концептуальных структур. В ней исследуются соотношения между опытом, познанием и языком. В частности, значение изучается как когнитивный феномен. Ключевое положение теории значения Дж. Лакоффа состоит в том, что значение всегда включает интенциональность и человеческое понимание. Базовым для когнитивной лингвистики является интерпретирующий подход, что сближает ее с герменевтикой.

В результате когнитивной деятельности создается система смыслов, определяющая, что субъект знает и думает о мире («образ мира» у А.Н. Леонтьева). Весьма активно используемая лингвистами внеязыковая категория пресуппозиции оказывается напрямую связанной с моделью мира.

По сути, в когнитивной лингвистике язык рассматривается как средство быстрого доступа к познавательным процессам. При этом изучаются связи отдельных когнитивных процессов и способностей человека с языком и формы их взаимодействия.

Таким образом, одними из главными категорий когнитивной лингвистики являются категории «знания» и «понимание»; при этом исследуются как виды знаний, так и способы их языкового представления. Специалисты по когнитивной лингвистике стремятся понять, как протекают процессы восприятия, классификации, узнавания, осмысления, категоризации, абстрагирования, как происходит формирование и накопление знаний. Одним из главных инструментов познания является языковая коммуникация, связанная с обменом знаниями и обеспечением взаимопонимания.

В последние годы в русле когнитивной лингвистики также развивается «*когнитивная прагматика*» [Schmid, 2012], связанная с изучением роли и особенностей развертывания ментальных процессов в человеческой коммуникации. Если трактовать прагматику как исследование значения в некотором контексте, то когнитивная прагматика охватывает изучение когнитивных принципов и процессов, участвующих в определении контекстно-зависимого значения. Обратим особое внимание на то, что этапы становления и модели языка связаны с развитием его прагматики.

Следует отметить, что при описании процессов коммуникации в русле когнитивной прагматики центральное место занимают понятия «мнение», «обмен мнениями» и «разделяемое мнение», а также соответствующие формальные модели.

3.5. Когнитивная семиотика

Когнитивная семиотика представляет собой сравнительно научную парадигму, сочетающую знаковые и когнитивные структуры. Ее зарождение и развитие демонстрирует, что познание отнюдь не является антитезой теории знаков.

Некоторые авторы, например, К. Ойхлер, Ю.Р. Валькман, утверждают, что уже в трудах родоначальника семиотики Ч.С. Пирса (см. [Пирс, 1999]) содержатся зачатки когнитивной семиотики. В самом деле, Ч.С. Пирс допускал возможность взаимодействия между познанием и семиозисом; более того, сам семиозис включает у него две одинаково важные части: производство знаков и их интерпретацию.

В свою очередь, Ч.У. Моррис предложил свою классификацию знаков, непосредственно связанную

с типологией знаний (см. [Моррис, 1983]). Так он различал: а) знаки-идентификаторы (т.е. те знаки, которые выражают "где-знания?"); б) знаки-десигнаторы (знаки, отвечающие на вопрос "что такое?"); в) оценочные знаки, связанные с предпочтением, которые характеризуют "почему-знания?"; г) прескриптивные знаки, соответствующие "как-знаниям?"; д) формирующие знаки, или знаки систематизации (направляющие поведение интерпретатора в отношении других знаков).

Тем не менее, базовые принципы и подходы классической семиотики в явном виде не обращены к теории познания, и идеи опосредования знаков ментальными представлениями стали активно распространяться лишь в последней четверти XX-го века.

Когнитивная семиотика в нашей стране имеет глубокие корни; ее зарождение связано со школой семиотического моделирования и прикладной семиотики Д.А.Поспелова. Прикладная семиотика направлена на использование знаковых систем при разработке новых компьютерных, в том числе интеллектуальных, технологий. В русле интеграции семиотики и инженерии знаний было предложено опираться на знания как объекты знаковой природы. Стали появляться семиотические базы знаний, семиотические решатели, семиотические системы управления сложными объектами [Поспелов и др., 1999]. Все это можно рассматривать как интеграцию семиотики, когнитологии и формальных систем.

Еще в 1970г. Д.А.Поспелов ввел понятие «метазнака» [Поспелов, 1970]. Он писал, что кроме знаков, значениями которых выступают предметы или явления реального мира, можно рассматривать знаки знаков (метазнаки), значениями которых служат знаки семиотической системы первого уровня. Такую систему следует отнести к знаковой системе второго уровня. Путем индукции нетрудно ввести системы знаков любого k -го уровня. Введение метуровня в знаковые представления предлагает явным образом в них внутреннюю интерпретируемость действий.

Метазнак в отличие от обычного знака несет в себе «заряд активности». В треугольнике Фреге появляется дополнительная вершина, с которой связан фрагмент некоторой структуры на множестве знаков, которая играет роль денотата метазнака. Соответственно, возникает новая базовая семиотическая модель, которую Г.С.Осипов предложил называть «квадратом Поспелова» [Осипов, 2002].

Зарубежные работы по когнитивной семиотике появились существенно позже публикаций Д.А.Поспелова по семиотическому моделированию. Одним из основателей когнитивной семиотики считается Т.Даддезио, написавший книгу «О разуме и символах: релевантность когнитивных наук семиотике» [Daddesio, 1994]; среди других

часто цитируемых авторов выделим Й.Златева [Zlatev, 2012], Ж.П.Менье, П.Кейе.

В русскоязычной литературе проблемы когнитивной семиотики рассмотрены в монографии В.В.Мартынова «В центре сознания человека» [Мартынов, 2009] и статьях Ю.Р.Валькмана [Валькман, 2012], [Валькман, 2013]. В частности, Ю.Р.Валькман считает, что проблема «знак-значение-понимание-смысл» связана с одной стороны с семиотикой, а с другой стороны – с когнитологией, так как идет о понимании и познании.

Появление когнитивной семиотики инициирует движение когнитивных наук и семиотики встречным курсом. С одной стороны, когнитивная семиотика есть наука о получении знаний из знаковых структур, а с другой стороны, речь идет о синтезе знаковых конструкций, представляющих соответствующие структуры знаний [Валькман, 2012]. Типичным способом получения процедурных знаний является анализ связей в треугольнике Фреге или квадрате Поспелова.

В когнитивной семиотике центральное место занимает поиск и определение соответствия между знаковыми структурами и структурами знаний. Здесь показательным примером служит анализ соответствия знаков и фреймов и введенник в связи с этим структуры знака-фрейма в [Поспелов и др., 1999].

По нашему мнению, определение когнитивной семиотики следует расширить и не ограничиваться только уровнем знаний. С одной стороны, ее можно интерпретировать как науку о развитии моделей и методов познания и конструирования смысла на основе знаковых структур. С другой стороны, она занимается проблемами семиозиса, формирования семиотических отношений для когнитивных процессов и систем любого уровня (восприятие, представление, мышление).

Проиллюстрируем эту мысль на примере *когнитивного семиозиса* – процесса порождения и трансформации знаний, который определяет их синтаксис (представление в структурном мире), семантику (представление в ментальном мире) и прагматику (представление в реальном мире). Семиозис разворачивается внутри контура циркуляции знаний (рисунок 7), который типичен для целенаправленной системы, где синтаксис характеризует структуру знаний, семантика – их смысл, содержание, а прагматика – их реальное воплощение в действиях или продуктах [Meystel, 1995].

Рецепторы обеспечивают входную информацию из внешнего мира, которая поступает в систему восприятия, где начинается процесс ее обработки и представления. Синтактика продуцирует начальные структуры знаний, которые затем сохраняются, и начинается процесс развертывания его смысла. Этот смысл вместе с целью агента определяют

стадию семантизации знаний. Смысл подключает процесс (программы) формирования поведения, в результате чего появляются программы действий. Действия приводят к изменениям внешней среды, которые становятся частью прагматики знаний. Эти изменения регистрируются рецепторами, и цикл повторяется.

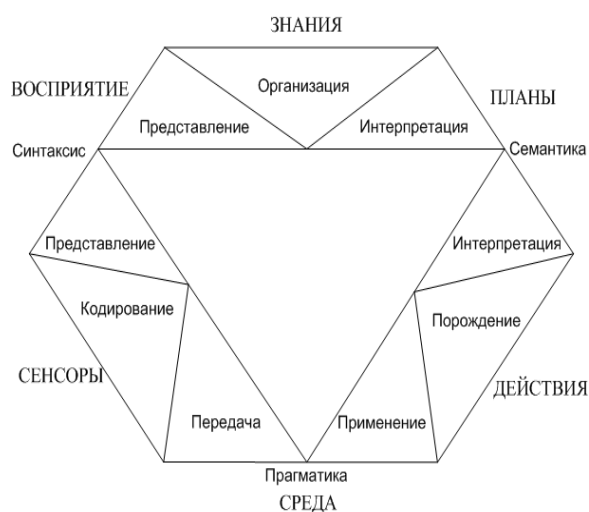


Рисунок 7 – Общая схема когнитивного семиозиса

Каждый блок семиозиса на рисунке 7 можно трактовать как конечный автомат, который осуществляет переход от одной системы символов (знаков) к другой:

- из словаря Среды в словарь Восприятия;
- из сенсорного словаря Рецепторов в Словарь Базы Знаний;
- из словаря Восприятия в словарь Порождения Действий;
- из словаря Базы Знаний в словарь Эффекторов;
- из словаря Формирования Поведения в словарь Среды;
- из словаря Действий в словарь Рецепторов.

В каждом блоке должна обеспечиваться эффективность семиозиса с помощью специальных процедур обработки (сжатия) символьной информации. Сжатие информации обеспечивается тремя операциями: группирование, фокусировка и комбинаторный поиск. В результате такого сжатия группы символов, которые характеризуются свойством общности, заменяются единичными символами.

3.6. Когнитивная информатика

Когнитивная информатика – это открытый междисциплинарный научно-практический комплекс, развивающийся на стыке когнитивных наук и новых компьютерных технологий. Его главная цель состоит в исследовании и моделировании набора когнитивных процессов и способностей человека в интересах создания и практического внедрения *когнитивных компьютеров*, а на их основе, искусственных когнитивных систем, в которых будут аппаратно и

программно реализованы искусственные или имитированы естественные когнитивные процессы. Важная задача когнитивной информатики заключается в обеспечении программно-аппаратной поддержки процессов интеллектуального анализа текстовых и сенсорных данных, обнаружения знаний, машинного обучения, синтеза интеллектуальных сред и создания антропоцентрических интерфейсов.

Антропоморфное содержание когнитивной информатики связано с поддержкой и усилением человеческих способностей познания, обучения, понимания на базе когнитивно-информационных (CI-) технологий нового поколения (с искусственными аппаратно-программно реализуемыми когнитивными структурами) обеспечивающих дружественный интерфейс для взаимопонимания и сотрудничества человека и искусственного агента.

3.7. Прагматические логики

На первый взгляд, включение многозначных логик в состав микронаук, обеспечивающих совместное междисциплинарное исследование понимания, выглядит странным. Однако анализ оснований прагматических логик позволяет сделать вывод об их полном соответствии трактовке понимания как оценки, основанной на некоторой норме, а также о тесных связях между с одной стороны прагматическими логиками и методами семиотики, герменевтики, когнитивной прагматики с другой.

В свое время, Л.Годдард и Р.Паутли [Goddard et al.,1973] высказали важную мысль о том, что в естественном языке разные семантические оценки высказываний зависят от контекста употребления, и поэтому многозначные логики могут служить в качестве полезной аппроксимации логической структуры языка. В этом плане ими была введена «логика значения и контекста» (Logic of Significance and Context), где промежуточные истинностные значения, отличные от истины и лжи, понимались либо как неполнота информации, либо как ее незначимость. В дальнейшем этот аппарат был развит в работах В.К.Финна и др. (см.[Финн, 2008]), где на базе алгебраического подхода были введены типы истинностных значений и предложена классификация логик значения.

Также в середине 1970-х годов в работах К.Айдукевича, Б.Н.Пятницына и др. появился термин «прагматические логики» (см.[Будбаева и др.,1974]). Если прагматическая логика у К. Айдукевича представляет собой скорее логическую методологию обучения, то А.А.Ивин [Ивин,1997а] Б.Н.Пятницын и другие ученые развили широкую трактовку прагматических логик как прикладных логических систем, учитывающих, в первую очередь, прагматический аспект исследований.

Классическими примерами таких логик служат индуктивная и вероятностная логики; к ним же

относятся логики оценок, логики норм, логики предпочтений, логики принятия решений, логики общения, иллюкативные логики и пр.

Далее будем использовать два близких термина: «прагматическая логика» и «логическая прагматика».

В основе прагматических логик находится *прагматическая концепция истинности* Ч.С.Пирса, согласно которой истинность знания определяется его полезностью при решении конкретных задач.

Прагматическая логика – это логическая система, опирающаяся на ценности (полезность), оценки, нормы. В свою очередь, различные логические прагматики связаны с нестандартными прагматическими оценками и интерпретациями истины, например, «измеренная истина» = норма в случае логического анализа результатов измерений, «согласованная истина» в логических моделях переговоров, и пр. При построении многозначных прагматических логик можно взять за основу подход Данна-Белнапа и его расширения.

Оценкой (оценочным суждением) называется высказывание, которое устанавливает абсолютную или относительную (сравнительную) ценность некоторых объектов. Оценки выражают с помощью аксиологических модальностей: относительных («лучше», «хуже», «равноценно») или абсолютных («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо») [Ивин, 1997а]. Любая оценка может быть задана в виде фрейма-прототипа {Оценка, <Кто(агент оценки),...>, <Что (Кого) (объект оценки),...>, <Какая (тип оценки),...>, <Почему (основание оценки,...)>}.

Уровень понимания агента стоящей перед ним задачи может определяться оценкой *результатов* его действий, причем эти действия должны не противоречить нормам поведения агентов.

Нормы – это различные социальные запреты и ограничения, накладываемые сообществом на отдельного агента. Нормативное высказывание служит для установления некоторой нормы поведения. С одной стороны, нормы есть частный случай оценок: их можно рассматривать как общественно апробированные и закреплённые оценки. Средством, превращающим оценку в норму, является угроза наказания; стандартизация норм осуществляется с помощью санкций. Так еще К.Менгер указывал на прямую связь между предписанием n и санкцией: «обязательно n , а если не n , то наказание или ухудшение». С другой стороны, формирование норм предполагает согласование разных мнений по этим нормам.

Тогда общая алгебраическая модель понимания (Comprehension) может выражаться четверкой

$$COM = \langle N, n, e, j \rangle$$

где N – множество норм, $n \in N$ – выбранная норма, e – стандарт (модальность) выбранной нормы n , j –

операция обоснования приложимости стандарта e к конкретной ситуации.

Теперь возьмем задачу понимания конкретного действия. Формально норму как предписание к действию можно выразить четверкой

$$N = \langle A, act, M, W \rangle$$

где A – множество агентов, которым адресована норма; $act \in ACT$ – действие, определенное на множестве действий ACT и являющееся объектом нормативной регуляции (содержание нормы), W – множество миров, в которых применима норма (условия приложения, обстоятельства, в которых должно или не должно выполняться действие); M – множество систем модальностей, связанных с действием, например, система норм, выраженных деонтическими модальностями: $M_N = \{O, P, B, Z\}$, O – «обязательно», P – «разрешено», B – «безразлично», Z – «запрещено».

В общем случае, осуществление логического подхода к пониманию соответствует выводу из принятых общих ценностей. Примером служит так называемый практический силлогизм:

- Агент a желает получить поощрение b .
- Для получения b надо совершить действие act .
- Следовательно a должен совершить действие act

Более интересный и показательный пример логической формализации понимания – это так называемый интенционально обусловленный вывод по Г.Х. фон Вригту [фон Вригт, 1986]. Здесь из оценки, устанавливающей намерение (цель) агента a , и описательного утверждения о причинно-следственной связи, выводится утверждение о том, что должен сделать агент, т.е. норма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье затронута фундаментальная проблема исследования и моделирования понимания в интересах разработки искусственных понимающих агентов и других классов интеллектуальных систем новых поколений. В ней продолжено обсуждение вопросов создания понимающих компьютеров и роботов, начатое почти 30 лет назад в монографии [Winograd et al., 1986]. Описаны классические подходы к пониманию, предложенные в семиотике, герменевтике, дидактике, психологии. Прослежены связи между базовыми категориями, относящимися к пониманию и образующими его онтологический каркас, такими как «ценность», «истина», «смысл», «значение», «интерпретация», «объяснение», «оправдание», «обоснование».

При этом мы сознательно опустили давно ведущиеся в искусственном интеллекте, начиная с Т.Винограда, работы по машинному пониманию естественного языка и сосредоточились на сравнительно новых объектах понимания –,

событиях, действиях, ситуациях, измерениях и т.п., связанных с функционированием искусственных когнитивных агентов, интеллектуальных роботов, интеллектуальных сред и т.п. Также в статью не вошли онтологии и методы онтологического инжиниринга когнитивных систем: некоторые соображения по этому поводу были опубликованы ранее в нашей статье «Гранулярные нечеткие и лингвистические онтологии для обеспечения взаимопонимания между когнитивными агентами», опубликованной в материалах OSTIS-2012 [Тарасов и др., 2012].

Главное внимание в работе уделено построению системы гибридных когнитивных микронаук, непосредственно ориентированной на изучение комплексной проблемы понимания, и описанию ее компонентов в русле разработки инструментария когнитивной информатики. Перспективы наших дальнейших исследований связаны с развитием формальных подходов к моделированию понимания на базе абстрактных алгебр и прагматических логик.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты №14-07-00846 и №14-07-00653.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Бахтин, 1979] Бахтин, М.М. К методологии гуманитарных наук/ М.М.Бахтин// Эстетика словесного творчества. – М.: Искусство, 1979.
- [Будбаева и др., 1974] Будбаева, С.П. К исследованию и построению прагматических логик/ С.П.Будбаева, Б.Н.Пятницын// Философия и логика. – М.: Наука, 1974. – С.220-278.
- [Валькман, 2012] Валькман, Ю.Р. О когнитивной семиотике/ Ю.Р.Валькман//Интеллектуальный анализ информации. Сборник трудов XII-й международной конференции им. Т.А.Таран (ИАИ-2012, Киев, 16-18 мая 2012 г.). – Киев: Просвіта, 2012. – С.19-30.
- [Валькман, 2013] Валькман, Ю.Р. Когнитивная семиотика: истоки и перспективы/ Ю.В.Валькман//Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VII-й международной научно-практической конференции (ИММВ-2013, Коломна, 20-22 мая 2013 г.). – М.: Физматлит, 2013. – Т.1. – С.48-61.
- [Васильев, 1999] Васильев Л.Г. Три парадигмы понимания: Анализ литературы вопроса/ Л.Г.Васильев/ <http://www.konf-csu.narod.ru/ze/lib/vasilyev.html>.
- [Величковский, 2006] Величковский, Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. В 2-х томах/ Б.М.Величковский. – М.: Смысл/ Академия, 2006.
- [Витгенштейн, 2009] Витгенштейн, Л. Логико-философский трактат / Пер. с нем., 2-е изд./Л.Витгенштейн. – М.: Наука, 2009.
- [фон Вригт, 1986] Вригт фон, Г.Х. Объяснение и понимание/ Г.Х. фон Вригт// Логико-философские исследования. Избранные труды: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1986.
- [Выготский, 1982] Выготский Л.С. Собрание сочинений: в 6 томах/ Л.С.Выготский. Т.1. – М.: Педагогика, 1982.
- [Гадамер, 1988] Гадамер, Х.-Г. Истина и метод: основы философской герменевтики: Пер. с нем./ Х.-Г.Гадамер. – М.: Прогресс, 1988.
- [Голенков и др., 2012] Голенков В.В. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования/ В.В.Голенков, Н.А. Гулякина Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы II-й международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 16-18 февраля 2012 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2012. – С.23-52.
- [Голенков и др., 2013] Голенков В.В. Открытый проект, направленный на создание технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем/ В.В.Голенков, Н.А. Гулякина//Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы III-й международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 21-23 февраля 2013 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2013. – С.55-77.
- [Голенков и др., 2014] Голенков В.В. Структуризация смыслового пространства/ В.В.Голенков, Н.А.Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы IV-й международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2014. – С.65-78.
- [Ефименко и др., 2014] Ефименко И.В. УСК Мартынова – тридцать лет спустя/ И.В.Ефименко, В.Ф.Хорошевский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы IV-й Международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014 г.). – Минск: БГУИР, 2014. – С.29-38.
- [Знаков, 1999] Знаков В.В. Понимание в познании и общении/ В.В.Знаков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1999.
- [Ивин, 1997а] Ивин, А.А. Основы теории аргументации/ А.А.Ивин. – М.: ГИЦ ВЛАДОС, 1997.
- [Ивин, 1997б] Ивин, А.А. Словарь по логике/ А.А.Ивин, А.Л.Никифоров. – М.: ГИЦ ВЛАДОС, 1997.
- [ИОС и ВУО, 2001] Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации/ Под ред. В.В.Голенкова и В.Б.Тарасова. – Мн.: Изд-во БГУИР, 2001.
- [Коробов, 2005] Коробов, Е.Т. Понимание как дидактическая проблема/ Е.Т.Коробов// Московский психологический журнал, 2005, №11-12.
- [Кузнецов, 2012] Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект/ О.П.Кузнецов// Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, №4, с.32-42.
- [Лакофф, 2004] Лакофф Дж. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении: Пер. с англ./ Дж. Лакофф// – М.: Языки славянской культуры, 2004
- [Лотман, 2010] Лотман, Ю.М. Семиосфера/ Ю.М.Лотман. – СПб.: Искусство-СПБ, 2010.
- [Мартынов, 1974] Мартынов, В.В. Семиологические основы информатики/ В.В.Мартынов. – Мн.: Наука и техника, 1974.
- [Мартынов, 1978] Мартынов, В.В. Семиологические проблемы искусственного интеллекта/ В.В.Мартынов// Известия АН СССР: Серия литературы и языка, 1978, том 37, №1, с.3-9.
- [Мартынов, 2009] Мартынов, В.В. В центре сознания человека/ В.В.Мартынов. – Мн.: Изд-во БГУ, 2009.
- [Моррис, 1983] Моррис, Ч.У. Основания теории знаков/ Ч.У.Моррис//Семиотика: Антология. –М.:Академический проект, 2001. – С.45-97.
- [НИИ, 1998] Новости искусственного интеллекта, 1998, №2, с.164-174.
- [Осипов, 2002] Осипов, Г.С. От ситуационного управления к прикладной семиотике/ Г.С.Осипов// Новости искусственного интеллекта, 2002, №6, с.3-7.
- [Пижае, 1994] Пижае, Ж. Избранные психологические труды: Пер. с франц. и англ./ Ж.Пижае. – М.: МПА, 1994.
- [Пирс, 1999] Пирс, Ч.С. Логика как семиотика: теория знаков /Ч.С.Пирс//Метафизические исследования. Вып.11. Язык. – СПб: Алетейя, 1999. – С.199-217.
- [Поспелов, 1970] Поспелов, Д.А. Системный подход к моделированию мыслительной деятельности/ Д.А.Поспелов// Проблемы методологии системного исследования. – М.: Мысль, 1970. – С.333-358.
- [Поспелов, 1976] Поспелов, Д.А. Семиотические модели: успехи и перспективы/ Д.А.Поспелов// Кибернетика, 1976, №6, с.114-123.
- [Поспелов, 1989] Поспелов, Д.А. Интеллектуальные интерфейсы для ЭВМ новых поколений/ Д.А.Поспелов// Электронная вычислительная техника. Сборник статей. Вып.3. – М.: Радио и связь, 1989. – С.4-20.
- [Поспелов и др., 1999] Поспелов, Д.А. Прикладная семиотика/ Д.А.Поспелов, Г.С.Осипов//Новости искусственного интеллекта, 1999, №1, с.9-35.
- [Почепцов, 1998] Почепцов Г.Г. История русской семиотики / Г.Г.Почепцов. – М.: Лабиринт, 1998.
- [Психология, 1990] Психология. Словарь/ Под общ. ред. А.В.Петровского, М.Г.Ярошевского. – 2-е изд., испр и доп. – М.: Политиздат, 1990.
- [Рикер, 1995] Рикер, П. Конфликт интерпретаций. Очерки герменевтики: Пер. с франц./ П.Рикер. –М.: КАНОН-пресс, 2002.
- [Рубинштейн, 1989] Рубинштейн? С.Л. Основы общей психологии: В 2 т. Т. I/ С.Л.Рубинштейн. – М.: Педагогика, 1989.

[СФС, 2004] Современный философский словарь.—3-е изд., испр и доп. —М.: Академический проект, 2004.

[де Соссюр, 2004] Соссюр де, Ф. Курс общей лингвистики/ Ф. де Соссюр. — М.: Едиториал УРСС, 2004.

[Тарасов, 2002] Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика/ В.Б.Тарасов. — М.: Едиториал УРСС, 2002.

[Тарасов, 2014а] Тарасов, В.Б. От семантического кода к когнитивной лингвистике, семиотике и информатике: наследие В.В.Мартынова/В.Б.Тарасов//Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы IV-й Международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014 г.). — Минск: БГУИР, 2014. — С.39-48.

[Тарасов, 2014б] Тарасов, В.Б. Грануляция информации: основа когнитивных процессов и предпосылка создания интеллектуальных систем новых поколений/ В.Б.Тарасов, В.Г.Редько и др.// Подходы к моделированию мышления. — М.: Изд-во УРСС, 2014. — С.219-261.

[Тарасов и др., 2012] Тарасов, В.Б. Гранулярные, нечеткие и лингвистические онтологии для обеспечения взаимопонимания между когнитивными агентами/ В.Б.Тарасов, А.П.Калуцкая, М.Н.Святкина// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы II-й Международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 16-18 февраля 2012 г.). — Минск: БГУИР, 2012. — С.267-278.

[Философия, 2004] Философия: Энциклопедический словарь. — М.: Гардарики, 2004.

[Финн, 2008] Финн, В.К. Многозначные логики и их применения. Том 1. Логические исчисления, алгебры и функциональные свойства/ В.К.Финн (ред.-сост.). — М.: Изд-во ЛКИ, 2008.

[Фреге, 2012] Фреге, Г. Логика и логическая семантика: Пер. с нем. 2-е изд./ Г.Фреге. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.

[Фрид, 1979] Фрид, Э. Элементарное введение в абстрактную алгебру: Пер. с венгер./Э.Фрид. — М.: Мир, 1979.

[Хайдеггер, 2013] Хайдеггер, М. Бытие и время: Пер. с нем./М.Хайдеггер. — М.: Академический проект, 2013.

[Чудова, 2012] Чудова, Н.В. Понимание: предмет исследования и объект моделирования/ Н.В.Чудова// Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, №4, с.3-31.

[Шадриков, 2006] Шадриков, В.Д. Интеллектуальные операции/ В.Д.Шадриков. — М.: Логос, 2006.

[Шпет, 1996] Шпет, Г.Г. Явление и смысл/Г.Г.Шпет.— Омск: Водолей, 1996.

[Шульга, 2002] Шульга, Е.Н. Когнитивная герменевтика/ Е.Н.Шульга. — М.: Изд-во ИФ РАН, 2002.

[Ackoff, 1989] Ackoff, R. From Data to Wisdom/ R.Ackoff// Journal of Applied Systems Analysis, 1989, vol.16, p.3-9.

[Ajdukiewicz, 1974] Ajdukiewicz, K. Pragmatic Logic/ K. Ajdukiewicz. — Warsaw: D. Reidel Publishing Company, 1974.

[Daddesio, 1994] Daddesio, Th.C. On Minds and Symbols: the Relevance of Cognitive Science to Semiotics/ Th.C. Daddesio. — Berlin: Mouton de Gruyter, 1994.

[Gardner, 1987] Gardner, H.E. The Mind's New Science: a History of Cognitive Revolution/ H.E.Gardner. — New York: Basic Books, 1987.

[Goddard et al., 1973] Goddard, L. The Logic of Significance and Context/ L.Goddard, R.Routley. — Edinburgh: Scottish Academic Press, 1973.

[Goguen. 1999] Goguen, J. An Introduction to Algebraic Semiotics with Applications to User Interface Design/ J.Goguen// Computation for Metaphors, Analogy and Agents. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Vol.1562/ Ed.by C.Nehaniv. — Berlin: Springer, 1999, p.242-291.

[Lin, 1998] Lin, T.Y. Granular Computing on Binary Relations I: Data Mining and Neighborhood System/ T.Y.Lin//Rough Sets in Knowledge Discovery/ Ed. by A. Skowron and L. Polkowski. Heidelberg: Physica-Verlag, 1998. — P.107-140.

[Meystel, 1995] Meystel, A. Semiotic Modeling and Situation Analysis: an Introduction/ A.Meystel. — Bala Cynwyd, PA: AdRem Inc., 1995.

[Schmid, 2012] Schmid H.-J, Cognitive Pragmatics/ H.-J. Schmid. — Berlin: Mouton de Gruyter, 1994.

[Talmy, 2000] Talmy, L. Toward a Cognitive Semantics/ L.Talmy. — Cambridge MA, MIT Press, 2000.

[Winograd et al., 1986] Winograd, T. Understanding Computers and Cognition: a New Foundation for Design/ T.Winograd, F.Flores. — Norwood: Ablex, 1986.

[Yao, 2008] Yao, Y.Y., Granular Computing: Past, Present, and Future/Y.Y.Yao/ Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Granular Computing (Hangzhou, China, August 26-28, 2008). — P.80-85.

[Zadeh, 1997] Zadeh, L.A. Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic/ L.A.Zadeh// Fuzzy Sets and Systems, 1997, vol.90, p.111-127.

[Zlatev, 2012] Zlatev, J. Cognitive Semiotics: an Emerging Field for Transdisciplinary Study of Meaning/ J.Zlatev// The Public Journal of Semiotics/ 2012, vol IV, №1.

PROBLEM OF UNDERSTANDING: PRESENT AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Tarasov V.B.

*Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

Vbulbov@yahoo.com

Some results of preliminary investigation in the field of transdisciplinary problem of understanding (comprehension) are presented. This problem is faced in the context of OSTIS project with the purpose of developing artificial comprehensive agents and other classes of next generation cognitive intelligent systems. Here a special interest is taken in new objects of understanding such as behavior, actions, situations, measurements, etc. To answer the question «What is comprehension?» we collected and analyzed basic definitions of understanding. Some classical understanding concepts, which have been suggested in hermeneutics, semiotics, didactics, psychology, are considered. Also key categories related to understanding such as meaning, sense, value, truth, interpretation, explanation, justification are discussed. A few classifications of understanding levels are made; an appropriate hierarchy for understanding robot is introduced. A short review of perceptual and thinking operations is presented and their links with information granulation concepts are revealed. The main attention in this paper is paid to constructing a new system of hybrid cognitive micro-sciences different from canonical Gardner's system. This new system is intended to thoroughly study the problem of understanding. Some formal approaches to modeling comprehension on the basis of abstract algebras and pragmatic logics are proposed.

Keywords: Artificial Intelligence, Knowledge, Understanding, Comprehension, Hermeneutics, Meaning, Sense, Pragmatics, Interpretation, Cognitive Semiotics, Cognitive Semantics, Cognitive Informatics.