

Ю.Р. Валькман, д.т.н., зав. отделом,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины

НЕПОЛНОТА И ЦЕЛОСТНОСТЬ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Анализируются свойства неполноты и целостности структур знаний в интеллектуальных системах. Рассматривается целостность знаний, представленных в вычислительной среде, с позиций определения их смыслов. Исследование проводится с целью последующего построения формальных структур знаний для моделирования процессов образно-понятийного мышления в компьютерных технологиях.

Ключевые слова: Структура, смысл, понимание, семиотика, целостность, мышление, моделирование.

Введение. Данная работа является продолжением исследований процессов образного мышления (см., в частности, [1,2]). *Объектом* этих исследований является технологии управления знаниями в интеллектуальных системах. Здесь, *предмет* исследования – свойства целостности и неполноты знаний, представленных в вычислительной среде, процессы их смыслообразования. *Цель* исследования – разработка моделей представления структур образной информации и методов их использования в практической деятельности.

Мы вполне осознаем сложность проблематики моделирования анализа и синтеза процессов порождения смыслов образной информации. Многие известные ученые занимались и активно занимаются проблемами смыслов (см., например, [3-11]). Введен и используется термин *теория смысла* (см. [6,9,11]). Здесь мы лишь коснемся этой проблемы в приложении к целостности, в частности, образной информации.

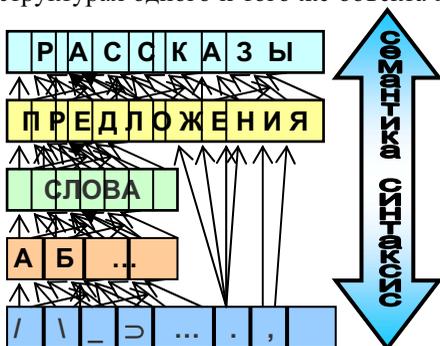
1. Проблема целостности: системный анализ

Проблему целостности образной информации мы рассматривали, в частности в [2]. *Целостность* - это характеристика любого объекта, всегда состоящего из взаимодействующих частей и обладающего новыми качествами. В системном анализе подчеркивается, новые свойства целого, не сводимые к свойствам частей, каким-то, в общем случае неизвестным, образом определяются свойствами частей и их взаимодействием. Состав, свойства и взаимодействия элементов (частей) каким-то, в общем случае неизвестным, образом определяются свойствами целого.

Первым применил системный анализ к исследованию целостности информации, видимо, Демокрит (460–360 г. до н. э.). В своих рассуждениях он отмечал, что речь состоит из имен, имена – из слов (комплексов),

комплексы – из букв или неделимых частей (элементов). Современное видение этой структуры представлено на рис. 1. В наших других работах показано, что более корректно говорить о пирамидальных сетях, чем о иерархиях; т. к. в таких структурах присутствуют связи не между соседними уровнями (см. рис.1).

Из системного анализа мы знаем, что уровень элементарности в структурах одного и того же объекта может быть различным. Все зависит от



решаемых задач, проблем, целей исследований (вспомним принцип лезвия Оккама). Так, писателя не интересует строение букв и структура слов (приставки, суффиксы т. д.). В различных приложениях есть «свои ...емы»: графемы, морфемы, фонемы, лексемы, и т.п. В языках их множество, часто, на «нижних» уровнях, конечно (ограничено) – см. две нижние страты в структуре, представленной на рис.1. И они составляют алфавит (в смысле формальных, дедуктивных систем).

Рис. 1. Схема иерархической системы текстовых структур

В таких структурах наблюдается следующая закономерность: чем выше уровень, тем больше смысловых (семантических) аспектов в структуре соответствующей страты и меньше синтаксических и, наоборот, чем ниже уровень, тем больше синтаксиса и меньше семантики. Заметим, именно поэтому процессы обработки информации на нижних уровнях значительно легче автоматизируются, а проблемы *текст* → *смысл* и *смысл* → *текст* еще далеки решения. Основное назначение любых языков представления знаний – моделирования семантических отношений с помощью синтаксических конструкций.

Основа целостности – отношения *часть – целое*. Эти отношения можно рассматривать на двух соседних уровнях структуры, представленной на рис.1. Такую целостность в теории систем называют *функциональной* (или внешней), т. к. рассматривается целостность в ее отношении к внешнему окружению, к среде (система *объект – среда*), т.е. в функциональном аспекте. Проблема функциональной целостности занимает существенное место при анализе семиотических систем, в той его части, где рассматриваются вопросы интерпретации знаков и знакосочетаний (семантика). *Значение знака всегда относительно и существует лишь как отношение знака к предмету*. С целостными свойствами понятий нашего языка мы сталкиваемся также всякий раз, когда хотим дать им определение. Известно, что *понятие можно определить, лишь подведя его явно или неявно под более широкое понятие, находящееся на более высоком уровне иерархии*

понятий. Этот более высокий уровень играет роль своего рода "лингвистического окружения", или "лингвистической среды", без которой содержание понятий лишается четкости и определенности.

Функциональная целостность обуславливает относительную самостоятельность, автономность отдельных подсистем в рамках иерархической структуры. Эта автономность в известном смысле неизбежна, как неизбежно то, что всякий объект, раз он существует, обладает целостными характеристиками, некоторым собственным поведением.

Таким образом, *автономность, целостность, поведенческие характеристики какого-либо уровня в иерархической системе невозможно понять, изучая структуру только этого уровня.*

2. Неполнота или невозможность полноты

А можно ли как-то представить двусторонние взаимодействия между уровнем целого и уровнем частей? Ученые-синергетики исследуя эти взаимодействия, пришли, вообще, к новой парадигме. *Понятие целостности в этой парадигме приходит на смену понятию полноты.* В мире живого полнота недостижима, а мягкость, свойственная целостности, просто необходима [12]. Природная тяга к целостности есть тяга к жизни. Стремясь к гармонии целого, человек вызывает недостающие компоненты силой воображения. Отсюда следует два вывода.

Во-первых, формирование смыслов (и понимание) для сложных объектов всегда будет распределено между искусственным и естественным интеллектом. Потому что в компьютере трудно моделировать свойство гармонии и, тем более, тягу к жизни. Представляется вполне очевидным, что понимание смысла любого процесса, объекта, явления всегда базируется на целостности.

Во-вторых, воображение, с нашей точки зрения, возможно только на уровне образного мышления. Поэтому, формирование целостных структур осуществляется посредством операций с образами.

Но, мы также знаем, что представление полных знаний в интеллектуальных системах вообще невозможно. Потому что *представление* – это модель. Число свойств каждой сложной системы неограниченно велико, а в модели мы можем отразить лишь некоторые из них, те которые мы считаем *существенными*. Заметим, при этом, существенность тех или иных свойств определяется решаемой проблемой и может меняться с изменением цели исследования. Это очень важно не только для целостности, но и для моделирования в вычислительной среде процессов понимания и смыслов.

Для формальных систем приговор об их принципиальной неполноте вынес раз и навсегда К. Гедель.

Таким образом, *неполнота*, видимо не всегда НЕ-фактор (в смысле А.С.Нариньяни), т. е. который необходимо моделировать в интеллектуальных технологиях. В словарях под неполнотой понимается отсутствие нужной полноты в чём-л., недостаточность (неполнота сведений, изложения,

документации; доклад удивил своей неполнотой). Мы, конечно, говорим о неполноте знаний, информации, данных, модели и т. д.

Но, поскольку полнота невозможна (а может, и не нужна), то лучше говорить о *не целостности* как о НЕ-факторе. Тем более, что понятие полноты слишком абстрактно для использования его в моделировании процессов мышления в вычислительной среде, а *целостность* неявно (иногда и явно) включает в себя цель, решаемую задачу, проблему. Кроме этого, целостность в системах (в частности, знаний), в большей степени, базируется на отношениях (структурах и взаимодействии) между компонентами (знаний), а не на компонентах. В полноте же основное внимание акцентируется на частях. С одной стороны, целое – это не все, с другой, целое больше суммы. И, наконец, система знаний может быть целостной, но не полной.

В иерархических (или пирамидальных) сетях можно строить многоуровневые структуры целостности различных компонент знаний. А целостность базы знаний в целом должна обеспечивать знаниями решения всех задач в данной проблемной области.

3. Смысл и значение

Рассмотрим понятия смысла и значения на примере знаний, определенных вербально. Любой текст является разновидностью знаковых структур. Можно провести аналогию между образной и текстовой информацией.

Для характеристики содержательной стороны текста (или образа), его семантики, важным оказывается вопрос о соотношении понятий *значение* и *смысл*.

Под *смыслом* применительно к вербальному тексту и, в частности, к минимальной единице этого текста понимается *целостное содержание* какого-либо высказывания, не сводимое к значениям составляющих его частей и элементов, но само определяющее эти значения. Поскольку каждое слово как часть или элемент высказывания в составе этого высказывания проявляет одно из возможных своих значений, то рождение общего смысла представляет собой процесс выбора именно этого *необходимого для данного контекста значения*, т.е. необходимого для получения искомого смысла целого высказывания. Значит, именно смысл актуализирует в системе значений слова ту его сторону, которая определяется данной ситуацией, данным контекстом.

Различие *смысла* и *значения* было отмечено в отечественной психологии еще в 30-е годы XX в. Л.С. Выготским [3]: *«Если значение слова является объективным отражением системы связей и отношений, то смысл – это привнесение субъективных аспектов значения соответственно данному моменту и ситуации»*.

Соответствующая схема для образной информации представлена на рис.2. Ранее мы рассматривали три класса образов: образы восприятия

(первичные, перцептивные), образы представления и образы воображения. Все эти образы являются атрибутами естественного интеллекта. Поэтому их можно назвать *внутренними*. Цель всех наших исследований заключается в «погружении» этих образов и операций их обработки в вычислительную среду. Теперь мы вводим в рассмотрение четвертый класс образов; которые отражены на некотором внешнем носителе. Поэтому, их можно назвать *внешними*. Под ними понимаются любые знаковые структуры (тексты, чертежи, схемы, таблицы, видео- и аудиобразы и т. д.). На рис. 2 представлен именно такой образ (реального мира). В ментальном мире мы выделяем две компоненты: базу знаний (БЗ) и цели, проблемы, задачи. Конечно, последние являются компонентом БЗ. Но для анализа отношений *смысл – значение* целесообразно их разделить.

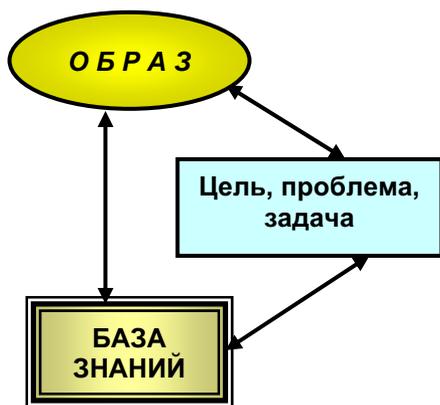


Рис. 2. Схема отношений в системе *образ*
– значение – смысл

Значение любого понятия, образа, текста определяется целью его использования, решаемыми задачами, проблемами. Именно его целесообразность обеспечивает соответствующую целостность. Вспомним пример с режущим инструментом. Для технолога существенными свойствами этого объекта являются характеристики твердости обрабатываемого материала, форма, крепление и т.д., а для экономиста его стоимость, накладные расходы и т.п. Таким образом, мы получаем различные значения одного объекта.

Поэтому, целесообразно ввести в рассмотрение модель *целостности значения*. Это суть отношение «образ объекта - цели его использования» (см. рис. 2). Тогда можно говорить об относительной *объективности* значения. Степень объективности зависит от того, насколько успешно нам удалось провести процесс «отчуждения» целей из естественной БЗ в искусственную. Общеизвестно, что БЗ структур целей, решаемых задач, проблем в значительной степени определяют успех многих систем искусственного интеллекта. Это обусловлено тем, что интеллектуальная система должна быть целеустремленной, уметь осуществлять целеполагание и целедостижение, а при отсутствии успеха менять свою структуру или цель.

БЗ, представленная на рис. 2., условно отображает весь тезаурус знаний человека, т. к. в порождении смысла участвуют самые различные структуры знаний естественного интеллекта. Знания всех нас существенно разнятся, поэтому и возможно множество различных (индивидуальных) смыслов.

Заметим, интерпретация текста, по всей вероятности - это процесс поиска в нем своих *собственных смыслов*. Так получается, что *смысл всегда субъективен*. Очевидно, смысл рождается в структуре *образ – БЗ*. И, поскольку, априори невозможно определить по образу, какие знания будут инициированы для его интерпретации, то трудно строить соответствующие БЗ в вычислительной среде.

Тем не менее, смыслы имеют и некоторую объективную компоненту. Это позволяет строить онтологии для обработки текстовой информации, в частности, искать в сети Интернет не данные, а знания (инициатива Semantic Web). Мечта многих разработчиков интеллектуальных систем – закодировать в синтаксисе знаковой структуры всю семантику. А что такое весь смысл? Целостность смысла в компьютере, вероятно, моделировать вообще невозможно. По крайней мере, в ближайшее время рождение смысла будет производиться в системе человек-компьютер.

4. Смыслы – ответы на вопросы

Теперь посмотрим на смысл с другой стороны. По каким причинам мы выбираем для чтения данную книгу? Очевидно, всегда мы обращаемся к той книге, в которой можно найти ответы на свои вопросы. По сути дела, мы *вычитываем* в тексте (любой знаковой структуре, в частности, образе) свое, то есть то, что нас интересует. Но интерес этот всегда связан с вопросом, поскольку сам интерес основан на том, что нам еще пока неясно в предмете. М.Бахтин сформулировал это в [4]: "*Смыслами я называю ответы на вопросы. То, что ни на какой вопрос не отвечает, лишено для нас смысла*". Но откуда мы можем узнать вопрос? С одной стороны, из того же ответа в тексте. С другой стороны, хочется получить какой-то добавочный источник, может быть, хранящий все возможные вопросы по поводу предмета. Вполне очевидно, что реализация генератора вопросов в вычислительной среде весьма затруднительна.

Проблема *«значение и смысл»* по-особому актуальна для компьютерных переводчиков. Ведь текст перевода должен воссоздать *смысл* текста оригинала. Но переводчик, опираясь на значения слов и на их сочетание в переводимом тексте, не всегда может подыскать в языке перевода средства для адекватной передачи смысла переводимого текста. Поэтому замена одних языковых знаков другими не может осуществляться по отдельности. Заменяются обычно *целостные высказывания*, именно это дает возможность сохранить смысл в переводе. Эквивалентность целостных выражений более вероятна, нежели соположения значений, фиксируемых отдельными словами. При неэквивалентности языковых знаков в целостных выражениях языковая *«недостача»* может быть компенсирована аналитически.

В [5] подчеркивается, что *значение* той или единицы представляет собой элемент языковой системы, тогда как *конкретный смысл* - это явление речи, имеющей ситуативную обусловленность.

Проблема *«смысл и значение»* значима и важна не только теоретически,

но и, может быть, в еще большей степени практически, потому что выводит на уровень *понимания* текста, образов, что, собственно, и является целью создания знаковых структур.

5. Когнитивная семиотика

В настоящее время наблюдается бум появления когнитивных наук: когнитивная социология, когнитивная география, когнитивная экономика и т.д. Проблема *знак–значение–понимание–смысл* тесно связана, с одной стороны, с семиотикой, с другой – с когнитологией, т. к. речь идет, явно и неявно, о понимании, познании. *Когнитивная семиотика*, как ее определили в [7,8], представляет собой парадигму, соединяющую знаковые и когнитивные структуры с предметной деятельностью и является удобным инструментом для интеграции и совершенствования систем извлечения знаний из текста. С нашей точки зрения – это весьма узкая трактовка проблемной области новой науки. В ее рамках целесообразно заниматься всем спектром проблем синтеза и анализа смыслов, значений знаковых структур, процессами понимания знаков и познанием мира посредством знаковых систем.

В рамках разработки современных методик и практик лингвистического исследования в [8] предлагается осуществить «концептуальную интеграцию» когнитивного и семиотического моделирования. Необходимость такого совмещения автор объясняет особенностями природы языка, которая носит принципиально двойственный характер: язык - это одновременно и система знаков, замещающих предметы речи, и система символов, за которыми стоит духовный опыт людей. Когнитивная лингвистика предстает как наука о символах, а семиотика - как наука о знаках.

В целом когнитивная семиотика должна связать действия во всех трех мирах (см. эволюционную эпистемологию К. Поппера): реальном, мире знаков и ментальном.

В [8] приведен хороший пример такого взаимодействия. Водитель крутит баранку руля, думает о своих предстоящих действиях для продолжения движения и в то же время наблюдает показания приборов на контрольной панели и дорожные знаки. Принимаемые им решения зависят от событий, происходящих в этих трех мирах –

- *окружающего его материального мира,*
- *знакового (семиотического) окружения и*
- *его собственного знания о возведении, которое находится в его памяти.*

Так называемые когнитивные процессы, результатом которых являются управляющие воздействия на автомобиль, протекают в сознании водителя.

Мы намерены использовать симбиоз когнитивного и семиотического моделирования в разработке моделей образного мышления.

Заключение. Представляется вполне очевидным, что моделирование образного мышления в компьютерных технологиях без использования моделей процессов понимания, порождения смысла, генерации значений образных структур не возможно. К этой проблеме мы обратились впервые.

Оказалось категория смысла характеризуется весьма широким диапазоном сфер приложения. В связи с этим вполне естественно, что смысл - это междисциплинарное явление. Он интересен, помимо лингвистики, и логику, и философию, и психологию и, теперь, искусственный интеллект. Несмотря на то, что в центре пересечения интересов этих дисциплин находится язык с его отнесенностью к мышлению, с одной стороны, и к действительности - с другой, каждая из этих дисциплин усматривает в данной проблеме все же свой интерес.

В результате представление о смысле характеризуется таким большим многообразием и неоднозначностью, что складывается впечатление, как будто речь идет о каких-то разных явлениях, но почему-то называемых одним именем.

Здесь определены только некоторые темы дальнейших исследований.

1. *Валькман Ю.Р.* О моделировании образного мышления: классификация, отношения и структуры образов. // Труды X-й Международной конференции "Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2010", Киев, 2010.
2. *Валькман Ю.Р., Валькман Р. Ю.* О целостности образов: доформальное исследование // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT '10» Москва: Физматлит, 2010.
3. *Выготский Л. С.* Мышление и речь. Москва: "Лабиринт" Изд. 5, испр., 1999.
4. *Бахтин М.М.* Эстетика словесного творчества. Москва: Искусство, 1979.
5. *Новиков А.И.* Смысл: семь дихотомических признаков. // Теория и практика речевых исследований. М.: 1999.
6. *Делёз Ж.* Логика смысла. — М.: Издательский центр «Академия», 1995.
7. *Самигуллина А.С.* Когнитивная лингвистика и семиотика // Вопросы языкознания. 2007. № 3. С. 11-24.
8. *Рыков В.В.* Извлечение знаний – реализация когнитивной семиотики. <http://rykovcs.narod.ru/dlg9.html>.
9. *Валгина Н.С.* Теория текста. Москва: Логос. 2003 г.
10. *Шамис А.Л.* Пути моделирования мышления. Активные синергические нейронные сети, мышление и творчество, формальные модели поведения и "распознавания с пониманием". Москва: КомКнига, 2006.
11. *Бирюков Б. В.* Теория смысла Готлоба Фреге // Сборник "Применение логики в науке и технике", с.502-555.
12. *Баранцев Р.Г.* Комплексирование целостности // Глобализация: синергетический подход. Москва: РАГС, 2002.

Поступила 14.02.2011г.