

ОНТОЛОГИЯ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОНИМАНИЯ РЕЧИ

И. В. Ли, А. Л. Ронжин, А. А. Карпов

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д.39
<LeeIzolda@yandex.ru>, <www.spiiras.nw.ru/speech>

УДК 681.3

И. В. Ли, А. Л. Ронжин, А. А. Карпов. Онтология проблемы интегрального понимания речи // Труды СПИИРАН. Вып. 2, т. 1. — СПб.: СПИИРАН, 2004.

Аннотация. *Предлагается концептуальная модель представления естественного языка и предметной области для модели интегрального понимания речи. Предложенная модель построена на основе методов обработки данных предметной области и обобщенной форме представления семантико-прагматической информации. — Библ. 10 назв.*

UDC 681.3

I. V. Lee, A. L. Ronzhin, A. A. Karpov. Ontology of problem of integral speech understanding //SPIIRAS Proceedings. Issue 2, vol. 1. — SPb.: SPIIRAS, 2004

Abstract. *The conceptual model of representation of natural language and subject domain for model of integral speech understanding is proposed. The model is based on the methods of object domain processing and generalised form of semantic-pragmatical information presentation. — Bibl. 10 items.*

Введение

С бурным развитием и внедрением информационных технологий в различные сферы человеческой деятельности возрастает потребность в системах автоматического понимания речи. Однако существующие модели понимания пока еще значительно уступают человеческому восприятию речи, что ограничивает их применение.

Большинство исследований в области моделирования процессов понимания речи опирается на три вида априорной информации: акустическую, семантико-синтаксическую и прагматическую. В ходе развития технологии обработки речи выделились соответствующие основные подходы к обработке естественного языка (ЕЯ): лингвистические, семантические и прагматически-ориентированные.

При лингвистическом подходе решение общей проблемы понимания ЕЯ базируется на лингвистическом анализе входного текста, т.е. модель понимания основана на ограничениях естественного языка. Семантические модели занимаются извлечением семантических структур ЕЯ. Здесь, как правило, на уровне понимания разработчики ограничиваются построением семантико-синтаксической модели. С появлением проблемно-ориентированных систем возникла проблема неоднозначности понимания, обусловленная слабостью алгоритма распознавания, неоднозначностью запроса, а также неопределенностью структуры диалога.

Проблема неоднозначности может быть устранена за счет использования высокоуровневой — семантико-прагматической информации. Прагматическая информация накладывает ограничения на предметную область (ПО), что ведет к сужению области поиска правильной гипотезы понимания. Решение проблемы использования прагматической информации мы видим в развитии методов формализации и обработки прагматической информации с учетом

знаний из области психологии человеческой деятельности, философии и других наук, занимающихся изучением речевой деятельности человека.

В первом разделе представлена семантико-прагматическая модель интегрального понимания речи, а также философские и психологические предпосылки ситуативного анализа, как вида прагматического анализа. На основе этих предпосылок и гипотезы о восприятии смысла высказывания предложена обобщенная форма представления ситуативной информации.

Прагматические системы, как правило, ассоциируются с реальными системами, решающими узкий круг задач, и достигающих высокой эффективности за счет ограниченности проблемной области, однозначности контекста и примитивности языкового интерфейса. При этом прагматика, т.е. нацеленность на результат, проявляется в процессе эксплуатации готовой системы пользователем [1].

С появлением прикладных систем для решения узкого класса задач стало очевидно, что оптимальную модель понимания ЕЯ можно построить, если только учитывать ее цели и сферу применения. В области представления данных существует концепция, обеспечивающая комплексный подход к построению ПО, включающая модель языка, диалога и области приложения — онтологический анализ. В основе онтологического анализа лежит описание концептуально-логической модели ПО в терминах сущностей, отношений между ними и преобразования сущностей, которое выполняется в процессе решения некоторой задачи [2].

Во втором разделе представлена онтология проблемы интегрального понимания речи как концептуальная модель предметной области, в которой выделены основные понятия и классы, используемые при понимании речи в интегральной модели. Поскольку при понимании речи человек учитывает специфику области приложения (авиация, торговля, справочная и т.д.), в которой происходит диалог и форму ведения диалога (вопросно-ответный, запросно-ответный), необходимо рассмотреть онтологические знания, относящиеся к структуре диалога и области приложения. Этот аспект и связанные с ним проблемы обсуждаются в разделе 3.

1. Семантико-прагматическая модель понимания

На рис. 1 представлена типовая модель понимания речи, которая содержит основные модули обработки входного высказывания. Модуль «распознавания речи» преобразует акустический речевой сигнал в соответствующую последовательность слов. Эта последовательность слов поступает в подсистему «высокоуровневой обработки», которая вырабатывает смысловое представление.

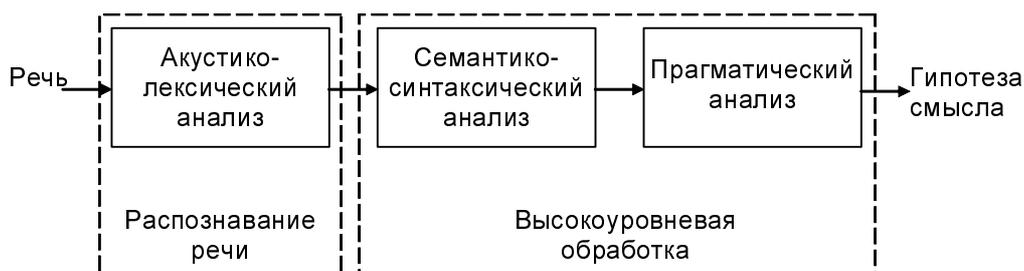


Рис. 1. Типовая схема понимания речи

На рис. 2 представлена интегральная модель понимания речи, разработанная группой речевой информатики и детально описанная в [3]. Процесс понимания строится на основе трех видов априорной информации: акустической, семантико-синтаксической и прагматической. Семантика и прагматика накладывают ограничения на естественно-языковую модель и они несут в себе знания о прикладной области и структуре диалога.

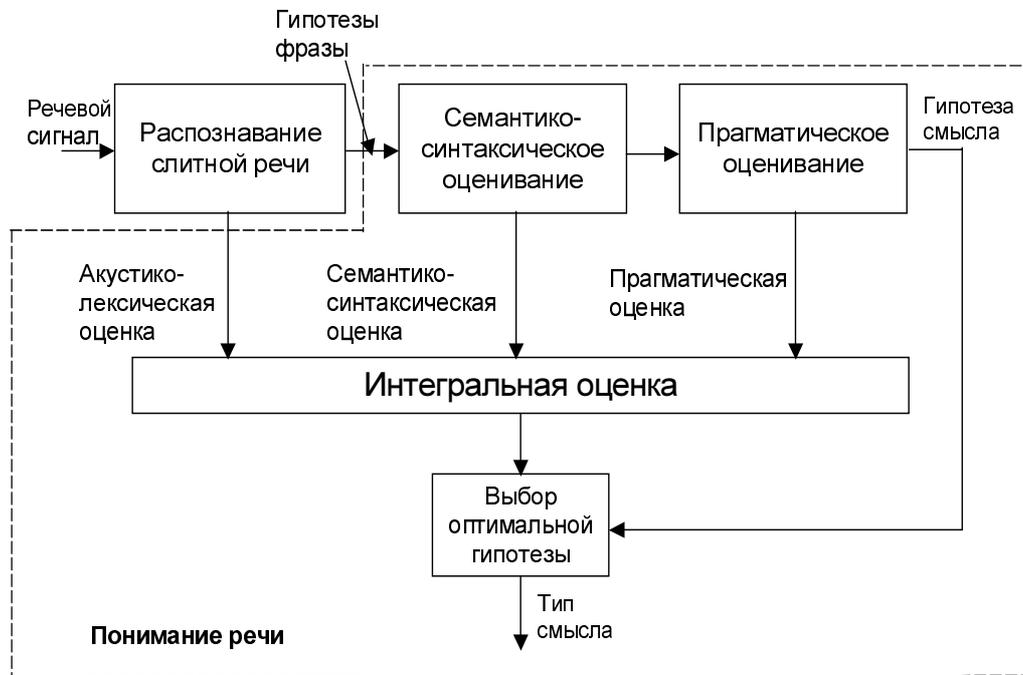


Рис. 2. Модель интегрального понимания речи

Понимание человеком речи зависит от знаний о мире, которыми он обладает (в частности, о концептах и связях между ними), т.е. онтологических знаний, которые в первую очередь основаны на семантико-прагматической информации. Для того чтобы представить онтологию предметной области в задаче понимания речи необходимо выбрать структуру общего представления знаний о предметной области, т.е. семантико-прагматических знаний.

В разделе 1.1 представлены предпосылки ситуативного восприятия, на базе которых разработана обобщенная ситуативная форма представления семантико-прагматической информации.

1.1. Предпосылки ситуативного восприятия речи

С появлением проблемно-ориентированных интеллектуальных систем возникла необходимость использования прагматической информации. Эта информация, по мнению философов [4] и психологов [5], значительно сокращает неопределенность и способствует более полному пониманию ЕЯ. С развитием этих областей знаний человек был включен в научную парадигму речи, как активный пользователь языка. Возникли такие понятия как речевой акт, речевое намерение, коммуникативная цель.

На рис. 3 показан процесс формирования высказывания у говорящего с точки зрения коммуникативной теории [6]. Здесь исходным моментом любого

речевого действия является ситуация, которая побуждает человека к речевому действию. Говорящий формирует речевой акт, опираясь на свое внутреннее представление о мире. В то время как слушающий активно интерпретирует услышанное, в соответствии со своим внутренним представлением. Здесь для нас важно, что мы понимаем под «внутренним представлением мира».

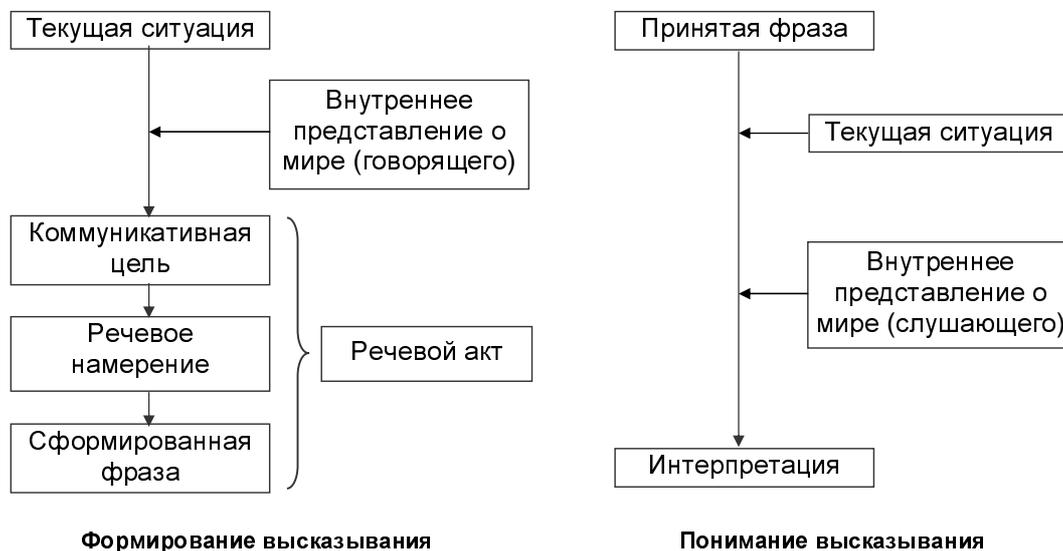


Рис. 3. Речевые процессы с точки зрения коммуникативной теории

С точки зрения ситуационной психологии в сознании человека информация об окружающем мире хранится в виде ситуативных феноменов или групп навыков, связанных с определенной ситуацией. Эти феномены находятся в латентном состоянии и актуализируются, когда человек оказывается в релевантных феномену условиях [5]. Новую информацию человек воспринимает через призму накопленных знаний. Таким образом, мышление человека опирается на ситуативную картину мира, складывающуюся из ситуативных феноменов, приобретенных в процессе жизнедеятельности.

1.2. Обобщенная форма представления ситуативной информации

Согласно американскому философу Х. Дрейфусу [4], человек воспринимает мир как контекст своей прагматической деятельности. Человек вносит изменения в окружающий мир и реализует речевое намерение посредством речевого акта. Речевой акт использует некий механизм, обеспечивающий понимание. Этот механизм мы называем «представлением смысла».

Наша гипотеза представления смысла основана на предположении, что «владение смыслом» проявляется в понимании смыслового тождества или сходства внешне различных высказываний [7]. То есть смысл представлен в виде множества равноценных перефразировок.

На рис. 4 показан механизм генерации различных речевых намерений и механизм понимания этих намерений (типов смысла) в сознании. Каждый тип смысла представлен подмножеством перефразировок, которые могут быть получены в процессе обучения.

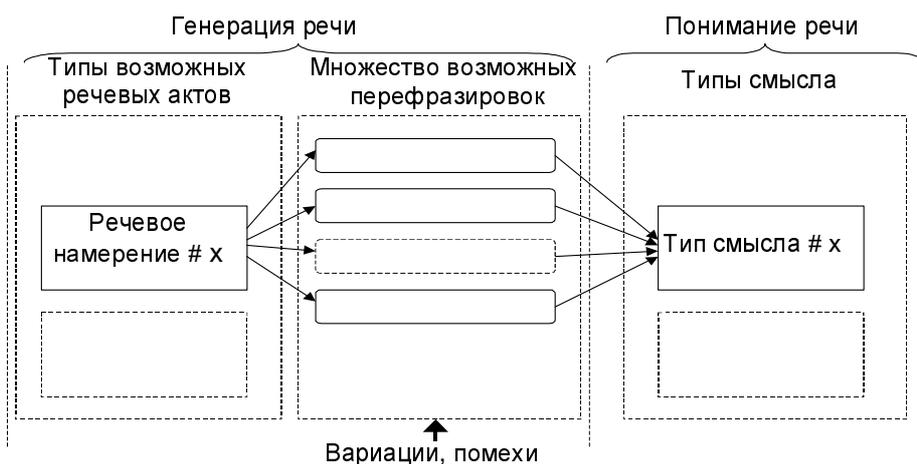


Рис. 4. Сущность понимания речи

Итак, опираясь на эту гипотезу и идею ситуативного восприятия, а также считая, что в любом виде речевой деятельности (речевое управление, МП, вопросно-ответные системы и т.д.) используется один и тот же механизм ситуативной обработки, мы можем предложить следующее:

- Ситуативная картина мира представляет собой постоянно пополняемый набор ситуаций. Определенная тема или прикладная область может быть отображена набором соответствующих ей ситуаций.

- Объединение отдельных ситуаций с учетом их логико-временных связей позволяет получить ситуативный каркас.

- Каждый переход из ситуации в ситуацию отражает суть речевого намерения, а именно — смысл высказывания. Смысл в соответствии с определением, представленным в данном разделе, отображается набором возможных перефразировок речевого высказывания.

Таким образом, обобщенная форма представления семантико-прагматической информации может быть отражена ситуативной диаграммой в виде ориентированного графа. Ее дуги являются переходами из ситуации в ситуацию, каждая дуга соответствует определенному смыслу и связана с подмножеством эквивалентных фраз, означающих определенное речевое намерение или конкретную команду. В общем случае связи могут распространяться не только слева направо, но и в обратном порядке. Кроме того, вход некоторой ситуации может быть соединен с выходами нескольких других ситуаций.

Типовой фрагмент диаграммы изображен на рис. 5. Ситуативная диаграмма любого речевого взаимодействия, отражающего конкретную задачу, может быть разбита на подобные типовые фрагменты.

В наших работах [8] была предложена экспертная ситуативная модель ПО для определенного класса задач, связанных с управлением техническими средствами (автомобиль, самолет, робот и т.д.).

В настоящий момент используются только экспертные методики создания ситуативных баз данных, которые являются весьма трудоемкими и зависят от квалификации эксперта. Для прикладных областей больших словарей потребуется разработка методов автоматической или полуавтоматической обработки данных предметной области, в зависимости от специфики конкретной прикладной области.

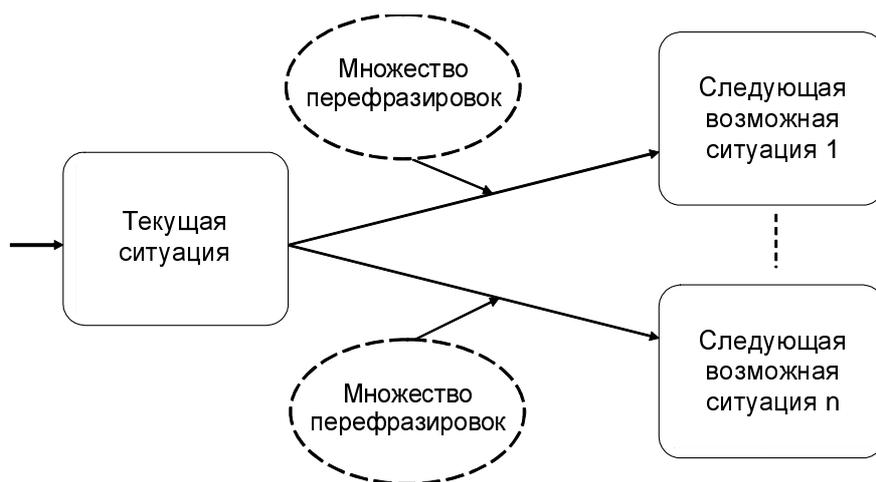


Рис. 5. Фрагмент ситуативной диаграммы

2. Онтология понимания ЕЯ

В области понимания ЕЯ онтология может быть представлена как семантика и прагматика в проекции на язык [9]. Как показано на рис. 6, онтология накладывает семантические и прагматические ограничения на языковую модель.

Для построения онтологии проблемы понимания ЕЯ необходимо использовать данные и методы процесса обработки ЕЯ. Онтология формируется на основе семантико-прагматической информации, извлекаемой экспертами соответствующей области приложения, а также на основе обобщенной формы представления ситуативной информации, которая описана в разделе 1.2.

В ходе концептуализации высокоуровневых данных задается структурный каркас семантико-прагматических знаний, т.е. накладываются семантико-прагматические ограничения. Данный каркас дополняется лингвистической составляющей (лингвистические фрагменты области приложения), что полностью удовлетворяет принципам построения прагматически-ориентированных систем. Такая модель также соответствует пониманию онтологии, как проекции семантики и прагматики на язык.

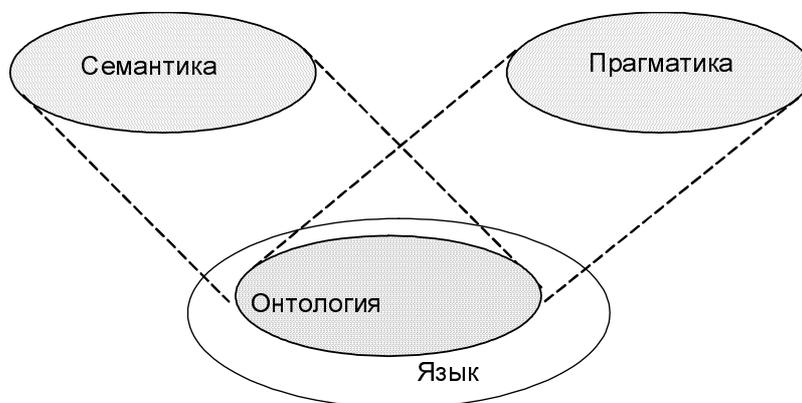


Рис. 6. Онтология для проблемно-ориентированных моделей обработки языка

2.1. Онтология проблемы интегрального понимания речи

В данном разделе содержится спецификация онтологии проблемы интегрального понимания речи. Поскольку модель обработки ЕЯ включает описание входных данных и данных области приложения, представленных словарем предметной области, ассоциативными и ситуативными данными, то онтология может быть грубо разделена на две части:

- спецификация входных данных, описанных классами понятий: *Hypothesis, Content*.
- спецификация баз данных, описанных следующими классами понятий: *Word, Assosiation, Situation, Transition, Rephrasing, TrWordList*.

На рис. 7 представлена онтология предметной области, содержащая все вышеуказанные классы понятий.

Для описания входных данных используются классы понятий *Hypothesis, Content*

На вход модуля высокоуровневой обработки поступает набор гипотез. Понятие *Hypothesis* характеризуется оценками соответствия входной гипотезы различным уровням понимания речи. Гипотеза *Hypothesis* представляет собой набор слов — *Content*, которые составляют содержание фразы. Класс *Word* описывает минимальную единицу высокоуровневого анализа, а набор экземпляров этого класса представляет собой словарь области приложения.

Атрибуты класса *Hypothesis*.

- ID — уникальный идентификатор гипотезы.
- E_{ac} — акустическая оценка, полученная на этапе акустического распознавания.
- E_{ass} — ассоциативная оценка гипотезы, отражающая степень его семантико-синтаксического соответствия.
- E_{prag} — прагматическая оценка, отражающая степень соответствия входной гипотезы и текущей ситуации.
- E_{int} — интегральная оценка, объединяющая акустическую, ассоциативную и прагматическую оценки. Интегральная оценка является основным критерием выбора оптимальной гипотезы.

Атрибуты класса *Content*.

- ID — уникальный идентификатор содержания гипотезы.
- *Hypothesis* — идентификатор гипотезы.
- N — количество слов в гипотезе.
- *Word1* — идентификатор первого слова гипотезы.
- *Word2* — идентификатор второго слова гипотезы.
- ...
- *WordN* — идентификатор N-го слова гипотезы.

Словарь предметной области описывается классом понятий *Word*.

Атрибуты класса *Word*.

- ID — уникальный идентификатор *Word*.
- *Text* — текст слова.

На этапе высокоуровневого анализа гипотезы проверяются на семантическое и прагматическое соответствие, проверка осуществляется через ассоциативное и ситуативное оценивание. Ассоциативное оценивание является упрощенным семантико-синтаксическим анализом, а ситуативное оценивание

выполняет прагматический анализ. Анализ проходит на основе ассоциативной и ситуативной моделей области приложения, которые сведены в высокоуровневую базу данных.

Ассоциативное оценивание выполняется на основе хранящихся в базе данных ассоциаций всех пар слов словаря области приложения.

Класс понятий *Association* характеризует степень связности каждой пар слов из словаря предметной области.

Атрибуты класса *Association*.

- *ID* — уникальный идентификатор *Association*.
- *Word* — идентификатор 1-го слова пары ассоциаций.
- *Word2* — идентификатор 2-го слова пары ассоциаций.
- *Estimation* — оценка ассоциативной связности пары слов.

При ситуативном оценивании гипотеза сравнивается с ограниченным набором перефразировок, которые соответствуют переходам из текущей ситуации в возможную следующую ситуацию. В соответствии с обобщенной формой представления ситуативной информации (раздел 1.2) выделены понятия:

Situation, Transition, Rephrasing, TrWordList

Структура ситуативного каркаса задается ситуациями (класс *Situation*) и переходами из ситуации в ситуацию (класс *Transition*). Понятие *Situation* отражает состояние системы - текущую ситуацию. Понятие *Transition* отражает связь между текущей и последующими ситуациями. Переход из ситуации в ситуацию отражается набором канонических фраз. Класс *RephrasingSet* указывает на набор канонических фраз для перехода. Каждая каноническая фраза представляет собой список слов, поэтому введен класс *TrWordList*.

Атрибуты класса *Situation*.

- *ID* — уникальный идентификатор ситуации.

Атрибуты класса *Transition*.

- *ID* — уникальный идентификатор соответствующего перехода.
- *Situation1* — идентификатор текущей ситуации.
- *Situation2* — идентификатор следующей ситуации.

Атрибуты класса *Rephrasing*.

- *ID* — уникальный идентификатор соответствующей перефразировки.
- *Transition* — идентификатор перехода.

Атрибуты класса *TrWordList*.

- *ID* — уникальный идентификатор соответствующего списка слов.
- *M* — количество слов в списке.
- *Word1* — идентификатор первого слова перефразировки.
- *Word2* — идентификатор второго слова перефразировки.

...

- *WordM* — идентификатор M-го слова перефразировки.

В соответствии с методами ситуативного оценивания введено понятие — *WordAttribute*, описывающее атрибут слова из фразы, в данном случае — вес слова. Фраза, содержащая наибольшее количество слов с большим весом получает наилучшую ситуативную оценку.

Атрибуты класса *WordAttributes*.

- *ID* — уникальный идентификатор атрибута.
- *TrWordList* — идентификатор списка слов.
- *Word* — идентификатор слова из словаря.

- *Weight* — вес слова.

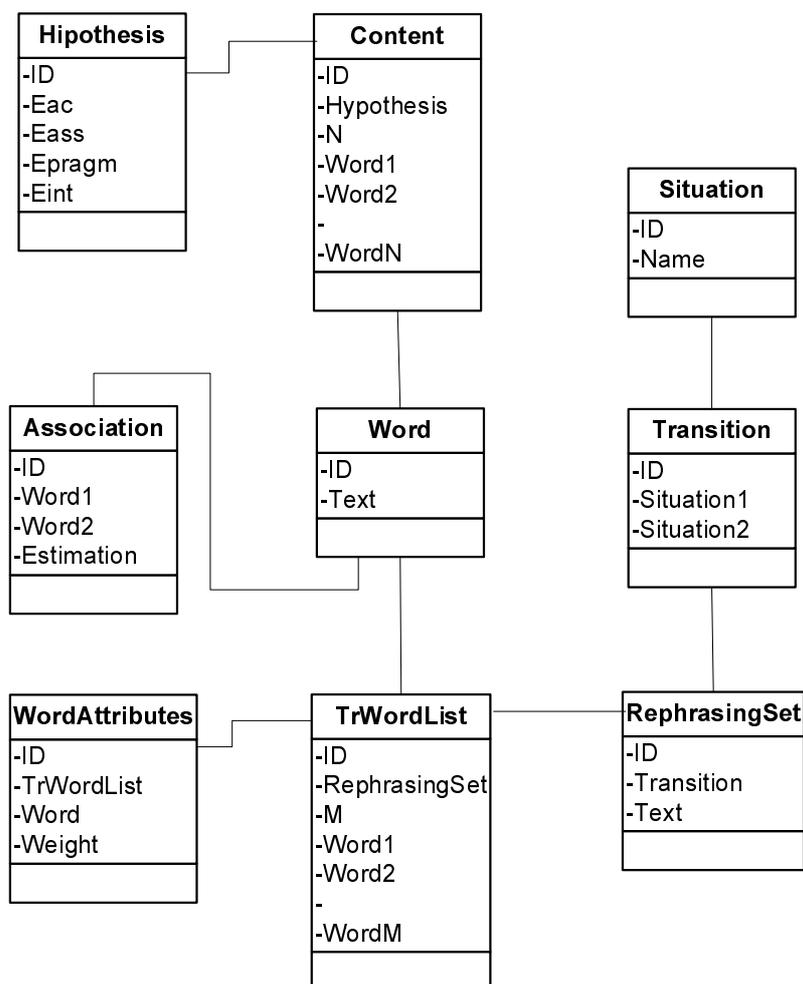


Рис. 7. Онтология предметной области

В данной модели представлены категории данных, используемые на различных этапах высокоуровневого анализа и обобщенная структура представления семантико-прагматических данных. Это обобщенное представление онтологии предметной области должно быть расширено за счет частных онтологий области приложения и диалога, о которых говорить в следующем разделе.

3. Онтология области приложения и онтология диалога

Как уже говорилось ранее, прагматика накладывает ограничения на ПО. Она также отражает контекстуальный каркас, который наиболее четко выражен в системах речевого диалога. Наиболее распространенными диалоговыми системами являются вопросно-ответные и запросно-ответные системы. Проектирование любой подобной системы начинают с анализа структуры диалога. По мере накопления опыта разработки и эксплуатации диалоговых систем появилась проблема неопределенности, связанная с описанием структуры диалога, его темы и целей, описанием свойств участников диалога,

механизмов восприятия и обработки речевых актов. В первую очередь это связано с отсутствием описания практических приложений систем человеко-машинного взаимодействия, что свидетельствует о необходимости комплексного подхода к построению модели диалога и области приложения.

Таким образом, важным в прагматически-ориентированных системах является построение максимально полной концептуально-функциональной модели области приложения и модели диалога, которые должны быть учтены в модели ПО системы понимания речи. Следовательно, при компьютерном моделировании речевого диалога необходимо учесть, по крайней мере, два вида онтологических знаний, необходимых для понимания (рис. 8):

- Онтологию области приложения диалога (авиация, справочные и т.д.);
- Онтологию диалога (тип и структуру диалога).

Онтология области приложения дополняет информацию о задаче структурными знаниями области, в которой происходит диалог, т.е. отвечает за логику работы приложения. В процессе понимания речи онтология области приложения используется для уменьшения неоднозначности входного высказывания, обобщения или разобщения принятых в области приложения понятий и терминов и т.д. Обзор возможных вариантов использования онтологий прикладных областей приведен в работе Milward и Beveridge [10].

Онтология диалога используется для представления информации, связанной с целью и природой диалога, безотносительно к специфической прикладной области, в которой происходит диалог. Онтология диалога выражает концептуальную информацию о типе диалоговых актов, которые происходят между участниками диалога. Онтология диалога накладывает ограничения на структуру и вид данных предметной области.

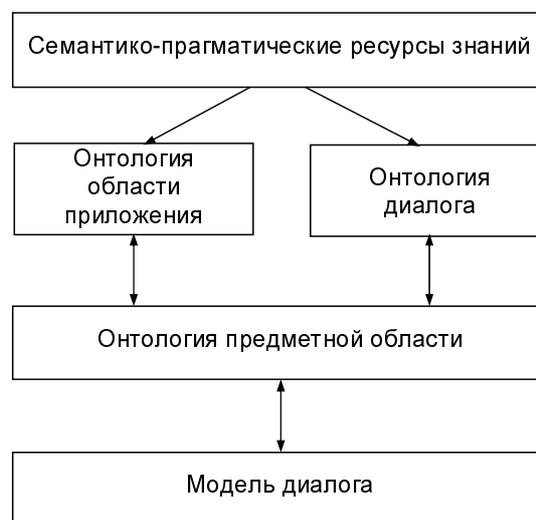


Рис. 8. Стратегия разработки модели диалога

4. Заключение

Прагматически-ориентированное моделирование тесно связано со спецификой предметной области, оно исходит из целей и задач приложения. В связи с этим возникла необходимость комплексного решения задач понимания речи и представления знаний и данных предметной области.

На сегодняшний день основным средством представления данных предметной области является онтология. Онтологический подход позволяет конкретизировать данные предметной области и способствует построению концептуальной модели.

В данной работе исследован вопрос проектирования онтологии на основе семантико-прагматической информации. Данное представление является не полным, поскольку не учитывает онтологии областей приложения и онтологии специфики диалога. В дальнейшей работе планируется исследовать возможность замены вручную спроектированной структуры диалога комбинацией базовых компонентов системы диалога (онтологии диалога) и прикладной онтологии (онтологии области приложения).

Построение концептуальной модели позволяет ясно и последовательно представить процесс понимания на уровне данных, что в свою очередь позволит решить проблемы эффективного представления, хранения и обработки данных предметной области, а также проблему создания единого информационного пространства системы понимания. Поэтому построение онтологии понимания речи является приоритетным направлением исследований речевых технологий.

Литература

- [1] Бухараев Р. Г. Сулейманов Д. Ш. Семантический анализ в вопросно-ответных системах. Казань: Изд-во. КГУ, 1990. 124 с.
- [2] Джексон П. Введение в экспертные системы. М.: Изд. «Вильямс», 2001. 622 с.
- [3] Косарев Ю. А., Ли И. В., Ронжин А. Л., Savage J. Методы понимания речи и текста. // Труды СПИИРАН / Под ред. Р.М. Юсупова, Вып. 1 т. 2. СПб: «Анатолия», 2002. С. 157–195.
- [4] Дрейфус Х. Чего не могут вычислительные машины. «Прогресс», М., 1978. 334 с.
- [5] Коган А. Состав личности и некоторые ее свойства в контексте ситуационного анализа // Сборник трудов Института психологии им.С.Г. Костюка АПН Украины. Том 2, часть 3 Киев, 2000. С. 80–92.
- [6] Гойхман О. Я., Надеина Т. М. Речевая коммуникация. М., Инфра-М, 2003. С. 10
- [7] Мельчук И. А. Опыт теории лингвистических моделей Смысл-Текст. М.: Наука, 1974. С. 10.
- [8] Kosarev Yu. A., Ronzhin A., Lee I., Karpov A., Savage J., Haritatos F. Robust Speech Understanding for Voice Control System // International Workshop SPECOM'2002, St. Petersburg, 2002. P. 13–18.
- [9] Нариньяни А. С. Кентавр по имени ТЕОН: Тезаурус + Онтология // Межд. Семинар ДИАЛОГ'2001. Том 1, Аксаково, Июнь 2001. С. 199–154.
- [10] Milward D, Beveridge M. Ontology-based dialogue systems // IJCAI-2003, 3rd Workshop on Knowledge and Reasoning in Practical Dialogue Systems, Aug 2003, Acapulco, Mexico. <<http://www.acl.icnet.uk/lab/PUBLICATIONS/ms386.pdf>>.