
УДК 004.81, 004.822, 004.825

А. Гази, канд. техн. наук
Университет им. короля Сауда
(Саудовская Аравия, эр-Рияд, Р. О. Вох 4341,
E-mail: ghazi@ksu.edu.sa)

Подход к моделированию диалогового процесса на основе агентных технологий

(Статью представил д-р техн. наук А. Ф. Верлань)

Рассмотрена проблема создания антропоморфного искусственного диалогового агента. Диалог (эротетический) представлен как последовательность информационных транзакций, исследована его структура и возможность использования особого языка тернарного описания.

Розглянуто проблему створення антропоморфного штучного діалогового агента. Діалог (еротетичний) подано як послідовність інформаційних транзакцій, досліджено його структуру і можливість використання особливої мови тернарного опису.

К л ю ч е в ы е с л о в а: диалоговый агент, информационная транзакция, эротетический диалог, язык тернарного описания.

Диалог «человек—человек». Результаты исследования природы диалога интересны не только для понимания этого феномена, но и для проведения дальнейших исследований в области искусственного интеллекта, а именно проектирования универсальных и специализированных диалоговых агентов, реализующих философию систем, «думающих, как человек», согласно классификации Рассела и Норвига [1].

Изучением различных аспектов диалогового взаимодействия между людьми занимаются теория разговора, эпистемология, когнитивная психология и эротетическая логика. Основываясь исключительно на субъективных предпочтениях и не претендуя на исчерпывающий список, укажем несколько ключевых публикаций, имеющих непосредственное отношение к теории диалога.

В области теории разговора это работы [2, 3], в которых термину «диалог» предпочтен термин «разговор», что, видимо, отражает намерение предложить теорию, охватывающую наиболее общие аспекты вербальной коммуникации в процессе обучения, ибо диалог обычно понимается как частный случай разговора.

В области эпистемологии — работы [4, 5], в которых диалоговый процесс — есть процесс целенаправленный, основанный на знаниях. В эпистемологии вообще и в упомянутых работах в частности обсуждаются и моделируются виды знаний, необходимые участникам вопросно-ответного общения.

В области когнитивной психологии — работы [6, 7], посвященные моделированию механизмов восприятия и внимания, поскольку эти механизмы формируют архитектуру когнитивной системы, которая необходима для осуществления диалогового взаимодействия.

В области эротетической логики — работы [8—10], посвященные исследованию и моделированию логической структуры вопросно-ответной пары и логическому выводу в ходе вопросно-ответного общения.

Наиболее близкими к исследуемой проблематике являются работы [11—17], посвященные искусственному интеллекту в диалоговых моделях и интеррогативному взаимодействию с информационной базой. Используя результаты указанных работ, рассмотрим вариант модели, названной «когнитивным циклом диалогового взаимодействия». Модель представлена в концептуальном базисе, который сформирован на основании анализа некоторого вербального диалогового взаимодействия.

Начальный концептуальный базис. Поскольку конечной целью исследований является антропоморфная модель искусственного диалогового агента, при формировании онтологического базиса будем использовать концепты, близкие к области моделирования прикладных систем искусственного интеллекта.

Назовем участников диалогового взаимодействия диалоговыми агентами. Их два. Случай, когда в диалоговом (разговорном) процессе участвуют более двух агентов, не рассматривается. Диалоговый агент может играть одну из двух ролей: активного диалогового агента и реактивного диалогового агента. Агент исполняет роль активного диалогового агента в том случае, когда ему необходимы знания, которые он предполагает получить от своего партнера по диалогу. Агент исполняет роль реактивного диалогового агента в том случае, когда он предоставляет имеющиеся у него знания своему партнеру по диалогу. В процессе диалога агенты могут обмениваться ролями.

Инициатором смены ролей, как правило, является реактивный агент. Активный агент удовлетворен своей ролью и, после смены ролей, старается восстановить прежнюю роль при первой возможности.

По отношению к распределению ролей между диалоговыми агентами можно различать два типа диалогов:

- 1) диалог с фиксированными ролями,
- 2) диалог со свободными ролями.

Для диалога с фиксированными ролями характерно фиксирование ролей агентов на протяжении всего диалога, а для диалога со свободными ролями предполагается возможность смены ролей: активный становится реактивным и наоборот.

Активный и реактивный агенты могут быть ассоциированы с одной или двумя личностями. В случае, когда диалоговое взаимодействие осуществляется между двумя личностями, диалог будем называть внешним. Однако диалоговое взаимодействие может происходить в виде «разговора с самим собой». В этом случае роль активного и реактивного агентов попеременно исполняет одна и та же личность. Такой диалог назовем внутренним. Внутренний вербальный диалог часто называют монологом, а ментальный — размышлением.

В случае внешнего диалога знания, запрашиваемые активным агентом, хранятся в долговременной памяти личности, играющей роль реактивного агента, а знания, на которые ссылается реактивный агент в своем ответе — в долговременной памяти личности, играющей роль активного агента. В случае внутреннего диалога и запрашиваемые и получаемые знания хранятся в долговременной памяти одной и той же личности.

Диалог представляет собой последовательность информационных транзакций между активным и реактивным агентами. Каждая транзакция является завершённым циклом обмена информацией. Характерной особенностью диалога, которая отличает его от других форм интерактивного взаимодействия (например, работу человека с прикладной системой баз данных), является наличие логической связи не только между компонентами отдельной транзакции, но и между самими транзакциями. Именно наличие такой логической связи объединяет отдельные транзакции в целенаправленный интеллектуальный процесс.

Транзакция представлена, в общем случае, двумя информационными посылками. Информационная посылка активного агента имеет статус вопроса. Слово «статус» означает, что информационная посылка активного агента не обязательно является вопросом в лингвистическом смысле. Она может принимать различные формы. Форма информационной посылки не влияет ни на цель отдельной транзакции, ни на цель диалога в целом. Для активного агента важным является получение доступа к запрашиваемым знаниям, а не форма запроса, с помощью которого, осуществляется этот доступ.

Анализ диалогов показывает, что информационные посылки активного агента могут варьироваться от простого вопроса «да/нет», до более

или менее продолжительного внутреннего диалога. Если такой внутренний диалог произносится вслух, то он получает статус вопроса и может соответствующим образом восприниматься реактивным агентом, например как просьба прокомментировать услышанное.

Информационную посылку активного агента, имеющую статус вопроса, будем понимать как поисковое предписание, необходимое для получения доступа к знаниям, хранящимся в долговременной памяти реактивного агента, или как ссылку на участок долговременной памяти реактивного агента.

Информационная посылка реактивного агента диалога имеет статус ответа и ее также можно понимать как поисковое предписание, необходимое для получения доступа к знаниям, хранящимся в долговременной памяти активного агента, или как ссылку на участок долговременной памяти активного агента, где хранятся запрашиваемые знания.

Информационная транзакция является «молекулой» диалога. Транзакции имеют интеррогативную природу. Поэтому при моделировании структуры диалоговой транзакции целесообразно использовать результаты, полученные при изучении и моделировании логической структуры вопросно-ответной пары (эротетическая логика). Поскольку транзакция, в общем случае, имеет структуру более сложную, чем вопросно-ответная пара, то, по всей видимости, необходимо некоторое количество формализмов, предлагаемых в эротетической логике.

Диалог является целенаправленным интеллектуальным процессом. Каждый из агентов диалога преследует достижение своей цели и поэтому в процессе диалогового общения они формируют свои информационные посылки так, чтобы достичь поставленной цели. При этом диалоговый процесс можно рассматривать как один из видов процесса решения проблем. В связи с очевидной связью проблематики диалога типа «человек—человек» с проблематикой решения проблем введем понятие диалоговое поведение, под которым будем понимать реализацию метода решения проблемы с помощью диалогового процесса.

Эротетический диалог, или диалог, в котором информационная посылка активного агента представляет собой вопрос в виде одного вопросительного предложения, а информационная посылка реактивного агента — ответ на этот вопрос, — это шаг в направлении упрощения реальной ситуации, имеющий несколько достоинств.

Во-первых, протокол практически любого реального диалога можно трансформировать в эротетический, сохранив при этом его цель и метод.

Во-вторых, исследование эротетического диалога может базироваться на более или менее формализованных теориях.

В-третьих, результаты, полученные при исследовании эротетического диалога, можно обобщить до полномасштабного естественного диалога.

С точки зрения грамматико-семантической дихотомии вопросно-ответных пар эротетическая логика в той ее части, где изучается логическая структура вопроса и релевантного ему ответа, предлагает семантическую структуру вопросно-ответной пары, инвариантную к способу ее представления. Важным представляется ответ на вопрос о том, сколько существует различных семантических структур вопросно-ответных пар (логических моделей). Либо их столько, сколько имеется типов вопросно-ответных пар, либо все вопросы имеют единую семантическую структуру.

Следуя интерпретации введенных понятий, вопрос активного агента следует интерпретировать как поисковое предписание. При такой интерпретации неявно предполагается, что реактивный агент уже обладает запрашиваемыми знаниями. Однако несложно представить ситуацию, когда для формирования запрашиваемых знаний реактивный агент должен не просто осуществить поиск в памяти, а предварительно выполнить некоторую ментальную работу. Поэтому относительно ментальных ресурсов реактивного агента, необходимых для формирования ответа, все вопросы разделим на две группы:

- 1) типа «поисковое предписание»,
- 2) типа «задача».

Для ответа на вопрос типа «задача» реактивный агент должен задействовать ресурс «внимание» и решить задачу, ассоциированную с вопросом. Ответом является вариант решения, полученный реактивным агентом.

Приведем несколько простых примеров вопроса типа «задача»:

Сколько лет будет твоему дедушке в следующем году, если он родился в 1948 году?

Какая будет завтра погода?

Первый вопрос требует использования ресурса «внимание» для проведения вычислений, а второй — для прогноза того, что случится в будущем.

Вопрос типа «поисковое предписание» предполагает, что в памяти реактивного агента имеются все возможные ответы, а структурные элементы вопроса позиционируют память на требуемый участок. Для формирования ответа на вопрос типа «поисковое предписание» не требуется использования ресурса «внимание». Пример вопроса:

Какая была погода вчера?

Каждый вопрос обладает некоторой степенью неопределенности. Относительно степени неопределенности все вопросы можно разделить, по крайней мере, на две группы:

- 1) неопределенные,
- 2) определенные.

Неопределенный вопрос означает, что ответ может принадлежать одному из нескольких классов ответов и при формировании ответа реактивный агент может использовать одну из двух следующих стратегий:

1) реактивный агент по своему усмотрению выбирает класс, которому принадлежит ответ;

2) реактивный агент, для снятия неопределенности, вместо ответа формирует уточняющий вопрос.

Второй случай можно рассматривать как одну из причин обмена ролями в эротетическом диалоге. Процесс уточнения вопроса может быть многошаговым, если, например, активный агент вновь передает неопределенный вопрос.

Рассмотрим следующий вопрос:

Кто живет за соседней дверью?

Это явно неопределенный вопрос. Ответ может принадлежать одному из нескольких классов: фамилия жильца, описание его внешности и др. Реактивный агент, получив такой вопрос и желая уточнить, какие знания запрашивает активный агент, может сформулировать следующий уточняющий вопрос:

Вы хотите знать фамилию жильца, который живет за соседней дверью, либо что-то другое?

Активный агент возвращает реактивному агенту вопрос в виде

Опишите жильца, который живет за соседней дверью?

Это тоже неопределенный вопрос, поскольку он предполагает несколько классов ответов: описание внешности, описание профессиональных качеств и др.

Определенные вопросы предполагают, что ответ принадлежит только одному классу. Анализируемый вопрос можно дополнить информацией, снимающей неопределенность, превратив его тем самым в определенный:

Как фамилия человека, который живет за соседней дверью.

Реактивный агент в ходе эротетического диалога формирует ответ исходя из содержания вопроса и той цели, которую он преследует в ходе диалога. Относительно цели реактивного агента можно сформулировать список психологических мотиваций, или принципов (может быть, неполный), которыми руководствуется реактивный агент при конструировании ответа:

- Я знаю, что запрашивается и отвечаю на вопрос.
- Я не знаю, что запрашивается, но знаю, кто знает, и отсылаю к нему.
- Я не знаю, что запрашивается и не знаю, кто это знает, и это сообщаю в своем ответе.

- Вопрос затрагивает нежелательные для меня темы, поэтому в ответе я скрываю часть информации.
- Вопрос затрагивает нежелательные для меня темы, поэтому в ответе я скрываю всю информацию.
- Вопрос затрагивает нежелательные для меня темы, поэтому я не передаю никакой информации и сообщаю об этом в ответе.

Знание—ориентированная структура транзакций эротетического диалога. Исследование структуры транзакции эротетического диалога будем рассматривать как развитие идеи базовой интеррогативной формулы Белнапа и Стила, постулирующей, что внутренняя структура вопроса представима в виде совокупности субъекта вопроса и требования вопроса [8]: $Intr = \langle Subj, Req \rangle$.

Вопрос — это попытка активного агента компенсировать нехватку знаний, необходимых ему для дальнейшего решения проблемы. В качестве ответа активный агент ожидает получить требуемую порцию знаний.

Важным элементом философии Белнапа и Стила, лежащим в основе их теории, является концепция субъекта вопроса. Эта концепция предполагает, что те вопросы, в формально-логическую модель которых включен субъект (например, вопросы типа «поисковое предписание»), не только определяют ответы, но и содержат их. Поэтому субъект вопроса можно воспринимать как ответ со значительной степенью неопределенности. Реактивный агент конструирует ответ из субъекта, трансформируя неопределенный субъект в определенный ответ.

Конструирование ответа реактивным агентом — это процесс, в котором участвует его система знаний. Субъект «позиционирует» сознание реактивного агента на фрагменте знаний, которые необходимы для формирования ответа.

В теории Белнапа и Стила способ представления знаний в субъекте весьма прост. Субъект — это набор предложений и, следовательно, элементарная порция знаний при этом — естественно-языковое предложение, структура которого, как правило, представляется в онтологическом базисе логики первого порядка. Простота представления элементарной порции знаний в субъекте порождает излишнюю сложность самой теории. Список классов субъектов неоправданно велик и весьма эклектичен. Отсутствует унифицированная формально-логическая модель «молекулы» знаний, из которых могут компоноваться субъекты вопроса в частности и система знаний вообще.

Для более тонкого моделирования субъекта вопроса, с точки зрения представления знаний, требуется использование формального языка с более унифицированной онтологией. В этом смысле привлекательным

является язык тернарного описания (ЯТО), первоначально предложенный Уемовым для формального описания параметрического варианта общей теории систем, а затем развитый в самостоятельную неклассическую логику [18— 20].

Введение в ЯТО. Исходным в ЯТО является объект. В зависимости от его роли в структуре знаний объект существует в форме вещи, свойства или отношения:

- объект-вещь;
- объект-свойство;
- объект-отношение.

Не поясняя понятия «объект-вещь» и «объект-свойство», рассмотрим понятие «объект-отношение». Общепринято использовать понятие отношения для обозначения взаимосвязи (взаимовлияния) нескольких вещей, т.е. отношение между вещами. Например, между двумя вещами можно установить отношение «больше». В контексте ЯТО под отношением часто понимается то, что образует вещь из составляющих ее элементов, т.е. отношение, существующее в вещи. Иными словами отношение, существующее в вещи — это другое наименование внутренней структуры вещи.

Бинарная ассоциация объекта-вещи с объектом-свойством, а также объекта-вещи с объектом-отношением порождает набор макетов элементарных порций декларативных знаний, включающих два объекта:

- вещь, обладающая свойством — формальное представление $(*)^*$;
- свойство, присущее вещи — формальное представление $(*)^*$;
- вещь, в которой существует отношение, — формальное представление $*(*)$;
- отношение, существующее в вещи, — формальное представление $*((*)$.

Для формального представления порций декларативных знаний, включающих два объекта, используется скобочная нотация. Символ «звездочка» указывает знакоместо символа объекта. Символ объекта-вещи записывается внутри круглых скобок, символ объекта-свойства — справа от круглых скобок, а символ объекта-отношения — слева от круглых скобок. Если символ объекта-вещи заключен в обычные (одинарные) скобки, то это означает, что ассоциация направлена от объекта-вещи к объекту- свойству или объекту-отношению. Словесно это формулируется так: вещь, обладающая свойством, или вещь, в которой существует отношение. Асимметричная (двойная) скобка означает, что ассоциация направлена от объекта-свойства или объекта-отношения к объекту-вещи. Например, свойство, присущее вещи, или отношение, существующее в вещи.

Следует заметить, что во всех публикациях, посвященных ЯТО, знакоместо внутри скобок используется только для символа объекта-вещи. Это исключает из набора макетов элементарных порций декларативных знаний и некоторые весьма полезные. Например: отношение, обладающее свойством, или свойство, присущее отношению.

Объект, в зависимости от степени определенности знаний о нем, существует в форме определенного, неопределенного или произвольного:

- определенный объект (обозначается символом t);
- неопределенный объект (обозначается символом a);
- произвольный объект (обозначается символом A).

Категории «вещь, свойство и отношение», а также «определенность, неопределенность и произвольность» независимы и формируют девять классов объектов:

- 1) определенный объект-вещь;
- 2) неопределенный объект-вещь;
- 3) произвольный объект-вещь;
- 4) определенный объект-свойство;
- 5) неопределенный объект-свойство;
- 6) произвольный объект-свойство;
- 7) определенный объект-отношение;
- 8) неопределенный объект-отношение;
- 9) произвольный объект-отношение.

Подставляя в макеты элементарных порций декларативных знаний вместо символа * один из символов t , a или A , получаем выражения для элементарных порций декларативных знаний. Например, выражение $(t) a$ обозначает знания о том, что некоторая определенная вещь обладает каким-то (неопределенным) свойством. Выражение $(t) a$ обозначает знания о том, что какое-то (неопределенное) свойство присуще определенной вещи. Выражение $(a) A$ обозначает знания о том, что произвольное свойство присуще какой-то (неопределенной) вещи. Выражение $a(t)$ обозначает знания о том, что в определенной вещи существует какое-то (неопределенное) отношение. Легко подсчитать общее количество таких выражений — 36.

Структура транзакции в ЯТО. В онтологическом базисе ЯТО знания, переносимые субъектом вопроса, будем моделировать четырьмя альтернативными формулами:

$$Subj = (t) a, \quad (1)$$

$$Subj = (a) t, \quad (2)$$

$$Subj = a(t), \quad (3)$$

$$Subj = t((a)). \quad (4)$$

Имеется несколько причин выбора формул (1) — (4) в качестве формально-логической модели субъекта. Во-первых, они являются обобщением всех известных автору примеров вопросов. Во-вторых, они хорошо согласуются с идеей о том, что субъект вопроса — это ответ на вопрос, но с большой степенью неопределенности, а реактивный агент конструирует ответ из субъекта, трансформируя неопределенный субъект в определенный ответ.

Один из объектов в формулах (1)—(4) является неопределенным объектом, и знания именно о нем активный агент ожидает получить от реактивного агента. Опишем психологическую мотивацию активного агента, формирующего вопрос с субъектом, который моделируется одной из формул (1) — (4):

Вопрос с субъектом $Subj = (t) a$ формируется активным агентом в случае, когда он хочет узнать, какими свойствами обладает данная вещь.

Вопрос с субъектом $Subj = (a) t$ формируется активным агентом в случае, когда он хочет узнать, каким вещам присуще данное свойство.

Вопрос с субъектом $Subj = a(t)$ формируется активным агентом в случае, когда он хочет узнать, какие отношения существуют для данной вещи.

Вопрос с субъектом $Subj = t((a))$ формируется активным агентом в случае, когда он хочет узнать, в каких вещах существует данное отношение.

Недостатком ЯТО является его плохая приспособленность для использования в качестве теоретической основы при моделировании программных систем. Практически пригодным для разработки программных систем ЯТО станет тогда, когда будет предложен способ трансформации его онтологического базиса в типы или структуры данных. В исследуемом случае рассматривается, в первую очередь, даталогическая интерпретация неопределенного объекта.

Неопределенность декларативных знаний в субъекте, относительно когнитивных моделей памяти и сознания, будем трактовать, как позиционирование сознания на некоторую обширную область памяти, а трансляцию неопределенного субъекта в определенный ответ — как процедуру сужения этой области. Степень сужения определяется требованием вопроса. Если структура декларативных знаний не гомогенна, а может быть представлена множеством порций знаний, то указанная процедура сужения знаний может осуществляться посредством селекции подмножества порций знаний из некоторого множества порций знаний.

Таким образом, будем считать, что неопределенность объекта в формально-логической модели субъекта предопределяет выбор на множестве

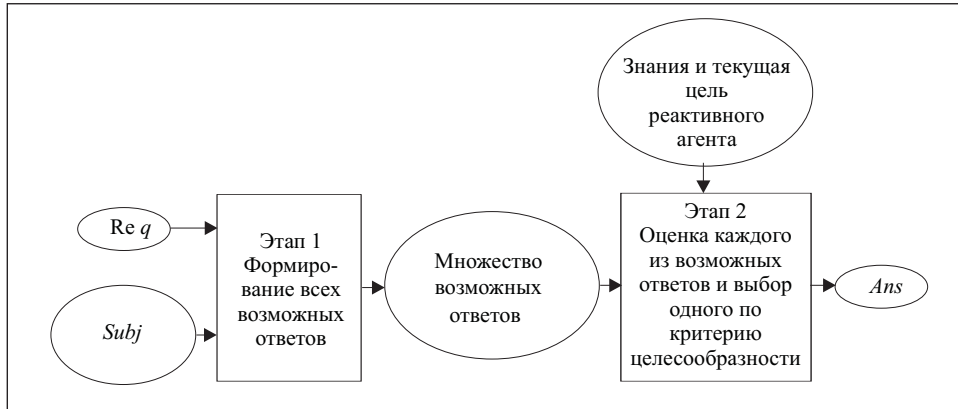


Рис. 1. Схема процесса формирования ответа: *Subj* и *Req* — субъект и требование вопроса; *Ans* — ответ

родственных объектов. Ясно, что операцию выбора осуществляет реактивный агент. Неопределенность снимается после того как выбор сделан. Несмотря на то что на заданный вопрос активный агент ожидает получить один ответ, субъект и требование вопроса предопределяют множество ответов. Поэтому ментальную деятельность реактивного агента по формированию ответа умозрительно разделим на два этапа.

На первом этапе формируется множество возможных и синтаксически корректных ответов. Этот этап полностью детерминирован субъектом и требованием вопроса и, вообще говоря, не зависит от системы знаний и текущих целей реактивного агента.

На втором этапе из множества возможных ответов выбирается один. Выбор предполагает возможность оценки каждого из возможных ответов и наличия критерия целесообразности выбора. Этот этап детерминирован системой знаний и текущей целью реактивного агента. На рис. 1 представлена схема процедуры формирования ответа реактивным агентом в виде системы вход—процесс—выход.

Система знаний реактивного агента и цель, которую он пытается достичь в диалоговом процессе, детерминируют выбор элементов субъекта и формирование из них единственного ответа.

С учетом предлагаемой диалогической интерпретации неопределенности вместо неопределенных объектов в моделях декларативных знаний, переносимых субъектом вопроса, используем списки объектов и перепишем формулы (1) — (4) в виде

$$Subj = \langle \text{объект-вещь} \rangle \{ \text{список объектов-свойств} \}; \quad (5)$$

$$Subj = \langle \text{объект-свойство} \rangle \{ \text{список объектов-вещей} \}; \quad (6)$$

$$Subj = \langle \text{объект-вещь} \rangle \{ \text{список объектов-отношений} \}; \quad (7)$$

$$Subj = \langle \text{объект-отношение} \rangle \{ \text{список объектов-вещей} \}. \quad (8)$$

Формулы (5)—(8) — это даталогические аналоги формул (1)—(4), моделирующие декларативные знания, передаваемые реактивному агенту в субъекте вопроса в зависимости от того, что хочет узнать активный агент. Приведем еще две формулы, моделирующие субъект вопроса и невыражаемые в ЯТО в силу того, что в формулах этого языка внутри скобок может фигурировать только объект-вещь:

$$Subj = \langle \text{объект-свойство} \rangle \{ \text{список объектов-отношений} \}; \quad (9)$$

$$Subj = \langle \text{объект-отношение} \rangle \{ \text{список объектов-свойств} \}. \quad (10)$$

Объекты, являющиеся элементами списков в формулах (5) — (10) будем называть конституэнтами. Ясно, что конституэнты — это определенные объекты.

Каждая из моделей декларативных знаний, переносимых субъектом вопроса и представленная формулами (5) — (10), моделирует класс вопросов. Каждому классу вопросов соответствует класс ответов, даталогическая модель которых совпадает с даталогической моделью соответствующего субъекта. Различие заключается в том, что количество элементов списка ответа меньше или равно количеству элементов списка соответствующего субъекта. В естественно-языковой форме классы ответов могут быть представлены в следующем виде:

$$Ans = \langle \text{вещь} \rangle \text{ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВАМИ} \{ \text{список свойств} \};$$

$$Ans = \langle \text{свойство} \rangle \text{ПРИСУЩЕ ВЕЩАМ} \{ \text{список вещей} \};$$

$$Ans = B \langle \text{вещи} \rangle \text{СУЩЕСТВУЮТ ОТНОШЕНИЯ} \{ \text{список отношений} \};$$

$$Ans = \langle \text{отношение} \rangle \text{СУЩЕСТВУЕТ В ВЕЩАХ} \{ \text{список вещей} \};$$

$$Ans = \langle \text{свойство} \rangle \text{ПРИСУЩЕ ОТНОШЕНИЯМ} \{ \text{список отношений} \};$$

$$Ans = \langle \text{отношение} \rangle \text{СУЩЕСТВУЕТ В СВОЙСТВАХ} \{ \text{список свойств} \}.$$

Когнитивный цикл эротетического диалога. Рассмотрим диалоговое общение людей относительно когнитивных систем и процессов, участвующих в восприятии и формировании элементов транзакции. Будем исследовать эротетический тип диалога в надежде, что полученные результаты могут быть обобщены и на случай полномасштабного диалога.

Формальное представление диалога позволяет перейти от поверхностных описаний к более глубоким абстракциям и отношениям, свойствен-

ным диалоговому процессу. Формальные модели диалога ценны также в прикладном аспекте. Прикладная ценность модели подразумевает возможность ее использования в качестве основы для разработки спецификаций будущей программной системы.

Диалоговая программная система ориентирована на постоянное общение с пользователем, которое для этого класса программных систем является жизненно важной частью ее функционирования. Поэтому при разработке формальной модели диалогового процесса важным аспектом является ее адекватность психологии диалога (или адекватность теории процесса восприятия и переработки информации человеком). Если в основу формальной модели диалога положены «удачные» психологические модели, то можно ожидать, что искусственные диалоговые агенты наиболее естественным образом наследуют гибкость и универсальность системы восприятия и переработки информации человеком.

Среди множества моделей, предлагаемых когнитивной психологией и имеющих отношение к диалоговому процессу, наиболее целесообразно остановиться на моделях, описывающих диалог на уровне, инвариантном процессу генерации вопросно-ответных транзакций, поскольку генерация вопросов и ответов в значительной степени зависит от предметной области конкретного диалога, его цели и характера задачи, решаемой в процессе диалога. Модель диалога, важная в прикладном аспекте, должна описывать некоторую «машину диалога», работа которой инвариантна предметной области.

В той версии когнитивной психологии, которая исповедует принципы информационной переработки, можно выделить несколько когнитивных подсистем, имеющих отношение к диалоговому процессу: сенсорная подсистема, подсистема перцепции, подсистема фокусировки внимания, подсистема категоризации и запоминания.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в перцепции участвуют два направленных навстречу друг другу ментальных процесса, называемые восходящим (направлен от сенсорной системы к долговременному хранилищу) и нисходящим (направлен от долговременного хранилища к периферии) [21].

У. Нейсер [6] предложил модель, интегрирующую отмеченные процессы и названную циклом перцепции. Цикл Нейсера, с нашей точки зрения, является одной из ключевых абстракций, объединяющей многие практические и теоретические результаты в области когнитивной психологии. Цикл проводит весьма условную границу между окружающей средой и ее отображением в ментальную систему человека. С точки зрения Нейсера, когнитивная структура, являющаяся ключевой в процессе перце-

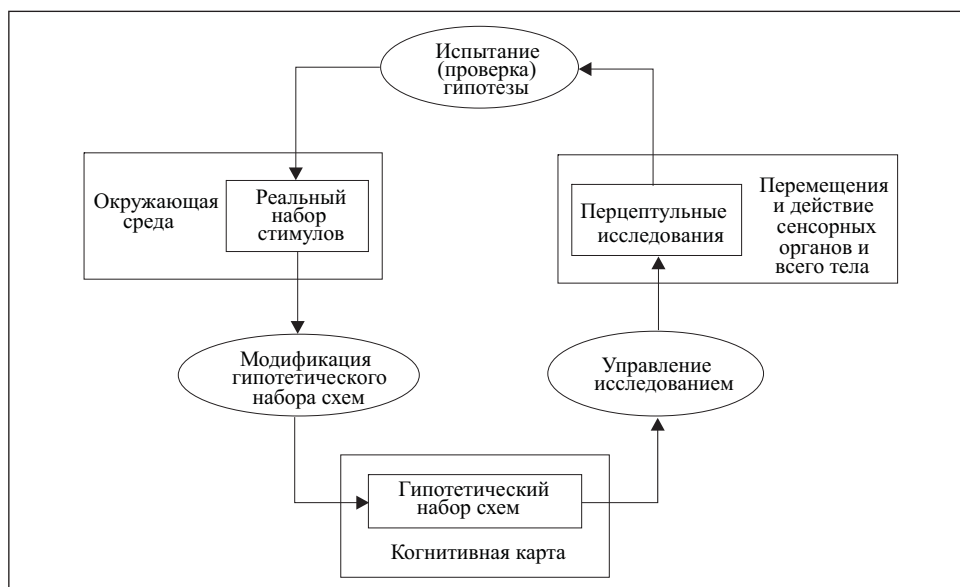


Рис. 2. Перцептуальный цикл Нейсера

пции, — это набор схем, готовых к восприятию, или гипотетический набор схем. На рис. 2 представлен цикл перцепции Нейсера в интерпретации автора.

Гипотетический набор схем совместно с перцептуальным исследованием определяет информацию, которая будет воспринята и категоризирована. Перцепция является конструктивным процессом в том смысле, что в каждый момент времени конструируется очередной гипотетический набор схем, встроенный в более обширную когнитивную структуру, названную когнитивной картой [22].

Образование очередного гипотетического набора схем порождает процесс перцептуального исследования окружающей среды с целью установления степени адекватности гипотетического набора схем набору реальных окружающих стимулов. Процесс исследования предполагает перемещение сенсорных органов, головы и всего тела. Наиболее ярким примером перцептуального исследования является ощупывание предмета при его тактильном восприятии. Процесс перцептуального исследования завершается тем, что сенсорная система фокусируется на конкретном наборе стимулов окружающей среды.

Сенсорная система формирует информационные массивы, которые затем воспринимаются как реальный набор схем. Воспринятый реальный набор схем является причиной модификации гипотетического набора.

Суть процесса модификации текущего гипотетического набора схем, как было указано выше, заключается в конструировании последующего гипотетического набора.

Следует заметить, что гипотетический набор схем формируется из ранее воспринятых и запомненных схем, составляющих когнитивную карту. Таким образом, согласно циклу Нейсера предполагается, что процесс перцепции детерминируется двумя факторами: окружающей средой и прошлым перцептивным опытом.

Цикл Нейсера хорошо моделирует процесс рутинной перцепции, под которым понимается процесс последовательной фокусировки сенсорной системы на внешних, не представляющих угрозы (не подозрительных) стимулах. Перцепция подозрительных стимулов, очевидно, требует модификации цикла Нейсера. Например, поскольку «обработка» подозрительных стимулов должна выполняться быстро, то, очевидно, подозрительные стимулы должны прерывать рутинную перцепцию на любой ее стадии.

По отношению к любому из агентов диалога диалоговый процесс аналогичен процессу перцептивного взаимодействия человека с окружающей средой. Отличие заключается в том, что в процессе диалога главные компоненты сенсорной системы человека — зрительный и слуховой анализаторы — подключены не к «естественной» окружающей среде, а к «искусственной», формируемой потоками зрительных и звуковых стимулов, генерируемых противоположным агентом диалога.

Таким образом, в диалоговом процессе реальная окружающая среда подменяется искусственной. Однако очевидно, что перцепция и последующая переработка как стимулов, порождаемых искусственной средой (диалоговым агентом), так и стимулов, генерируемых естественной окружающей средой, осуществляется по одним и тем же правилам и законам и одной и той же цепью подсистем переработки информации человеком.

Введенные ранее базовые понятия диалога вообще и эротетического диалога в частности позволяют трансформировать цикл Нейсера и построить на его основе цикл эротетического диалогового процесса, представленный на рис. 3.

Начнем описание цикла с определения понятия шаг диалога, под которым понимаем отдельную транзакцию. Будем считать, что шаг начинается с момента, когда активный агент оперирует относительно небольшим набором ответов, названным набором ожидаемых ответов. Предполагается, что реальный ответ, генерируемый реактивным агентом, совпадает с одним из ответов, входящих в набор ожидаемых ответов. Набор ожидаемых ответов является частным случаем гипотетического набора схем цикла Нейсера (см. рис. 2). Таким образом, одной из основных когни-

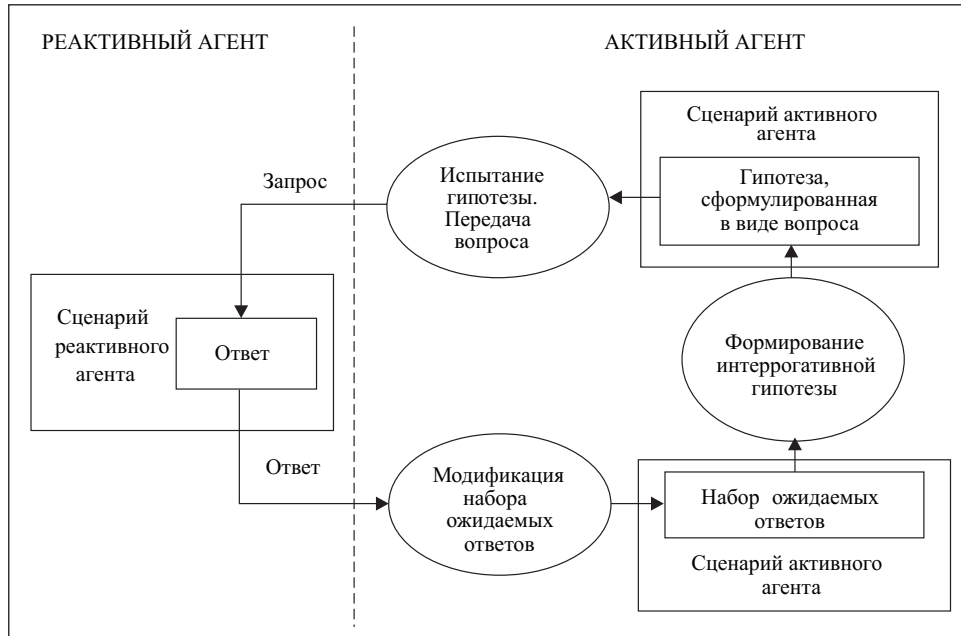


Рис. 3. Цикл диалогового процесса

тивных структур, которой оперирует активный агент, является схема-ответ, или ментальное представление структуры ответа.

Набор ожидаемых ответов встроен в более обширную когнитивную структуру — сценарий активного агента, являющуюся аналогом когнитивной карты цикла Нейсера. Неявно предполагается, что сценарий активного агента включает все необходимые для данного диалога схемы-ответы и что набор ожидаемых ответов — это некоторое подмножество ответов из сценария, релевантное данному шагу диалога.

После восприятия и распознавания реального ответа, полученного от реактивного агента, осуществляется модификация набора ожидаемых ответов, смысл которой состоит в подготовке следующего шага диалога. Формируется новый набор ожидаемых ответов, включающий ответ, ожидаемый на следующем шаге. В процессе модификации текущий набор ожидаемых ответов может быть заменен полностью или частично.

Восприятие и распознавание реального ответа порождает два процесса. Один из них — это описанный процесс модификации набора ожидаемых схем, а другой — процесс генерации очередного вопроса. Ясно, что ответ детерминируется вопросом, и то, какой реальный ответ будет получен от реактивного агента в следующий момент, определяется вопросом, сформированным активным агентом в данный момент.

Одно из отличительных свойств диалога — его целенаправленность. За внешним процессом обмена вопросами и ответами всегда стоит процесс достижения цели. В случае активного агента под целью можно понимать получение от реактивного агента некоторого факта в виде ожидаемого целевого ответа или реализацию диалогового процесса по некоторой целевой «траектории». Целенаправленный характер диалога подразумевает, что вопросы активного агента формируются не произвольно, а в «направлении» достижения цели. Управлять этим процессом активный агент может только построением интеррогативной гипотезы (имеющей структуру вопросительного предложения), формулировкой релевантного вопроса и испытанием гипотезы посредством передачи ее реактивному агенту.

Это подтверждается протоколами диалогового взаимодействия студентов с некоторыми интеллектуальными тьюторскими системами. Приведем фрагмент диалога с программой WHY [23, 24], в которой в качестве метода обучения использован метод Сократа:

WHY: *Как вы думаете, в амазонских джунглях сильные или слабые дожди?*

(Правило 1: *Запрашивать для прогноза конкретного случая*).

Студент: *Сильные дожди.*

WHY: *Почему в амазонии сильные дожди?*

(Правило 2: *Запрашивать, как в предыдущем случае*).

В приведенном фрагменте диалога присутствуют правила 1 и 2, на основании которых WHY (активный агент) формирует интеррогативные гипотезы.

Схема-вопрос, являющаяся ментальным представлением структуры вопроса, наряду со схемой-ответом, — одна из основных когнитивных структур, которыми оперирует активный агент. Предполагается, что схемы-вопросы, необходимые для данного диалога, также встроены в сценарий активного агента.

Концепция когнитивной карты и ее частного случая — сценария диалога — указывают на то, что активный агент-человек не «вычисляет» очередной вопрос с помощью некоторого «супералгоритма», а отыскивает его в памяти вопросов, используя в качестве метода доступа к памяти вопросов метод достижения цели диалога. Следовательно, метод доступа к памяти вопросов является хранилищем метода достижения цели диалога, или диалоговым методом решения задачи.

В приведенном фрагменте диалога с WHY диалоговый метод решения задач представлен в виде двух правил. Концепты память вопросов и диалоговый метод решения задачи входят в объем понятия «сценарий» активного агента и детализируют его структуру.

При интроспекции и анализе реальных эротетических диалоговых процессов обнаруживается, что существует неоднозначная связь между конкретным ответом и генерируемым вопросом, т.е. на разных шагах диалога на один и тот же ответ активный партнер может генерировать различные вопросы. При разработке диалоговых методов решения задач для моделирования указанной неоднозначности предлагается учитывать следующие три принципа.

1. Принцип «глубины» диалога означает, что диалоговый метод при формировании вопроса учитывает как воспринятый ответ, так и номер шага диалогового процесса. На различных шагах диалога на один и тот же ответ могут быть сформированы разные вопросы.

2. Принцип «истории» ответов означает, что диалоговый метод при формировании вопроса учитывает как воспринятый ответ, так и семантику ранее воспринятых ответов. На одном и том же шаге диалога на один и тот же ответ могут быть сформированы разные вопросы в зависимости от того, какие ответы были получены на предыдущих шагах.

3. Принцип «истории» вопросов означает, что диалоговый метод при формировании вопроса учитывает как воспринятый ответ, так и семантику ранее сформированных вопросов. На одном и том же шаге диалога на один и тот же ответ могут быть сформированы разные вопросы в зависимости от того, какие вопросы были сформированы на предыдущих шагах.

Диалоговый цикл, приведенный на рис. 3, хорошо описывает «гармоничный диалог», соответствующий циклу Нейсера для случая рутинной перцепции. Под гармоничным диалогом понимается такой диалог, когда оба агента удовлетворены своими ролями и не хотят их изменять. Однако гармоничный диалог не всегда возможен. Каким образом учесть возможность нарушения гармоничного диалога и изменения текущих ролей диалоговых агентов на противоположные?

Как упомянуто выше, инициатором смены ролей обычно выступает реактивный агент, а признаком момента смены ролей является генерация и передача активному агенту сообщения, имеющего статус вопроса. Поэтому одним из способов учета возможности смены ролей может быть включение в список ожидаемых ответов «детектора вопроса». Детектор вопроса может быть включен в каждый набор ожидаемых ответов (тогда агенты могут сменить роли на любом шаге) или только в некоторые наборы ожидаемых ответов (тогда роли агентов могут быть изменены только в некоторых, заранее определенных, шагах).

Выводы

Предложенные формализмы, моделирующие транзакцию диалога в контексте представления знаний для случая эротетического диалога, и модель когнитивного цикла эротетического диалогового процесса можно считать развитием результатов, описанных в работах [11—17].

The anthropomorphic artificial dialog agent creation problem is considered in the article. A dialog (in particular, erotetical) is analyzed as a sequence of informative transactions, its structure and possibility of presentation of the special ternary description language have been studied.

1. *Russell S., Norvig P.* Artificial Intelligence: A Modern Approach. Second Edition.— New Jersey: Prentice Hall, 2003.
2. *Pask G.* Conversation theory: Applications in education and epistemology. — Amsterdam : Elsevier, 1976.
3. *Grice H. P.* Studies in the way of words. — Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press, 1991.
4. *Hintikka J.* Socratic Epistemology: Explorations of Knowledge Seeking by Questions. — Cambridge University Press, 2007.
5. *Schaffer J.* Knowing the answer// Philosophy and Phenomenological Research. — 2007. — Vol. LXXV, No. 2.
6. *Neisser U.* Cognition and Reality. — San Francisco : W. H. Freeman and Company, 1976
7. *Kahneman D.* Attention and Effort. — New Jersey : Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1973.
8. *Nuel B., Steel T.* The Logic of Questions and Answers. — New Haven, 1976.
9. *Hintikka J.* Questions about questions. In M. K. Munitz and P. K. Unger (Eds.). — N. Y. : Semantics and Philosophy New York University Press, 1974. — P.103—158.
10. *Wisniewski A.* The Posing of questions: Logical Foundations of Erotetic Inference. — Kluwer Academic Publishers, 1995.
11. *Чмырь И. А., Попов П. С.* Сценарий диалога и его структурные элементы// Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО —1991. — Вып. 3. — С. 87—95.
12. *Чмырь И. А., Попов П. С.* Экспертные системы на базе сетевой диалоговой модели// Там же. — 1992. — Вып. 3—4. — С. 42—51.
13. *Чмырь И. А., Сараева И. В.* Логические основы интеррогативного взаимодействия с информационной базой. Проблемы интеллектуального развития организационных систем// Тез. докл. и сообщ. 7 Всесоюз. конф. Новосибирск, 1—3 октября 1991 г. — Новосибирск, 1991.
14. *Верлань А. Ф., Чмырь И. А.* Системы со встроенным интеллектом на базе архитектуры машины диалога// Электрон. моделирование. — 2001. — 23, № 1. — С. 75—83.
15. *Верлань А. Ф., Чмырь И. А.* Объектно-ориентированное моделирование: Учеб. пособие. — Одесса : ОРИГУ НАГУ, 2005. — 246 с.
16. *Верлань А. Ф., Чмырь И. А., Велев Д. Г.* Когнитивные основы и концептуальный базис диалогового процесса// Бизнес информатика: Сборник доклады от международна научна конференция по повод 40 та годишнина на специалност “Информатика”. Под общата научна редакция на проф. д. ик.н. А. Бъчваров. — София, 2007. — С. 44—56.
17. *Верлань А. Ф., Чмырь И. А., Ахатов А. Р., Бобомурадов О. Ж.* Системы искусственного интеллекта. Методич. пособие. — Самарканд : Изд-во СамГУ, 2009. — 121 с.

18. *Uyemov A.* The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part I // *Int. J. of General Systems.* — 1999. — Vol. 28 (4-5). — P. 351—366.
19. *Uyemov A.* The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part II // *Ibid.* — 1999. — Vol. 31(2). — P. 131—155.
20. *Uyemov A.* The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part III // *Ibid.* — 2003. — Vol. 32(6). — P. 583—623.
21. *Kellogg R. T.* *Cognitive Psychology.* — SAGE publications Ltd., 1995. — 523 p.
22. *Tolman E. C.* Cognitive Maps in Rats and Men // *Psychological Review.* — 1975. — Vol. 55. — P. 189—208.
23. *Collins A., Stevens A. L.* Goals and Strategies for inquiry Teachers. Ed. R. Glaser. *Advances in Instructional Psychology.* Vol. 2. — New Jersey, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. — 1982. — P. 165—181.
24. *Collins A.* Processes in Acquiring Knowledge. In Anderson R. C., Spiro R. J. and Montague W. E. (Eds.) *Schooling and the Acquisition of Knowledge.* — New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1977. — P. 25—39.

Поступила 26.01.11;
после доработки 03.02.11