

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕКЛАРАТИВНЫХ ЗНАНИЙ В ДИАЛОГОВОЙ ТРАНЗАКЦИИ**

**Анотація.** Статтю присвячено дослідженню і моделюванню внутрішньої структури транзакції еротетичного діалогу з кінцевою метою побудови штучного антропоморфного діалогового агента. На основі аналізу реальних діалогів сформовано онтологічний базис натурального діалогового процесу, що лежить в основі викладу. У статті пропонується спектр моделей, що пояснюють внутрішню організацію діалогової транзакції з точки зору представлення знань. Моделі синтезовані на основі лінгвонезалежних сутностей представлення декларативних знань.

**Ключові слова:** діалоговий агент, еротетичний діалог, діалогова транзакція, представлення знань.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию и моделированию внутренней структуры транзакции эротетического диалога с конечной целью построения искусственного антропоморфного диалогового агента. На основе анализа реальных диалогов сформирован онтологический базис естественного диалогового процесса, лежащий в основе последующего изложения. В статье предложены спектр моделей, поясняющих внутреннюю организацию диалоговой транзакции с точки зрения представления знаний. Модели синтезированы на основе лингвонезависимых сущностей представления декларативных знаний.

**Ключевые слова:** диалоговый агент, эротетический диалог, диалоговая транзакция, представление знаний.

**Abstract.** This paper deals with investigation and modeling of the inner structure of erotetic dialogue transaction with the final objective to construct an artificial humanlike dialogue agent. An ontological basis, underlying follow-up reasoning, was obtained from the analysis of one of Plato's dialogues, *Protagoras*. The paper proposes a spectrum of models explaining internal organization of the dialogue transaction from knowledge representation point of view. The models are synthesized on the basis of linguaindependent entities of declarative knowledge representation.

**Keywords:** dialogue agent, erotetic dialogue, dialogue transaction, knowledge representation.

### **1. Введение**

Диалоговые агенты являются предметом внимания многих исследователей в области прикладных систем искусственного интеллекта. Поиск в Web порождает более семи миллионов ссылок на Web-страницы, включающие словосочетание «диалоговый агент». Однако публикации, посвящённые диалоговым агентам, даже те из них, которые обсуждают теоретические вопросы моделирования диалога, как правило, освещают решение частных проблем диалоговых программных приложений. В то же время существуют научные направления, имеющие непосредственное отношение к исследованию природы диалога. Результаты, полученные в рамках этих направлений, ценны для исследователей в области искусственного интеллекта, занимающихся проектированием универсальных и специализированных диалоговых агентов и исповедующих философию систем «думающих как человек» [1].

Изучением различных аспектов диалогового взаимодействия занимаются теория разговора, эпистемология, когнитивная психология и эротетическая логика. Не претендуя на исчерпывающий список, отметим несколько работ, имеющих отношение к содержанию настоящей статьи.

В области эпистемологии – работы Хинтиikka и Шаффера [2, 3]. В отмеченных работах обсуждаются и моделируются виды знаний, которые необходимы для вопросно-ответного общения.

В области эротетической логики – работы Бэлнапа и Стила, Хинтиikka, Висниевско-го [4–6], посвящённые исследованию и моделированию структуры вопросно-ответной пары и логическому выводу в ходе вопросно-ответного общения.

Для формирования онтологического базиса, ориентированного на естественный «человеческий» диалог, автором исследован фрагмент одного из диалогов Платона, названный Протагор [7, с. 202 – 205]. Фрагмент состоит из тринадцати транзакций, однако ниже приведены только те из них, которые использованы в тексте статьи. Диалог происходит между Сократом (С) и Гиппократом (Г) перед их встречей с Протагором.

----- **Начало транзакции 1.**

*С: Так мы идём платить деньги Протагору, потому что он софист?*

*Г: Конечно.*

----- **Конец транзакции 1.**

...

----- **Начало транзакции 12.**

*С: Как же так? Знаешь, какой опасности ты собираешься подвергнуть свою душу? Ведь когда тебе бывало нужно верить кому-нибудь своё тело и было неизвестно, пойдёт ли это на пользу или во вред, ты и сам немало раздумывал, верить его или не верить, и друзей и домашних призывал на совет и обсуждал это дело целыми днями. А когда речь зашла о душе, которую ты ведь ставишь выше, чем тело, потому что от того, будет она лучше или хуже, зависит, хорошо или дурно пойдут все твои дела, ты ни с отцом, ни с братом и ни с кем из нас, твоих друзей, не советовался, верить ли тебе или не верить свою душу этому пришлому чужеземцу. Лишь вчера ввечеру, по твоим словам, услышав о нём, ты уже сегодня идёшь спозаранку, не поразмыслив и не посоветовавшись о том, нужно ли верить ему себя или нет, и сразу готов потратить и собственные деньги, и деньги друзей, как будто ты уже дознался, что тебе нужно непременно сойтись с Протагором, которого, как ты говоришь, ты не знаешь и не разговаривал с ним никогда. Ты называешь его софистом, а что такое софист, оказывается, совсем не ведаешь, хоть и собираешься верить себя ему.*

*Г: Так оно и выходит, Сократ, как ты говоришь.*

----- **Конец транзакции 12.**

*С: А что, Гиппократ, не будет ли наш софист чем-то вроде торговца или разносчика тех припасов, которыми питаются душа? По-моему, во всяком случае, он таков.*

*Г: Но чем же питаются душа, Сократ?*

----- **Конец транзакции 13.**

## **2. Онтологический базис**

Назовём участников диалогового взаимодействия диалоговыми агентами. Диалоговый агент исполняет одну из двух ролей: активного агента или реактивного агента. Агент становится активным, когда ему необходимы знания, которые он предполагает получить от своего партнёра, и реактивным – в том случае, когда он предоставляет своему партнёру имеющиеся у него знания. Анализ диалога Протагора позволяет сделать вывод о том, что инициатором смены ролей является реактивный агент. Активный агент удовлетворён своей ролью и, после смены ролей, старается восстановить прежнюю роль при первой же возможности.

Диалоговый агент ассоциирован с одной или двумя личностями. В том случае, когда диалоговое взаимодействие осуществляется между двумя личностями, имеет место внешний диалог. Диалоговое взаимодействие может осуществляться в виде «разговора с самим собой». В этом случае роль активного и реактивного агентов попеременно исполняет одна и та же личность. Такой диалог назовём внутренним диалогом. Вербальный внутренний диалог часто называют монологом, а ментальный – размышлением.

В случае внешнего диалога знания, которые запрашивает активный агент, хранятся в долговременной памяти реактивного агента, а знания, на которые ссылается реактивный агент в своём ответе, в долговременной памяти активного агента. В случае внутреннего диалога и запрашиваемые, и получаемые знания хранятся в долговременной памяти одной и той же личности.

Большая часть диалога между Сократом и Гиппократом иллюстрирует внешний диалог, однако в нём присутствует и внутренний. В тринадцатой транзакции Сократ ведёт диалог «сам с собой» и то, что он говорит, можно представить следующим образом:

***С(активный):** А что, Гиппократ, не будет ли наш софист чем-то вроде торговца или разносчика тех припасов, которыми питается душа?*

***С(реактивный):** По-моему, во всяком случае, он таков.*

Внешнее проявление диалога представляет собой цепь информационных транзакций. Характерной особенностью естественного диалога, которая отличает его от других форм интерактивного взаимодействия, например, от работы с прикладной системой баз данных, является наличие логической связи не только между компонентами транзакции, но и между самими транзакциями. Именно наличие такой логической связи превращает набор транзакций в целенаправленный интеллектуальный процесс.

Транзакция представлена 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 и может принимать различные формы. Для активного агента важным является получение доступа к запрашиваемым знаниям, а не форма запроса, при помощи которого осуществляется этот доступ. Информационные посылки активного агента могут варьироваться от простого «да/нет» вопроса до продолжительного внутреннего диалога. Поэтому уместно говорить о степени интеррогативности информационной посылки активного агента. Информационную посылку активного агента зачастую можно понимать как поисковое предписание, необходимое для получения доступа к знаниям реактивного агента.

Информационная посылка реактивного агента диалога имеет статус ответа. Эту информационную посылку можно также понимать как поисковое предписание, необходимое для получения доступа к знаниям активного агента.

В диалоге Сократа и Гиппократа одной из наиболее простых транзакций является транзакция под номером один. В этой транзакции активный агент Сократ передаёт реактивному агенту Гиппократу информационную посылку, обеспечивающую Сократу доступ к знаниям, которыми обладает Гиппократ и которые отсутствуют у Сократа. Сократ не знает, намерен ли Гиппократ платить деньги Протагору только на том основании, что Протагор софист. Информационная посылка Сократа имеет высокую степень интеррогативности и представлена вопросительным предложением. В двенадцатой транзакции информационная посылка Сократа имеет более сложную структуру. Она представлена текстом, который отражает рассуждения Сократа и которому, в целом, присуща некоторая степень интеррогативности. Сократ хочет узнать, согласен ли Гиппократ с его выводом о том, что нельзя верить душе человеку, с которым ты не знаком и которого называют софистом, не зная, что означает это слово, поскольку душе может быть нанесён вред так же, как он может быть нанесён телу. Информационная посылка Сократа представляет собой внутренний диалог, начинающийся с вопроса. Сократ задаёт вопрос, затем эксплицирует его и отвечает на него.

Каждый из агентов диалога стремится к достижению цели. Агенты формируют потоки информационных посылок, которые согласуются с их целями. Последовательность вопросов Сократа направлена на достижение цели, заключающейся в доказательстве того, что желание Гиппократа стать учеником Протагора, заплатив ему за это любые деньги, является ошибочным.

Так как очевидна связь темы естественного диалога с темой решения проблем, введём понятие диалогового поведения, под которым будем понимать реализацию метода решения проблемы при помощи диалогового процесса. В упомянутом фрагменте естественного диалога Сократ демонстрирует диалоговое поведение, являющееся реализацией метода, известного как Метод Вопросов Сократа [8]. Сократ мог бы достичь цель несколько

ми способами. Например, он мог бы сразу предложить окончательный вывод, сказав: «Послушай, Гиппократ, не следует стремиться стать учеником Протагора любой ценой, не выяснив, чему он будет тебя учить, и будут ли полезны приобретённые у него знания». Однако Сократ предпочитает вступить в диалог с Гиппократом, предложив ему серию интеррогативных информационных посылок с предопределёнными вариантами ответов. Информационные послылки Сократа сформулированы таким образом, чтобы ответы Гиппократа составили цепь рассуждений, завершающуюся целевым заключением. В этом суть метода Сократа. Находясь в роли активного агента, он, таким образом, управляет диалогом, чтобы побудить партнёра отвечать так, как это требуется для формирования цепи умозаключений, ведущей к целевому заключению.

### **3. Эротетический диалог. Дальнейшее развитие онтологического базиса**

Последующая часть статьи посвящена моделированию структуры транзакции на основе представления знаний, запрашиваемых активным агентом. Построение моделей осуществляется в рамках двух предположений. Первое из них заключается в том, что вместо полномасштабного естественного диалога рассматривается эротетический диалог.

В эротетическом диалоге информационная посылка активного агента представляет собой вопрос, а информационная посылка реактивного агента – ответ на этот вопрос. Эротетический диалог – это шаг в направлении упрощения естественного диалога, который, однако, представляется целесообразным по следующим причинам. Во-первых, естественный диалог можно конвертировать в эротетический, сохранив исходные цель и метод, во-вторых, исследование эротетического диалога может базироваться на формализованных теориях и, в-третьих, результаты, полученные при исследовании эротетического диалога, можно попробовать перенести на естественный диалог.

В эротетическом диалоге знания, которые запрашивает активный агент и которые возвращает реактивный агент, являются декларативными [9]. Поэтому модель структуры эротетической транзакции, в контексте представления знаний, должна основываться на некоторой идее представления декларативных знаний. Система декларативных знаний человека, по всей видимости, едина, но эротетическая транзакция имеет дело с небольшой порцией этой системы.

В эпистемологии не принято использовать декларативно-процедурную дихотомию знаний. Однако из контекста ряда публикаций можно заключить, что знания-wh – это эпистемологическое наименование порции декларативных знаний, участвующей в эротетической транзакции [3]. Эти знания представляются в виде пропозиции, являющейся ответом на wh-вопрос.

Wh-вопрос – это класс вопросов, обобщающий шесть подклассов: (1) who/кто-вопрос; (2) what/что-вопрос; (3) when/когда-вопрос; (4) where/где-вопрос; (5) how/как-вопрос и (6) why/почему-вопрос. Знания, представляемые ответами на вопросы из перечисленных подклассов, формируют шесть классов декларативных знаний, изучаемых эпистемологами: (1) кто-знания; (2) что-знания; (3) когда-знания; (4) где-знания; (5) как-знания и (6) почему-знания.

Wh-знания проиллюстрируем следующими примерами: “Я знаю, кто есть Протагор”, “Я знаю, что он будет говорить”, “Я знаю, когда он начнёт беседу”, “Я знаю, где будет беседа”, “Я знаю, как Протагор начнёт разговор” и “Я знаю, почему его аргументы неверны”.

Если следовать интерпретации введенных ранее понятий, то вопрос активного агента следует рассматривать как поисковое предписание, детерминирующее область памяти реактивного агента, в которой находится ответ. Такая интерпретация означает, что реактивный агент уже обладает запрашиваемыми знаниями. Однако это не всегда так. Существуют вопросы, предполагающие, что для формирования запрашиваемых знаний реактив-

ный агент должен не просто осуществить поиск в памяти, а выполнить ментальную работу с участием ресурса внимания. Поэтому по отношению к участию ресурса внимания в формировании ответа разделим вопросы на два класса: вопросы типа «поисковое предписание» и вопросы типа «задача».

Для ответа на вопрос типа «задача» реактивный агент должен решить задачу, ассоциированную с вопросом. Рассмотрим пример:

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

Ясно, что для ответа на этот вопрос реактивному агенту необходимо использовать ресурс «внимание» для проведения вычислений.

Вопрос типа «поисковое предписание» предполагает, что в памяти реактивного агента имеются готовые ответы, а структурные элементы вопроса позиционируют память на требуемый участок. Для формирования ответа на вопрос типа «поисковое предписание» не требуется использование ресурса «внимание». Примером может служить вопрос:

*Как Вас зовут?*

В классе вопросов типа «поисковое предписание» имеются подклассы. Активный агент, формулирующий вопрос типа «поисковое предписание», не знает заранее, обладает ли реактивный агент запрашиваемыми знаниями. Вопрос, который запрашивает отсутствующие знания, может поставить реактивного агента в тупик. Например, вопрос:

*Почему Вы скрываете, что Вы мужчина?*

ставит в тупик женщину, которая не является мужчиной.

Деление вопросов на вопросы типа «поисковое предписание» и вопросы типа «задача» релятивно и должно рассматриваться по отношению к знаниям реактивного агента. Если задача, порождаяемая вопросом, решается впервые или очень редко (настолько редко, что процесс забывания превалирует), то для её решения, согласно гипотезе Канемана, выделяется ресурс внимания [10]. В случае многократного ответа на один и тот же вопрос типа «задача» решение запоминается, для ответа на вопрос более не требуется механизм внимания, а сам вопрос превращается в вопрос типа «поисковое предписание».

Каждый вопрос обладает некоторой степенью неопределённости, по отношению к которой вопросы можно разделить на неопределённые и определённые. Это грубая классификация, не учитывающая степень неопределённости, но достаточная для целей настоящей статьи.

Неопределённый вопрос означает, что ответ может принадлежать одному из нескольких классов. Отвечая на неопределённый вопрос, реактивный агент использует одну из следующих стратегий: (1) по своему усмотрению выбирает класс, к которому принадлежит ответ; (2) вместо ответа формулирует уточняющий вопрос. Последний случай означает обмен ролями между диалоговыми агентами и может рассматриваться как одна из причин смены ролей в эротетическом диалоге. Очевидно, что процесс уточнения неопределённого вопроса может быть итерационным, если реактивный агент воспринимает новый вопрос как неопределённый. Рассмотрим вопрос:

*Кто живёт за этой дверью?*

Это неопределённый вопрос, поскольку запрашиваемые знания могут принадлежать одному из нескольких классов: знания о паспортных данных; знания о внешности и т.д. Реактивный агент, желая уточнить, какие знания запрашиваются, может, вместо ответа, передать партнёру следующий уточняющий вопрос:

*Вы хотите знать имя жильца, который живёт за этой дверью, либо что-то другое?*

Если активный агент возвращает вопрос:

*Опишите этого жильца?*

то процесс уточнения может быть продолжен.

Определённые вопросы предполагают, что запрашиваются знания, принадлежащие только одному классу, например:

*Назовите фамилию человека, который живёт за этой дверью?*

Реактивный агент формирует ответы, исходя не только из содержания вопросов, но и из цели, которую он старается достичь в ходе диалога. Ниже сформулирован примерный список правил, которыми может руководствоваться реактивный агент при конструировании ответа.

- Вопрос затрагивает не желательные для меня предметы, поэтому я передаю все имеющиеся у меня знания.
- Вопрос затрагивает не желательные для меня предметы, поэтому в ответе я скрываю/искажаю часть того, что знаю.
- Вопрос затрагивает не желательные для меня предметы, поэтому в ответе я скрываю/искажаю всё, что знаю.

Для того чтобы при ответе на вопрос реактивный агент мог руководствоваться одним из приведенных утверждений, он должен получить их в ходе умозаключений. Эти умозаключения являются опцией, которой может воспользоваться или не воспользоваться реактивный агент.

Рассмотрим теперь, каким образом можно представить структурную модель транзакции эротетического диалога в контексте представления знаний. Приведенные далее рассуждения ограничены вопросами типа «поисковое предписание». Это второе из принятых упрощений естественного диалога. Конструирование ответа реактивным агентом – это процесс, в котором участвует его система знаний. В эпистемологии и эротетической логике порция декларативных знаний, участвующая в транзакции, представлена пропозицией. Общепринятый способ формализации такого способа представления знаний заключается в трансляции пропозиций в предложения логики первого порядка. Моделирование диалоговой транзакции в контексте представления декларативных знаний, по мнению автора, должно осуществляться средствами, базирующимися на языке с более унифицированной онтологией, чем язык логики первого порядка. Под унифицированной онтологией здесь понимается онтология, основанная на лингвонезависимых базовых сущностях декларативных знаний. В этом смысле привлекательным является язык тернарного описания (ЯТО), предложенный Уёмовым [11 – 13].

#### **4. Онтология ЯТО и представление знаний**

Исходной сущностью в ЯТО является объект. Объект, в зависимости от его места в структуре знаний, существует в одной из трёх форм: объект-вещь, объект-свойство и объект-отношение.

В контексте ЯТО под отношением понимается то, что образует вещь из составляющих её элементов, т.е. говорится об отношении, имеющем место в вещи. Иными словами, ЯТО-отношение – это, в каком-то смысле, другое наименование внутренней организации вещи.

Ассоциация объекта-вещи с объектом-свойством порождает два макета для представления сущностей в ЯТО:

1. Наименование этого макета: «вещь, обладающая свойством», а формальная нотация имеет вид:  $(*)^*$ .

2. Наименование: «свойство, присущее вещи», а формальная нотация:  $(**)^*$ .

Ассоциация объекта-вещи с объектом-отношением порождает ещё два макета.

3. Наименование этого макета: «вещь, в которой имеет место отношение», а формальная нотация имеет вид:  $*(*)$ .

4. Наименование: «отношение, имеющее место в вещи», а формальная нотация:  $*((*)$ .

Для формального представления сущностей в ЯТО используется специальная скобочная нотация. Символ «звёздочка» указывает на знакоместо для символа объекта. Символ объекта-вещи записывается внутри скобок, символ объекта-свойства – справа от скобок, а символ объекта-отношения – слева от скобок. Ассоциация объекта-вещи с объектом-свойством или с объектом-отношением имеет направление. Если символ объекта-вещи заключён в одинарные круглые скобки, то это означает, что ассоциация направлена от объекта-вещи к объекту-свойству или объекту-отношению. Ассиметричная (двойная) круглая скобка означает, что ассоциация направлена от объекта-свойства или объекта-отношения к объекту-вещи. Отметим, что во всех публикациях, посвящённых ЯТО, знакоместо внутри скобок используется только для символа объекта-вещи. Это исключает из набора макетов порций декларативных знаний макеты: «отношение, обладающее свойством», и «свойство, присущее отношению».

Объект, в зависимости от степени неопределённости знаний о нём, существует в одной из трёх форм:

- определённой (в знакоместо подставляется символ  $t$ );
- неопределённой (в знакоместо подставляется символ  $a$ );
- произвольной (в знакоместо подставляется символ  $A$ ).

Категории «вещь, свойство и отношение», а также «определённость, неопределённость и произвольность» независимы и формируют девять классов объектов: (1) определённый объект-вещь, (2) неопределённый объект-вещь, (3) произвольный объект-вещь, (4) определённый объект-свойство, (5) неопределённый объект-свойство, (6) произвольный объект-свойство, (7) определённый объект-отношение, (8) неопределённый объект-отношение, (9) произвольный объект-отношение.

Подставляя в макеты, вместо символа звёздочка, символы  $t$ ,  $a$  или  $A$ , получим множество возможных моделей порций декларативных знаний в онтологическом базисе ЯТО. Ниже приведены несколько моделей.

Модель

$$(t)a \quad (1)$$

представляет знания о том, что некоторая определённая вещь обладает каким-то (неопределённым) свойством. Направление ассоциации от вещи к свойству.

Модель

$$(t))a \quad (2)$$

представляет знания о том, что какое-то (неопределённое) свойство присуще определённой вещи. Направление ассоциации от свойства к вещи.

Модель

$$(a))A \quad (3)$$

представляет знания о том, что произвольное свойство присуще какой-то (неопределённой) вещи. Направление ассоциации от свойства к вещи.

Модель

$$a(t) \quad (4)$$

представляет знания о том, что в определённой вещи имеет место какое-то (неопределённое) отношение. Направление ассоциации от вещи к отношению.

Поскольку имеются четыре макета, каждый из которых заполняется объектами из девяти классов, то общее количество моделей элементарных порций декларативных знаний в онтологическом базисе ЯТО равно тридцати шести.

## 5. Структура эротетической транзакции в онтологии ЯТО

Структуру вопроса эротетической транзакции в контексте представления знаний будем рассматривать как развитие идеи базовой интеррогативной формулы Белнапа и Стила, которая предполагает, что внутренняя структура вопроса детерминируется двумя компонентами: субъектом вопроса и требованием вопроса [4].

$$Que = \langle Subj, Req \rangle. \quad (5)$$

Важным элементом философии Белнапа и Стила является концепция субъекта вопроса. Из этой концепции следует, что те вопросы, модель которых включает субъект, например, вопросы типа «поисковое предписание», не только определяют ответы, но и содержат их. Субъект вопроса поэтому может мыслиться как ответ с некоторой степенью неопределённости.

Субъект вопроса является ключевым компонентом эротетической транзакции. При конструировании ответа реактивный агент занимается тем, что трансформирует неопределённые знания, на которые указывает субъект, в определённые знания ответа. Будем моделировать порцию декларативных знаний субъекта вопроса следующими альтернативными ЯТО-моделями.

$$K_{subj} = (t)a ; \quad (6)$$

$$K_{subj} = (a) t ; \quad (7)$$

$$K_{subj} = a (t) ; \quad (8)$$

$$K_{subj} = t ((a) . \quad (9)$$

Модели (6) – (9) получены из четырёх, рассмотренных ранее, ЯТО-макетов порций декларативных знаний для случая ассоциации определённого и неопределённого объектов. Имеется несколько причин выбора этих моделей. Во-первых, субъекты всех опубликованных в [4 – 6] примеров вопросов, представимы в виде (6) – (9). Во-вторых, это именно те модели (из тридцати шести возможных), которые соответствуют идее о том, что реактивный агент при конструировании ответа трансформирует неопределённые знания субъекта в определённые знания ответа.

Один из объектов в моделях (6) – (9) является неопределённым, и более точные знания именно о нём активный агент ожидает получить от реактивного агента. Поясним модели (6) – (9).

- Модель  $K_{subj} = (t)a$  представляет знания о том, что конкретная определённая вещь обладает некоторым неопределённым свойством. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, какими свойствами обладает конкретная вещь.

- Модель  $K_{subj} = (a) t$  представляет знания о том, что конкретное определённое свойство присуще некоторой неопределённой вещи. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, каким вещам присуще конкретное свойство.

- Модель  $K_{subj} = a (t)$  представляет знания о том, что в конкретной определённой вещи имеет место некоторое неопределённое отношение. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, какое отношение имеет место в конкретной вещи.

- Модель  $K_{subj} = t ((a)$  представляет знания о том, что конкретное определённое отношение имеет место в некоторой неопределённой вещи. Вопрос с таким субъектом форми-

мируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, в каких вещах имеет место конкретное отношение.

Недостатком ЯТО является плохая приспособленность для моделирования программных систем, основанных на знаниях. Достаточно сложно отобразить рассмотренные модели декларативных знаний в релевантные структуры данных. Практически пригодным, для целей разработки программных систем, ЯТО станет в том случае, если будет предложен способ трансформации его формул в структуры данных современных систем программирования. Речь идёт, в первую очередь, о даталогической интерпретации неопределённости.

Одной из возможных даталогических интерпретаций неопределённости является множественность. Неопределённый объект можно понимать как множество определённых объектов и интерпретировать мощность этого множества как меру неопределённости. Неопределённый объект становится абсолютно определённым в том случае, когда множество объектов представлено одним объектом.

С учётом такой интерпретации, вместо неопределённых объектов, в моделях (6) – (9) используем множества объектов и перепишем их в виде

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{вещь} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{свойств} \}; \quad (10)$$

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{свойство} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{вещей} \}; \quad (11)$$

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{вещь} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{отношений} \}; \quad (12)$$

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{отношение} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{вещей} \}. \quad (13)$$

Модели (10) – (13) – это даталогические аналоги моделей (6) – (9) для представления декларативных знаний субъекта вопроса. Введём ещё две модели, не выражаемые в ЯТО, в силу того, что в формулах этого языка внутри скобок записывается только символ объекта-вещи.

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{свойство} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{отношений} \}; \quad (14)$$

$$K_{subj} = \langle \text{объект} - \text{отношение} \rangle \{ \text{множество объектов} - \text{свойств} \}. \quad (15)$$

Все объекты в моделях (10) – (15) являются определёнными, а каждая из них детерминирует класс вопросов. Модели классов ответов подобны моделям соответствующих субъектов с учётом того, что мощность множества объектов ответа меньше мощности множества объектов соответствующего субъекта и определяется требованием *Req* в формуле (5). Запишем модели, представляющие знания классов ответов, в следующем виде.

$$K_{ans} = \langle \text{вещь} \rangle \text{ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВАМИ} \{ \text{перечень свойств} \}; \quad (16)$$

$$K_{ans} = \langle \text{свойство} \rangle \text{ПРИСУЩЕ ВЕЩАМ} \{ \text{перечень вещей} \}; \quad (17)$$

$$K_{ans} = V \langle \text{вещи} \rangle \text{ИМЕЮТ МЕСТО ОТНОШЕНИЯ} \{ \text{перечень отношений} \}; \quad (18)$$

$$K_{ans} = \langle \text{отношение} \rangle \text{ИМЕЕТ МЕСТО В ВЕЩАХ} \{ \text{перечень вещей} \}; \quad (19)$$

$$K_{ans} = \langle \text{свойство} \rangle \text{ПРИСУЩЕ ОТНОШЕНИЯМ} \{ \text{перечень отношений} \}; \quad (20)$$

$$K_{ans} = \langle \text{отношение} \rangle \text{ИМЕЕТ МЕСТО В СВОЙСТВАХ} \{ \text{перечень свойств} \}. \quad (21)$$

Предложенные модели относительно легко можно проиллюстрировать на примерах транзакций, построенных с использованием *whether*-вопросов, приведенных в [4].

В качестве первого примера рассмотрим следующую транзакцию.

**Активный:** Какова температура замерзания воды по Фаренгейту при нормальных условиях?

**Реактивный:** При нормальных условиях температура замерзания воды равна 32 градусам.

Знания субъекта вопроса в приведенной транзакции представлены моделью (10).

$$K_{subj} = \langle \text{вода при нормальных условиях} \rangle \{ \text{температуры замерзания жидкостей по Фаренгейту} \}.$$

Модель представляет знания о том, что определённая вещь с именем «вода при нормальных условиях» обладает неопределённым свойством – какой-то температурой замерзания. Активный агент, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет получить доступ к знаниям реактивного агента относительно конкретного свойства вещи. Неопределённость в знаниях, на которые указывает субъект, выражается множеством, состоящим из конечного, но достаточно большого количества альтернатив. Знания, ассоциированные с ответом реактивного агента, абсолютно определены и представлены моделью (16).

$$K_{ans} = \langle \text{вода при нормальных условиях} \rangle \text{ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ} \{ \text{замерзает при } 32F \}.$$

В качестве второго примера рассмотрим транзакцию.

**Активный:** Какие простые числа лежат между 10 и 20?

**Реактивный:** Между 10 и 20 лежат следующие простые числа: 11, 13, 17, 19.

Знания субъекта вопроса в приведенной транзакции представим моделью (13).

$$K_{subj} = \langle \text{быть простым числом} \rangle \{ 1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 \}.$$

Модель представляет знания о том, что определённое свойство с именем «быть простым числом» присуще неопределённой вещи – числа в диапазоне от 10 до 20. Активный агент, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет перейти от неопределённости к определённости и получить доступ к знаниям реактивного агента о том, каким конкретным числам из заданного диапазона присуще свойство «быть простым числом». Неопределённость в знаниях, на которые указывает субъект, выражается множеством, состоящим из десяти элементов. Отметим, что в этом примере требование вопроса *Req* не ограничивает ответ только одним из элементов множества субъекта. Поэтому знания, ассоциированные с ответом реактивного агента, представимы моделью (17) и могут быть представлены следующим образом.

$$K_{ans} = \langle \text{быть простым числом} \rangle \text{ПРИСУЩЕ ЧИСЛАМ} \{ 11, 13, 17, 19 \}.$$

В качестве последнего примера рассмотрим одну из транзакций естественного диалога между Сократом и Гиппократом. В качестве примера выберем первую из них.

**С:** Так мы идём платить деньги Протагору, потому что он софист?

**Г:** Конечно.

Знания субъекта вопроса в этой транзакции представлены моделью (10). Модель представляет знания о том, что определённая вещь обладает неопределённым свойством. Определённой вещью здесь является Сократ-и-Гиппократ, а неопределённое свойство – их готовность платить деньги Протагору на том основании, что он софист. Сократ, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет узнать у Гиппократа, каким конкретным свойством обладает Сократ-и-Гиппократ. Сократ формулирует субъект таким образом, чтобы неопределённость в знаниях, на которые он указывает, представлялась множеством, состоящим всего из двух альтернатив:

$$K_{subj} = \langle \text{Сократ – Гиппократ} \rangle \{ \langle \text{давать деньги софисту Протагору} \rangle, \\ \langle \text{не давать деньги софисту Протагору} \rangle \}.$$

Ответ Гиппократ, состоящий из одного слова «конечно», является, по сути, указателем на порцию декларативных знаний, выражаемых формулой (16).

$K_{ans} = \langle \text{Сократ} - \text{Гиппократ} \rangle \text{ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ} \{ \langle \text{давать деньги софисту Протагору} \rangle \}$ .

## 6. Заключение

Эротетический диалог является упрощённым вариантом полномасштабного естественного диалога, который могут использовать искусственные диалоговые агенты, демонстрирующие антропоморфное поведение. Этот диалог выглядит несколько неестественно и не настолько богат и разнообразен, как естественный диалог, однако он может решать те же проблемы, что и полномасштабный диалог между людьми. Модели структуры транзакции эротетического диалога целесообразно строить исходя из представления знаний, вовлечённых в транзакцию с использованием лингвонезависимого онтологического базиса. Язык тернарного описания Уёмова использован для иллюстрации онтологического базиса, оперирующего базовыми сущностями декларативных знаний, а не их лингвистическими отображениями. Приведенные модели являются даталогическими и поэтому могут лежать в основе проектирования базы знаний эротетического диалогового агента. Дальнейшие исследования предполагается направить на разработку унифицированной модели знаний эротетического диалогового агента, включающей не только модели порций декларативных знаний, участвующих в транзакции, но и модель процедурных знаний, обеспечивающих «движение» активного агента в целевом направлении. Модель процедурных знаний планируется рассматривать исходя из предположения, что решение текущей проблемы осуществляется активным агентом не впервые и что необходимые процедурные знания уже хранятся в его долговременной памяти.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – Москва, Санкт-Петербург, Киев: Вильямс, 2006. – [2-е изд.]. – 1407 с.
2. Hintikka J. Socratic Epistemology: Explorations of Knowledge Seeking by Questions / Hintikka J. – New York: Cambridge University Press, 2007. – 248 p.
3. Schaffer J. Knowing the answer / J. Schaffer // Philosophy and Phenomenological Research. – 2007. – Vol. LXXV, N 2. – P. 383 – 403.
4. Белнап Н. Логика вопросов и ответов / Н. Белнап, Т. Стил. – Москва: Прогресс, 1981. – 284 с.
5. Hintikka J. Questions about questions / J. Hintikka // Semantics and Philosophy New York University Press / M.K. Munitz, P.K. Unger (eds.). – New York, 1974. – P. 103 – 158.
6. Wisniewski A. The Posing of questions: Logical Foundations of Erotetic Inference / Wisniewski A. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 1995. – 246 p.
7. Платон. Избранные диалоги / Платон. – Москва: Эксмо, 2009. – 766 с.
8. Wenger E. Artificial Intelligence and Tutoring Systems / Wenger E. – California: Morgan Kaufman, Los Altos, 1987. – 486 p.
9. Anderson J.A. Rules of the Mind. Lawrence Erlbaum Associates / Anderson J.A. – Hillsdale, New Jersey, 1993. – 320 p.
10. Канеман Д. Внимание и усилие / Канеман Д.; под ред. А.Н. Гусева. – Москва: Смысл, 2006. – 287 с.
11. Uyemov A. The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part I / A. Uyemov // Int. J. of General Systems. – 1999. – Vol. 28 (4–5). – P. 351 – 366.
12. Uyemov A. The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part II / A. Uyemov // Int. J. of General Systems. – 1999. – Vol. 31 (2). – P. 131 – 155.
13. Uyemov A. The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part III / A. Uyemov // Int. J. of General Systems. – 2003. – Vol. 32 (6). – P. 583 – 623.

*Стаття надійшла до редакції 03.08.2010*