

Естественный диалог: моделирование диалоговой транзакции в контексте представления знаний

И. А. Чмырь

Статья посвящена исследованию и моделированию диалога и диалоговых транзакций. Онтологическая модель диалогового взаимодействия, на которой базируются последующие рассуждения, получена на основе анализа диалогов между людьми и иллюстрируется одним из диалогов Платона, под наименованием Протагор. В дальнейшем внимание фокусируется на одном из типов диалога, названного эротетический диалог и на структуре эротетической диалоговой транзакции с точки зрения обмена знаниями в пределах транзакции. Предложен спектр формальных моделей, ориентированных на представление внутренней логической структуры эротетической транзакции. Отличительной особенностью всех моделей является их ориентация на лингво-независимые сущности представление декларативных знаний, ассоциированных с элементами транзакции.

Ключевые слова: онтологическая модель диалога, эротетический диалог, диалоговая транзакция, декларативные знания, язык тернарного описания.

Введение

Диалог является одним из важнейших феноменов ментальной и интеллектуальной деятельностью человека и внешне представляется цепью взаимосвязанных информационных транзакций, которая формируется в результате обмена знаниями между партнерами диалогового взаимодействия. Целенаправленность является одной из фундаментальных характеристик диалога и из этой целенаправленно-

сти необходимо следует логическая зависимость не только между отдельными компонентами транзакции, но, также, и между смежными транзакциями. Анализ практически любой когнитивной активности человека обнаруживает, что в ее основе лежит диалоговый процесс. Так, например, рассуждения или умозаключения, как в широком, так и узком понимании, являются, по сути, «разговором с самим собой», или диалоговым взаимодействием, в котором оба диалоговых партнера представлены одной и той же личностью.

Диалоговая транзакция служит средством обмена знаниями между диалоговыми партнерами и, поэтому, мы можем рассматривать диалоговый процесс как процесс, основанный на знаниях, а диалоговую систему, как систему, основанную на знаниях. Подавляющее большинство исследователей явно или неявно предполагают, что знания в диалоговой транзакции представлены в виде пропозиций и, поэтому, (1) в соответствующих публикациях превалируют вербальные примеры транзакций и их элементов; и (2) для формального представления пропозиций, чаще всего, используется нотация логики первого порядка [1, 2]. Такая ориентация на пропозициональное понимание и моделирование диалоговых транзакций определяется традиционным способом представления знаний в этой области и, с точки зрения автора, не должна рассматриваться как единственно возможная.

Исследования, имеющие отношения к диалоговому взаимодействию, можно обнаружить в различных и, часто, не очень близких научных областях. Перечень, возможно неполный, включает: искусственный интеллект, когнитивную психологию, эротетическую логику и эпистемологию.

Одно из наиболее известных подтверждений важности диалога, которое мы находим в искусственном интеллекте, является тест, предложенный Тьюрингом для операционной верификации интеллектуальности технической системы, который полностью базируется на диалоговом процессе между человеком и технической системой [3]. Современное изложение искусственного интеллекта, интегрирующее все, или, по крайней мере, многие идеи в логически связанный предмет, основано на концепции интеллектуальных агентах [4]. Интеллектуальный агент является, также, и диалоговым агентом. Он не может существовать вне проблемной среды, а транзакции между проблем-

ной средой и интеллектуальным агентом определяют поведение последнего.

Теория когнитивного развития Пиаже, которую, обычно, относят к области когнитивной психологии и эпистемологии, неявно предполагает, что движущей силой развития схем является диалоговый процесс [5]. Если согласиться с идеей о том, что человеческое существо появляется на свет с некоторым количеством врожденных схем, необходимых для его выживания в начальный период жизни, а приобретенные знания определяются последующим развитием и ростом этих схем, то методом, осуществляющим эволюцию врожденных схем, является диалоговый процесс. В области когнитивной психологии можно обнаружить еще несколько теорий и моделей, вносящих свой вклад в понимание сущности диалога. Например, циклическая модель восприятия, предложенная Найссером, является, по сути, моделью диалогового процесса, если источник потока воспринимаемых сенсорных событий интерпретировать как одного из партнеров диалога [6].

Поскольку диалоговая транзакция, в какой бы форме она не была представлена, служит для обмена знаниями между диалоговыми партнерами и транспортным средством этого обмена является вопросно-ответная пара, то результаты, полученные в эротетической логике (изложенные, например, в [7]) применимы для исследования и моделирования логической структуры диалоговой транзакции.

Эпистемология имеет непосредственное отношение к пониманию сущности диалогового процесса, поскольку эта наука направлена на изучение и моделирование тех видов знаний, которые циркулируют в пределах диалоговой транзакции и существенны для диалоговых партнеров. Особый интерес представляет версия, предложенная Хинтика и названная им Сократическая эпистемология, в которой ключевую роль играет эротетический (вопросно-ответный диалог) [8].

Большое количество журнальных публикаций, в которых встречаются словосочетания «диалоговый процесс» и «диалоговый агент» отражают сугубо прагматическое отношение к изучению диалога. Как правило, целью этих работ является не понимание феномена диалогового взаимодействия, а построение различных искусственных систем, способных играть роль вербального интерфейса между конечным пользователем и прикладной компьютерной программой. Так,

например, поиск в Web порождает более семи миллионов ссылок на Web-страницы, включающие словосочетание «диалоговый агент» и описывающие решение тех или иных практических проблем. Диалоговые агенты, описанные в этих публикациях, проектируются исходя из потребности реализации исключительно коммуникативных функций, и их сложно отнести к системам «думающим как человек», согласно классификации Рассела и Норвига [4].

Формальное моделирование диалогового процесса должно начинаться с детального изучения естественных диалогов во всем их многообразии. В тех случаях, когда модели диалоговых агентов основаны на фундаментальных принципах человеческого диалога, можно ожидать, что искусственные диалоговые агенты наследуют богатые когнитивные возможности естественного диалогового процесса. Искусственный диалоговый агент только тогда может считаться таковым, если он в состоянии поддерживать диалог, уровень сложности которого мало чем отличается от уровня сложности естественного диалога.

Конечной целью настоящей статьи является создание формальных моделей диалоговых транзакций, направленных, главным образом, на более полное понимание внутренней логической сущности диалога, но и достаточно определенных, чтобы служить основой для проектирования искусственных диалоговых агентов. В качестве первого шага к достижению отмеченной цели необходимо построить исходную онтологическую модель естественного диалога. Последующие рассуждения опираются на отмеченную онтологическую модель, направлены на синтез формальных моделей классов декларативных знаний, ассоциированных с вопросно-ответными парами, и базируются на идеях лингво-независимого представления декларативных знаний.

1. Онтология

Для построения формальных моделей, обозначенных в качестве конечной цели настоящей статьи, необходимо опираться на онтологическую модель естественного диалога, построенную на основе анализа некоторого количества протоколов реальных диалоговых про-

цессов, отражающих все их логическое и операционное многообразие. Существует множество источников таких протоколов. Например, протоколы допросов подозреваемых в которых следователь пытается доказать вину подозреваемого, а последний — убедить следователя в том, что он невиновен. Однако, более доступным и более богатым источником протоколов естественных диалогов является диалогическая литература. Одним из наиболее значимых источником естественных диалогов такого рода являются диалоги Платона [9]. В настоящей работе формирование онтологической модели естественного диалога начинается с анализа небольшого фрагмента одного из диалогов Платона, названного Протагор. Протокол, приведенный ниже, представлен в форме, немного отличающейся от оригинала. Незначительные изменения и добавления сделаны с целью его структуризации. Так, например, в протоколе отмечены начало и конец каждой транзакции, а также явно указаны партнеры диалогового общения. Диалог происходит между Сократом (С) и Гиппократом (Г) перед их встречей с Протагором. Термины активный и реактивный агенты будут определены в дальнейшем изложении.

— Начало транзакции 1. С — активный агент.

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

Г: Конечно.

— Конец транзакции 1.

С: А если бы спросили тебя ещё и вот о чём: «Сам-то ты кем намерен стать, раз идёшь к Протагору?»

Г: Если сообразоваться с прежде сказанным, то ясно, что я собираюсь стать софистом.

— Конец транзакции 2.

С: А тебе не стыдно было бы, клянусь богами, появиться среди эллинов в виде софиста?

Г: Клянусь Зевом, стыдно, Сократ, если говорить то, что я думаю.

— Конец транзакции 3.

С: Но пожалуй, Гиппократ, ты полагаешь, что у Протагора тебе придётся учиться иначе, подобно тому как учился ты у учителя грамоты, игры на кифаре или гимнастики? Ведь каждому из этих предметов ты учился не как будущему своему мастерству, а лишь ради своего образования, как это подобает частному лицу и свободному человеку.

Г: Конечно, мне кажется, что Протагорово обучение скорее такого рода.

— Конец транзакции 4.

С: Так сам-то ты знаешь, что собираешься делать, или тебе это неясно?

Г: О чём это ты?

— Конец транзакция 5. Обмен ролями. Далее С – реактивный агент.

С: Ты намерен предоставить попечение о твоей душе софисту, как ты говоришь; но, право, я бы очень удивился, если бы ты знал, что такое софист. А раз тебе это неизвестно, то ты не знаешь и того, кому ты вверяешь свою душу и для чего — для хорошего или дурного.

Г: Я думаю, что знаю.

— Конец транзакции 6. Обмен ролями. Далее С — активный агент.

С: Так скажи, что такое софист, по-твоему?

Г: Я полагаю, что по смыслу этого слова, он — знаток в мудрых вещах.

— Конец транзакции 7.

С: Да ведь это можно сказать и про живописцев, и про строителей: они тоже знатоки в мудрых вещах; но если бы кто-нибудь спросил у нас, в каких именно мудрых вещах знатоки живописцы, мы бы сказали, что в создании изображений; и в других случаях ответили бы так же. А вот если бы кто спросил, чем мудр софист, что бы мы ответили? В каком деле он наставник?

Г: А что если бы мы так определили его, Сократ: это тот, кто наставляет других в искусстве красноречия?

— Конец транзакции 8. Обмен ролями. Далее С — реактивный агент.

С: Может быть мы и верно бы сказали, однако недостаточно, потому что этот наш ответ требует дальнейшего вопроса: если софист делает людей искусными в речах, то о чём эти речи? Кифарист, например, делает человека искусным в суждениях о том, чему он его научил, — то есть об игре на кифаре. Не так ли?

Г: Да.

— Конец транзакции 9. Обмен ролями. Далее С — активный агент.

С: Допустим. Ну а софист, в каких речах он делает искусным? Не ясно ли, что в речах о том, в чём он и сам сведущ?

Г: Похоже на то.

— Конец транзакции 10.

С: А в чём же софист и сам сведущ, и ученика делает сведущим?

Г: Клянусь Зевсом, не знаю, что тебе ответить.

— Конец транзакции 11.

С: Как же так? Знаешь, какой опасности ты собираешься повергнуть 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 ему 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, услыхав 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 питается душа? По-моему, во всяком случае, он таков.

Г: Но чем же питается душа, Сократ?

— Конец транзакции 13. Обмен ролями. Далее С — реактивный агент.

Начнем с того, что заменим, ранее используемый, термин диалоговый партнер на термин *диалоговый агент*. Диалоговые агенты формируют диалоговую транзакцию. Хотя участников диалога может быть сколь угодно много, диалоговую транзакцию всегда формируют только два диалоговых агента. В диалоге Протагор в различные моменты времени транзакции формируют следующие пары агентов: Сократ—Гиппократ, Сократ—Протагор, Сократ—Каллий и др.

Диалоговые агенты, в процессе диалогового взаимодействия, исполняют одну из двух ролей: роль *активного диалогового агента* и роль *реактивного диалогового агента*. Агент исполняет роль *активного диалогового агента* в том случае, когда ему необходимы неко-

торые знания, которые он предполагает получить их от противоположного диалогового агента. Агент исполняет роль *реактивного диалогового агента* в том случае, когда он предоставляет, имеющиеся у него знания, противоположному агенту.

В приведенном фрагменте диалога вначале Сократ исполняет роль активного агента, а Гиппократ — роль реактивного. Затем, агенты несколько раз обмениваются ролями. Анализ приведенного фрагмента позволяет нам сделать предварительное предположение, что инициатором смены ролей, как правило, является реактивный агент. Активный агент удовлетворён своей ролью и, после смены ролей, старается восстановить прежнюю роль при первой же возможности.

В том случае, когда транзакцию формируют две личности, будем говорить, что имеет место *внешний диалог*. Однако, диалоговая транзакция может быть сформирована и одной личностью, попеременно исполняющей роль активного и реактивного агентов. 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 одного и того же агента.

Большая часть приведенного фрагмента диалога иллюстрирует внешний диалог, происходящий между двумя агентами, однако в нём присутствует и внутренний диалог. 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 *диалоговых транзакций*, в которой каждая транзакция является завершённым циклом обмена знаниями между активным и реактивным агентами. Характерной особенностью диалога, которая отличает его от других форм интерактивного взаимодействия (например, от работы человека с прикладной системой баз данных) является наличие сильной

логической зависимости не только между компонентами отдельной транзакции, что очевидно, но, и, что более важно, между смежными звеньями цепи диалоговых транзакций. Именно наличие такой логической зависимости превращает набор отдельных диалоговых транзакций в целенаправленный интеллектуальный процесс.

Каждая диалоговая транзакция представлена двумя *информационными посылками*. *Информационная посылка активного агента* имеет статус вопроса. Слово «статус», здесь, означает, что информационная посылка активного агента не обязательно является вопросом в грамматическом или 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, при помощи которого, осуществляется этот доступ. Отсюда следует, что доступ к одним и тем же знаниям активный агент может получить при помощи различных информационных посылок. В ряде эпистемологических публикаций эта естественная, как кажется автору, свобода выбора активным агентом формы доступа к знаниям считается проблемой и называется «проблема конвергентных знаний». [10]

Анализ естественных диалогов показывает, что информационные посылки активного агента могут варьироваться от простого «да/нет» вопроса, до продолжительного внутреннего диалога. Однако, даже в том случае, когда информационная посылка активного агента представляет собой длительные рассуждения, то она всё равно имеет статус вопроса, по отношению к реактивному агенту. Поэтому уместно говорить о *степени интэррогативности* информационной посылки активного агента.

В ряде случаев информационную посылку активного агента можно понимать как *поисковое предписание*, необходимое для получения доступа к знаниям реактивного агента, или как некоторую *ссылку*, обеспечивающую доступ к области долговременной памяти реактивного агента. Аналогично информационную посылку реактивного агента можно понимать как поисковое предписание, необходимое для получения доступа к знаниям, активного агента, или как ссылку на участок долговременной памяти активного агента, где хранятся запрашиваемые знания.

В приведенном фрагменте диалога одной из наиболее простых транзакций, с точки зрения структуры её информационных посылок, является транзакция под номером один.

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

Г: Конечно.

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 является софистом. Информационная посылка активного агента имеет высокую степень интеррогативности и представлена одним вопросительным предложением.

В двенадцатой транзакции информационная посылка Сократа, выступающего в роли активного агента, имеет более сложную структуру. Она отражает некоторые предварительные рассуждения, Сократом, которым, тем не менее, присуща некоторая степень интеррогативности.

С: Как же так? Знаешь, какой опасности ты собираешься повергнуть 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.

Сократ хочет узнать, согласен ли Гиппократ с его выводом, заключающемся в том, что нельзя верить свою душу 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. Можно предположить, что внутренний диалог Сократа имеет целью уточнить характер запрашиваемых знаний, и, что без этих уточнений его информационная посылка не обеспечит ему доступ именно к тем знаниям, которые необходимы.

Таким образом, можно утверждать, что диалоговая транзакция является базовым структурным элементом диалогового общения, и, во всех случаях, имеет интеррогативную природу.

Диалог — это целенаправленный интеллектуальный процесс. Каждый агент стремится к достижению своей собственной цели и формирует потоки информационных посылок, которые согласуются с его целью. В этом смысле диалоговые процессы являются процессами решения проблем. Легко заметить целенаправленный характер информационных посылок Сократа в приведенном фрагменте диалога Протагор. Последовательность его информационных посылок направлена на достижение цели, которую можно сформулировать примерно так: «убедить Гиппократа в том, что его первоначальное желание стать учеником Протагора заплатив ему за это любые деньги, является ошибочным».

В связи с очевидной связью проблематики естественного диалога с проблематикой решения проблем введём понятие *диалогового поведения*, под которым будем понимать реализацию метода решения проблемы при помощи диалогового процесса. Приведенный фрагмент диалога Протагор является одним из протоколов диалогового поведения Сократа, которое реализует изобретенный им метод, названный в некоторых публикациях методом вопросов Сократа [11].

Рассмотрим, кратко, сущность этого метода. Сократ мог бы достичь свою цель несколькими способами. Например, он мог бы, апеллируя к своему авторитету, сразу предложить Гиппократу окончательный вывод, сказав: «Поверь мне Гиппократ, не следует стремиться стать учеником Протагора любой ценой, не выяснив, чему он будет

тебя учить, и будут ли полезны приобретённые у него знания». В этом случае Сократ передал бы Гиппократу, скорее, не знания, а веру, опирающуюся на его авторитет, а не подтвержденные логическим выводом. Однако Сократ предпочитает вступить в диалог с Гиппократом, предложив ему серию интеррогативных информационных посылок с predetermined вариантами ответов. Информационные послышки Сократа сформулированы таким образом, чтобы ответы Гиппократа составили цепь рассуждений, которая завершается сформулированным, выше, выводом. Это более действенный способ, поскольку Гиппократ, ведомый Сократом, сам выводит сформулированное, выше, заключение. В этом суть метода Сократа. Исполняя роль активного агента, Сократ, таким образом, управляет диалогом, чтобы побудить оппонента отвечать так, как это требуется для формирования цепи умозаключений, завершающейся целевым заключением. Секрет успеха Сократа в знании того факта, что с каждым вопросом ассоциировано некоторое множество возможных ответов, которое зависит не от знаний и ответа реактивного агента, а исключительно от самого вопроса. Зная этот факт и являясь активным агентом, Сократ, таким образом, строит свои информационные послышки, чтобы максимально сузить количество возможных ответов оппонента или, по возможности, свести его к единице.

Последующие части настоящей статьи базируются на некоторых упрощающих предположений относительно естественного диалога. Первое из них заключается в том, что вместо полномасштабного естественного диалога рассматривается его вариант, называемый *эротетическим диалогом*. [12, 13]

В эротетическом диалоге информационные послышки активного агента имеет стопроцентную степень интеррогативности и представляет собой вопросы в лингвистическом смысле слова, а информационные послышки реактивного агента — ответы на эти вопросы. Эротетический диалог — это шаг в направлении упрощения естественного диалога, который, однако, представляется целесообразным по следующим причинам. Во-первых, естественный диалог, как правило, можно конвертировать в эротетический, сохранив, при этом, исходные цель и метод, во-вторых, исследование эротетического диалога может базироваться на более или менее формализованных теориях и, в-третьих, результаты, полученные при исследовании эротетиче-

ского диалога, могут быть хорошей основой для их обобщения на полномасштабный естественный диалог.

В эротетическом диалоге, знания, запрашиваемые активным агентом и возвращаемые реактивным агентом, являются декларативными. Поэтому, модель структуры эротетической транзакции, в контексте представления знаний, должна основываться на некоторой приемлемой концепции представления декларативных знаний. Хотя система декларативных знаний человека, по всей видимости, едина и подобна ткани, в которой близлежащие части сцеплены между собой, вопросы и ответы оперируют с отдельными небольшими частями, или порциями системы декларативных знаний человека. Поэтому нам понадобятся средства представления только порции декларативных знаний, ассоциированных с эротетической транзакцией.

Эпистемологи, обычно, не используют термины «декларативные знания» и «процедурные знания», а также декларативно-процедурную дихотомию знаний. Однако из контекста ряда публикаций ясно, что знания-that и знания-wh — это не что иное, как эпистемологическое наименование порции декларативных знаний, участвующей в эротетической транзакции [10]. Эти порции знаний представлены в виде естественно-языковой пропозиции, являющейся ответами на that- или wh-вопросы, соответственно.

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, выражаемые ответами на вопросы из перечисленных классов, формируют шесть классов декларативных знаний, рассматриваемых эпистемологами: (1) кто-знания; (2) что-знания; (3) когда-знания; (4) где-знания; (5) как-знания и (6) почему-знания. Эпистемологическое понимание знаний-wh можно проиллюстрировать примерами следующих шести естественно-языковых предложений: (1) «Я знаю, *кто* есть Протагор», (2) «Я знаю, *что* он будет говорить», (3) «Я знаю, *когда* он начнёт беседу», (4) «Я знаю, *где* будет беседа», (5) «Я знаю *как* Протагор начнёт выступление» и (6) «Я знаю, *почему* его аргументы некорректны». Приведенная классификация отражает и иллюстрирует явную пропозициональную ориентацию эпистемологического представления знаний, ассоциированных с эротетической транзакцией.

Для случая эротетического диалога мы рассматриваем вопрос как поисковое предписание, детерминирующее область долговременной памяти реактивного агента, в которой находятся запрашиваемые знания. Такая интерпретация предполагает, что реактивный агент уже обладает запрашиваемыми знаниями. Однако, это только один из возможных случаев. Несложно сформулировать примеры вопросов, которые запрашивают знания, отсутствующие в памяти реактивного агента. Такие вопросы предполагают выполнение некоторой ментальной работы или некоторое ментальное усилие с участием ресурса внимания. Поэтому, по отношению к участию ресурса внимания реактивного агента 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 активизировать систему внимания и решить задачу, ассоциированную с вопросом. Ответом является вариант решения, полученный реактивным агентом. Рассмотрим пример:

Сколько лет было бы Сократу сегодня, если он родился в 469 году до нашей эры?

Ясно, что реактивного агент, скорее всего, не хранит в памяти запрашиваемые знания ему необходимо задействовать ресурс внимание для формирования ответа.

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» реактивному агенту не требуется использование ресурса внимание.

Примером может служить вопрос: Как тебя зовут?

Класс вопросов типа «поисковое предписание» не является конечным и может быть разбит на подклассы. Когда активный агент, конструирует вопрос типа «поисковое предписание» он не знает заранее, обладает ли реактивный агент запрашиваемыми знаниями. Вопрос типа «поисковое предписание», который запрашивает отсутствующие знания, может поставить реактивного агента в тупиковую ситуацию.

Например, вопрос: Почему Вы скрываете, что Вы мужчина? может поставить в тупик нормальную женщину.

Классификация вопросов на вопросы типа «поисковое предписание» и вопросы типа «задача» не абсолютна и должна рассматриваться по отношению к знаниям реактивного агента. Если задача, порождаемая вопросом, решается впервые или очень редко (настолько редко, что процесс забывания превалирует), то для её решения, согласно гипотезе Канемана, выделяется ресурс внимания [14]. В случае многократного ответа на одни и те же или аналогичные вопросы типа «задача» решение запоминается, для формирования ответа более не требуется механизм внимания, а сам вопрос превращается в вопрос типа «поисковое предписание».

Очевидно, что разделение вопросов по отношению к использованию ресурса внимания на два класса: вопросы типа «поисковое предписание» и вопросы типа «задача» не является единственной возможной классификацией. Анализ примеров протоколов естественных диалогов позволяет обнаружить, что каждый вопрос может характеризоваться некоторой *степенью неопределённости*. Поэтому, по отношению, к степени неопределённости вопросы можно разделить, по крайней мере, на два класса: неопределённые вопросы и определённые вопросы. Это грубая классификация, не учитывающая степень неопределённости, но, достаточная для целей настоящей статьи.

Неопределённый вопрос означает, что ответ реактивного агента может принадлежать одному из нескольких *классов ответов*. Если реактивный агент не получил никаких инструкций о том как ему следует отвечать на вопрос, то, отвечая на неопределённый вопрос, он может использовать одну из двух стратегий: (1) по своему усмотрению выбрать класс к которому принадлежит ответ; (2) с целью уменьшения или снятия неопределённости, вместо ответа сформулировать уточняющий вопрос. Последний случай означает обмен ролями между диалоговыми агентами и может рассматривать как одна из причин смены ролей в эротетическом диалоге. Очевидно, что процесс уточнения неопределённого вопроса может быть итеративным, если реактивный агент воспринимает новый вопрос, как неопределённый.

Например, вопрос: Кто живёт за этой дверью? является неопределённым, поскольку запрашиваемые знания принадлежат одному из нескольких классов: (1) знания о паспортных данных жильца; (2) знания о внешности жильца, и т. д. Реактивный агент, получив, такой вопрос, и желая уточнить, какие знания за-

прашивает активный агент, может, вместо ответа, передать своему партнёру уточняющий вопрос:

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

Если активный агент возвращает реактивному агенту вопрос:

Не могли бы Вы описать его?

то это опять неопределённый вопрос, поскольку он предполагает, что запрашиваемые знания принадлежат одному из несколько классов.

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

Назовите фамилию человека, который живёт за этой дверью?

2. Формулы

Во второй части статьи введенный онтологический базис используется для формального моделирования логической структуры диалоговой транзакции. Особенностью предлагаемого подхода к моделированию диалоговой транзакции является фокусировка внимания на том, что главным предназначением диалоговой транзакции является оперирование декларативными знаниями реактивного агента. Модели, которые мы будем конструировать, моделируют возможные варианты логической структуры эротетической транзакции в контексте представления декларативных знаний, ассоциированных с транзакцией. Моделирование будет ограничено вопросами типа «поисковое предписание» и это — второе из принятых упрощений полномасштабного естественного диалога.

В эпистемологии и эротетической логике декларативные знания, участвующие в вопросно-ответной транзакции представляются в виде пропозиций и, следовательно, элементарная порция декларативных знаний рассматривается как предложение. Общепринятый способ формализации такого представления знаний заключается в трансляции естественно-языковых предложений в предложения, записанные в онтологическом базисе и нотации логики первого порядка. Например, класс что-знаний, в общем случае, может быть представлен предложением:

$$(\exists x)a \text{ знает, что } (b = x)$$

Моделирование эротетической транзакции, в контексте представления декларативных знаний, может осуществляться средствами с более унифицированной онтологией, чем формальная система логики первого порядка. Под унифицированной онтологией здесь понимается онтология, основанная не на лингво-зависимых переменных (как в логике первого порядка), а на лингво-независимых фундаментальных сущностях декларативных знаниях. В этом смысле привлекательным является язык тернарного описания (ЯТО), первоначально предложенный Уёмовым для формального описания параметрического варианта общей теории систем, а затем развитый им и его учениками в самостоятельную неклассическую логику. [15–17]

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*.

Категории «вещь» и «свойство» имеют в ЯТО традиционный смысл, а смысл категории «отношение» отличается от традиционного. Общепринято использовать понятие «отношение» для обозначения взаимовлияния нескольких вещей, то есть говорить об отношении между вещами. Например, между двумя мужчинами может существовать отношение «отцовство». В контексте ЯТО под отношением понимается то, что образует вещь, то есть говорится об отношении на вещи, или отношении, имеющем место в вещи. Иными словами ЯТО-отношение — это, в каком-то смысле, другое наименование внутренней организации вещи.

Бинарная ассоциация объекта-вещи с объектом-свойством порождает два прототипа для представления сущностей в ЯТО:

- 1) Наименование первого прототипа: *«вещь, обладающая свойством»*, а формальная нотация имеет вид: $(*)^*$.
- 2) Наименование второго прототипа: *«свойство, присущее вещи»*, а формальная нотация имеет вид: $(*)^*$.

Бинарная ассоциация объекта-вещи с объектом-отношением порождает ещё два прототипа:

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

- 4) Наименование четвертого прототипа: «*отношение, имеющее место в вещи*», а формальная нотация имеет вид: $*((*)$.

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 обычные (одинарные) круглые скобки, то это означает, что ассоциация направлена от объекта-вещи к объекту-свойству или объекту-отношению. Словами это можно выразить как: «вещь, обладающая свойством», или «вещь, в которой имеет место отношение». Ассиметричная (двойная) круглая скобка означает, что ассоциация направлена от объекта-свойства или объекта-отношения к объекту-вещи. Словесная формулировка: «свойство, присущее вещи», или «отношение, имеющее место в вещи».

Отметим, что в публикациях, посвящённых ЯТО, знакоместо внутри скобок используется только для символа объекта-вещи. Это ограничение исключает из набора прототипов следующие два: «отношение, обладающее свойством», и «свойство, присущее отношению».

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

- *определённый* (в знакоместо прототипа подставляется символ t),
- *неопределённый* (в знакоместо прототипа подставляется символ a),
- *произвольный* (в знакоместо прототипа 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 прототипы, 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 знаниям относительно некоторой определённой вещи, которая обладает какое-то (неопределённое) свойство. Направление ассоциации от вещи к свойству.

Модель

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

представляет знаниям относительно какого-то (неопределённого) свойства, которое присуще некоторой определённой вещи. Направление ассоциации от свойства к вещи.

Модель

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

представляет знания относительно некоторого произвольное свойство, которое присуще какой-то (неопределённой) вещи. Направление ассоциации от свойства к вещи.

Модель

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

представляет знания относительно некоторой определённой вещи, в которой имеет место какое-то (неопределённое) отношение. Направление ассоциации от вещи к отношению.

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

Структуру вопроса в эротетической транзакции, в контексте ЯТО-представления порций декларативных знаний, будем рассматривать как развитие идеи базовой интеррогативной формулы Белнапа и Стила, постулирующей, что внутренняя логическая структура вопроса детерминируется двумя компонентами: *субъектом вопроса* и *требованием вопроса* [7].

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

Важным элементом философии Белнапа и Стила, лежащей в основе их теории, является концепция субъекта вопроса. Из этой концепции следует, что те вопросы, модель которых включает субъект, например вопросы типа «поисковое предписание», не только определяют возможные ответы, но и содержат их. Это означает, что субъект вопроса можно мыслить как ответ с некоторой степенью неопределённости.

Субъект вопроса является ключевым компонентом эротетической транзакции. Реактивный агент, при конструировании ответа, занимается, по сути, тем, что трансформирует неопределённые знания, на которые указывает субъект вопроса, в более определённые знания, ассоциированные с ответом. Иными словами, реактивный агент понижает степень неопределённости знаний субъекта вопроса до уровня, приемлемого для ответа.

Будем моделировать порции декларативных знаний, на которые указывает субъект вопроса, следующими альтернативными 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-прототипов порций декларативных знаний для случая ассоциации определённого и неопределённого объектов. Имеется несколько причин выбора моделей (6)–(9) для представления порции декларативных знаний. Во-первых, субъекты всех примеров вопросов, описанных в [2, 7, 10], могут быть представлены одной из моделей (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 вопроса в определённые знания ответа. Один из объектов в моделях (6)–(9) является неопределённым, и более конкретные знания именно о нём активный агент ожидает получить от реактивного агента.

Поясним модели (6)–(9) на содержательном уровне.

- Модель $K_{subj} = (t)a$ представляет знания о конкретной определённой вещи, которой присуще некоторое неопределённое свойство. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, *какими свойствами обладает данная вещь*.
- Модель $K_{subj} = (a)t$ представляет знания об определённом свойстве, которое присуще некоторой неопределённой вещи. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, *каким вещам присуще данное свойство*.
- Модель $K_{subj} = a(t)$ представляет знания о конкретной определённой вещи, в которой имеет место некоторое неопределённое отношение. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, *какое отношение имеет место в данной вещи*.
- Модель $K_{subj} = t(a)$ представляет знания о конкретном определённом отношении, которое имеет место в некоторой неопределённой вещи. Вопрос с таким субъектом формируется активным агентом в том случае, когда он хочет узнать, *в каких вещах имеет место данное отношение*.

Недостатком моделей (6)–(9), с точки зрения инжиниринга программных систем, основанных на знаниях, является их плохая приспособленность для отображения в релевантные структуры данные. Эти модели могли бы быть полезными для целей разработки программных систем в случае, если бы мы нашли способ их трансформации в типы или структуры данных современных систем программирования. Речь идёт, в первую очередь, о даталогической интерпретации неопределённого объекта.

Одной из возможных и, наверное, простейшей, даталогической интерпретацией неопределённости является множественность. Неопределённый объект можно понимать как множество определённых объектов, а мощность этого множества как меру его неопределённости. Тогда понижение степени неопределённости объекта эквивалентно уменьшению мощности соответствующего множества. Неопределённый объект превращается в абсолютно определённый в

том случае, когда мощность множества становится равной единице, или когда множество представлено одним определенным объектом.

С учётом такой интерпретации неопределённости, мы можем заменить неопределенные объекты списками определенных объектов и представить модели (6)–(9) в виде.

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

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

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

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

Модели (10)–(13) — это даталогические аналоги моделей (6)–(9), которые представляют декларативные знания, передаваемые реактивному агенту посредством субъекта вопроса. Две дополнительные модели невыражаемые в нотации ЯТО (в силу того, что внутри скобок мы можем записывать только символ объекта-вещи) представлены формулами (14) и (15).

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

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

Поскольку субъект вопроса является, по сути, ответом с некоторой степенью неопределенности, и реактивный агент, при конструировании ответа, понижает эту степень до уровня, приемлемого для ответа, (детерминируется требованием вопроса *Req* в формуле (5)), то модели порций декларативных знаний ассоциированных с ответом должны быть аналогичны (10)–(15). Отличие моделей декларативных знаний, ассоциированных с ответом, заключается в мощностях множества (списка) объектов. Таким образом, мы можем представить их в виде.

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

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

$$K_{ans} = \text{В} \langle \text{вещи} \rangle \text{ИМЕЮТ МЕСТО ОТНОШЕНИЯ} \{ \text{список отношений} \}, \quad (18)$$

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

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

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

Модели (16)–(21) представляют декларативные знания, которые реактивный агент возвращает активному агенту при помощи ответа на вопрос с релевантным субъектом.

Модели (16)–(21) можно, относительно легко, проиллюстрировать большим количеством примеров транзакций, построенных с использованием простых *whether*-вопросов, приведенных в [7].

Рассмотрим транзакцию.

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

Реактивный: При нормальных условиях температура замерзания воды равна 32°F.

Субъект вопроса в приведенной транзакции обеспечивает доступ к декларативным знаниям, представимым моделью (10):

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

Модель представляет знания относительно данной определённой вещь с именем «вода при нормальных условиях», которая обладает некоторым неопределённым свойством — какой-то температурой замерзания. Активный агент, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет перейти от неопределённости к определённости и получить доступ к знаниям реактивного агента относительно конкретного свойства «воды при нормальных условиях». Неопределённость в знаниях, на которые указывает субъект, выражается множеством, состоящим из конечного, но достаточно большого количества альтернатив. Знания, ассоциированные с ответом реактивного агента вполне определённы и представимы моделью (16)

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

Рассмотрим вопрос: Какие простые числа лежат между 10 и 20? Субъект этого вопроса обеспечивает доступ к декларативным знаниям, представимым моделью (11):

$$K_{subj} = \langle \text{быть простым числом} \rangle \{ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 \}.$$

Модель представляет знания, относительно данного определённого свойства с именем «быть простым числом», которое присуще некоторой неопределённой вещи — какому-то числу в диапазоне от 10 до 20. Активный агент, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет перейти от неопределённости к определённости и узнать у реактивного агента каким конкретным вещам присуще свойство «быть простым числом». Неопределённость в знаниях, на которые указывает субъект, выражается множеством, состоящим из одиннадцати элементов. Знания, ассоциированные с ответом реактивного агента представимы моделью (17).

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

В качестве следующего примера рассмотрим одну из транзакций, приведенного в начале статьи, фрагмента Протагор. Фрагмент этого диалога не является исключительно эротетическим, поскольку информационные послышки активного агента не во всех транзакциях представлены простым вопросом. Однако, ряд транзакций этого диалога являются эротетическими. Рассмотрим первую из них.

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

Г: Конечно.

Субъект вопроса Сократа в этой транзакции обеспечивает доступ к декларативным знаниям, представимым моделью (10). Модель представляет знания о данной определённой вещи «Сократ-и-Гиппократ», которая обладает некоторым неопределённым свойством — готовность или неготовность платить деньги Протагору только на том основании, что он софист. Сократ, формулируя вопрос с таким субъектом, хочет перейти от неопределённости к определённости и узнать у Гиппократа каким конкретным свойством обладает Сократ-и-Гиппократ. Сократ ожидает получить некоторый ответ и, исходя из своих ожиданий, он конструирует субъект вопроса таким образом, чтобы неопределённость в знаниях, на которые он указывает, представляется списком, состоящим только из нескольких альтернатив.

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

Ответ Гиппократата является указателем на порцию декларативных знаний, выражаемых моделью (16).

$K_{ans} = \langle \text{Сократ-и-Гиппократ} \rangle$

ОБЛАДАЕТ СВОЙСТВОМ{<давать деньги софисту Протагору>}

Заключение

Эротетический диалог является одним из типов естественного диалога, которым могут оперировать искусственные диалоговые агенты, демонстрирующие антропоморфное поведение. Транзакции эротетического диалога ограничены вопросно-ответными парами и поэтому, внешне, эротетический диалог не настолько разнообразен, как ничем не ограниченный естественный диалог, однако он может достигать те же цели и решать те же проблемы, что и полномасштабный естественный диалог.

Модели логической структуры транзакции эротетического диалога, целесообразно строить исходя из структуры знаний, ассоциированных с транзакцией. В этом случае модели не только способствуют лучшему пониманию внутренней сущности диалоговой транзакции, но и имеют прагматическую ценность, поскольку могут служить теоретической основой для проектирования базы знаний диалогового агента. В статье проиллюстрирована применимость языка тернарного описания Умова для представления порций декларативных знаний, ассоциированных с эротетической транзакцией. Модели, представленные формулами (10)–(21) вскрывают внутреннюю логическую сущность эротетической транзакции в контексте представления знаний.

Дальнейшее развитие настоящей работы предполагается проводить в направлении использования полученных результатов для моделирования базы знаний диалогового агента, включающей не только декларативные, но и процедурные знания, необходимые для ведения эротетического диалога.

Список литературы

- [1] Hintikka J. Questions about questions // Munitz M. K., Unger P. K. (Eds.) *Semantics and Philosophy*. — New York: New York University Press, 1974. — P. 103–158.
- [2] Wisniewski A. *The Posing Of questions: Logical Foundations of Erotetic Inference*. — Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [3] Turing A. Computing machinery and intelligence // *Mind*. — 59. 1950. — P. 433–460.
- [4] Рассел С., Норвиг П. *Искусственный интеллект. Современный подход / Изд. 2-е*. — М., СПб., Киев: Вильямс, 2006.
- [5] Brainerd C. *Piaget's Theory of Intelligence*. — New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1978.
- [6] Найссер У. *Теория восприятия // Психология внимания / под ред. Ю. Б. Гиппенрейтера и В. Я. Романова*. — Москва: Изд-во «ЧеРо», НОУ Московский психолого-социальный институт, 2001. — С. 640–648.
- [7] Белнап Н., Стил Т. *Логика вопросов и ответов*. — М.: Прогресс, 1981.
- [8] Hintikka J. *Socratic Epistemology: Explorations of Knowledge Seeking by Questions*. — Cambridge University Press, 2007.
- [9] Платон. *Избранные диалоги*. — М.: Эксмо, 2009.
- [10] Schaffer J. Knowing the answer // *Philosophy and Phenomenological Research*. — Vol. LXXV. No. 2, September 2007. — P. 383–403.
- [11] Wenger E. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. — Los Altos, California: Morgan Kaufman, 1987.
- [12] Chemyr I. A., Horney M. A., Anderson-Inman L. SmartText: Using Agent Supporting Personalized Reading Comprehension // *Personal Technologies*. — Vol. 2, № 3. 1998. — P. 152–161.
- [13] Chimir I., Abu-Dawwas W. Modeling of a Procedural Knowledge by a Dialogue Knowledge Base // *The International Arab Journal of Information Technology*. — 2004. Vol. 1, № 1. — P. 128–134.
- [14] Канеман Д. *Внимание и усилие / Под ред. А. Н. Гусева*. — М.: Смысл, 2006.

- [15] 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.
- [16] Uyemov A. The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part II // Int. J. of General Systems. — 1999. Vol. 31 (2). — P. 131–155.
- [17] Uyemov A. The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory. Part III // Int. J. of General Systems. — 2003. Vol. 32 (6). — P. 583–623.

