

- (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2008, Т.1. – С. 197-202.
3. *Гарсиа-Молина, Гектор, Ульман, Джефффри Д. Уидом, Джениффер.* Системы баз данных. Полный курс // Пер.с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003.
 4. Базы данных: Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх. – 2-е изд. – М.: Изд-во Молгачева С.В., 2001.
 5. *Архипенков С.Я.* Аналитическая система на базе Oracle Express OLAP: Проектирование, создание, сопровождение. – М.: Диалог-МИФИ, 1999.
 6. *Херрере Ф., Лозано М.* Нечеткие адаптивные генетические алгоритмы: дизайн, таксономии, а также будущие направления // Компьютерные программы. 7(2003), Спрингер - Верлаг, 2003. – С. 545-562.
 7. Руководство по генетическим алгоритмам. Выпуск I. Вашингтон, США, 1999.
 8. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б., Чернышев Ю.О.* Адаптация на основе самообучения. Монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГАСХМ ГОУ, 2004.

УДК 621.03: 007.5

В.Б. Тарасов, С.В. Смагин

ДИАЛОГИКА – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ*

Введение. В начале XXI-го века все более актуальной становится разработка интеллектуальных систем автоматизированного проектирования (ИСАПР) новых поколений, призванных обеспечить существенный подъем эффективности процессов проектирования на всех стадиях разработки, значительное сокращение сроков проектирования, улучшение качества создаваемых искусственных (технических) систем. В таких ИСАПР должны быть реализованы инновационные стратегии проектирования, обеспечивающие повышение конкурентоспособности проектных организаций благодаря компьютерной интеграции ресурсов, расположенных в различных местах, интенсификации взаимодействия между партнерами, участвующими в процессах проектирования, обеспечению гибкости, надежности и своевременности принимаемых решений. Известными примерами подобных стратегий служат «совмещенное или параллельное проектирование» (Concurrent Design или Simultaneous Design), «кооперативное проектирование» (Cooperative Design или Collaborative Design), «эволюционное проектирование», «синергетическое эволюционное проектирование» (см., в частности, [1-3]).

В настоящей работе основное внимание уделяется теоретическим вопросам совершенствования подходов кооперативного проектирования, в особенности, проблемам «проектирования для некоторого внешнего или внутреннего заказчика», определяемого конкретной стадией жизненного цикла продукции (Design for X) [4], например, «проектирование для производства» (Design for Manufacturing), «проектирование для сборки» (Design for Assembly), «проектирование для логистики» (Design for Logistics) и т.п. Становление подобных «клиентоцентрических» подходов требует широкого внедрения в проектных организациях систем поддержки отношений с заказчиками CRM (Customer Relationship Management), кото-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 07-01-00656 и №07-07-00418.

рые могут строиться на основе многоагентных технологий [5] с помощью логик диалога.

Моделирование процессов взаимодействия (а, в первую очередь, аспектов кооперации) между агентами (разработчиком и заказчиком) предполагает создание новых логических теорий, обеспечивающих переход от монологических к диалогическим (и полилогическим) построениям. Здесь центральное место занимают: формализация процессов переговоров, связанных с преодолением конфликта мнений агентов и выработкой соглашений между ними; моделирование коллективных процессов расширения и улучшения знаний; поддержка рефлексивных рассуждений, и т.д.

1. Диалог, диалогика и принципы коммуникации агентов в ИСАПР. При построении интеллектуальных САПР как многоагентных систем [6] требуется моделировать процессы коммуникации агентов, их переговоры, диалоги. В информатике под диалогом понимается тип коммуникации, осуществляемый при помощи обмена сообщениями между двумя и более агентами. Обычно, этот обмен сообщениями связан с изменением задач и состояний агентов, например, мнений, желаний, целей, обязательств и пр. При этом агенты считаются способными формировать общие цели и меняться ролями в процессе общения. Каждый агент имеет также свои собственные цели в диалоге, которые должны быть согласованными с его обязательствами, обусловленными общей целью многоагентной системы.

Применительно к логике диалог может интерпретироваться как особый способ определения логического предложения (в противовес истинностному или доказуемостному способам).

Еще М.М. Бахтиным был введен в научный оборот термин «диалогика», который в настоящее время используется, по крайней мере, в двух различных смыслах. Диалогикой в широком смысле называется междисциплинарная область, направленная на создание общей теории диалога, которая опирается на принцип единства и всеобщности диалога как единицы коммуникации, основы взаимопонимания и кооперации между агентами. Главной характеристикой диалогических отношений является стремление к достижению *согласия*.

Истоки диалогии восходят к *диалектике Сократа и Платона* – искусству вести беседу (диалог), направленную на взаимное обсуждение проблем с целью достижения истины путем противоборства и согласования мнений, «топике» Аристотеля, средневековым школам риторики. В то же время, диалогика тесно связана с такими направлениями, как диалогизм в философии языка, интеракциональная социолингвистика, теория речевых актов. Ядро диалогии составляет социальная интерпретация процессов познания и мышления, распределенное, диалоговое понимание истины.

Диалогика в узком смысле понимается как раздел современной формальной логики, опирающийся на диалоговые представления и посвященный логическому анализу диалогов. Отсюда вытекают два пути формирования комбинированных диалогических моделей: от диалога к логике и, наоборот, от логики к диалогу.

С одной стороны, предмет диалогии есть построение и использование диалоговых моделей, в логике и логической семантике, в частности, разработка теоретико-игровых логических семантик [7], диалоговых логик [8, 9], диалоговых игр [10, 11]. Здесь ключевым моментом стало возрождение *диалектического взгляда на логику*, чему способствовала, в первую очередь, пионерская работа П. Лоренцена «Логика и агон» (греческое слово «агон» означает «игру», «диспут», «спор»), опубликованная в 1960г. (см.[8, 9]). Затем близкие идеи были предложены Я. Хинтикой, создавшим теоретико-игровую семантику [7], Ч. Хэмблином, развившим

логическую теорию ошибок, Н. Решером [12], разработавшим вариант диалектической теории знаний. В последние годы возникло даже такое направление как *компьютерная (вычислительная) диалектика* [13], нацеленное на компьютерное моделирование формализованных структур диалогов [14].

С другой стороны, речь идет о логическом моделировании диалогов, переговоров, коммуникативных актов, соглашений и пр. (логика диалогов [15, 16], логика общения и разрешения конфликтов [17], иллокутивная логика [18] и пр.). В контексте развития прикладных логик для искусственного интеллекта влияние диалогистики сильно ощущается в теории аргументации [19], а особенно, в так называемой, *неформальной логике* (см. обзор в [20]). С диалогичностью тесно связаны такие понятия как *коллективная логика* (по С. Тулмину), *социальная логика* (по Г. Тарду), *социальная семантика* языков коммуникации агентов (по М. Сингху).

Ниже сформулируем основные идеи и принципы диалогистики и семантики диалога в русле построения ИСАПР как многоагентных систем, состоящих из естественных и искусственных агентов:

1. Формирование знаний как продукта социализации мнений есть свойство сообщества, а не отдельного агента. Поэтому цель диалогистики заключается не столько в том, чтобы построить ясное, непротиворечивое знание на надежном фундаменте самоочевидности, сколько в расширении, переосмыслении и улучшении знаний в многоагентной системе на основе противопоставления и согласования различных мнений агентов с помощью утверждений и возражений, гипотез и сомнений, аргументов и контраргументов, вопросов и ответов. В целом, диалогика может пониматься как вариант *прикладной эпистемологии* для МАС.
2. В отличие от вертикальной структуры классической логической триады «понятие – суждение – рассуждение», занимающей центральное место в традиционной монологической структуре знания, в диалогике на первый план выходят горизонтальные структуры, определяемые обменом мнениями (переговорами) между агентами в интересах построения соглашений и коллективного принятия решений. Соответственно, любое рассуждение здесь рассматривается как диалогическое, а не монологическое.
3. Мнения агентов в диалогике строятся как модализированные суждения, характеризующиеся частичной истинностью (ни у одного из агентов, если это специально не оговорено, нет «монополии на истину»). Соответственно, допускается возможность истиннозначных провалов (разрывов) или, наоборот, пресыщенных оценок истинности в МАС.
4. Отличительная особенность рассуждений в диалогике заключается не столько в том, чтобы извлечь заключение из посылок, сколько в том, чтобы увеличить уверенность в этом заключении (или, напротив, в том, чтобы его опровергнуть).
5. Истинность любого суждения (валентность любой формулы) в диалогике носит распределенный характер, что обуславливает важность построения векторных (многомерных) оценок истинности в МАС. Двухмерность (многомерность) семантики есть следствие наличия двух (или большего числа) ролей в МАС.

2. Минимальнозначная диалоговая семантика. Как известно, семантика логики вопросов и ответов Белнапа иллюстрируется с помощью логической решетки L_4 , задающей порядок истинности \leq_V , а семантика логики Фиттинга – с помощью аппроксимационной решетки Скотта A_4 , порядок которой отождествляется с порядком знаний \leq_K . В [21] нами были введены модальные решетки M_4 и M'_4 ,

опирающиеся на порядок уверенности (необходимости) и порядок предположения (возможности). Ниже по аналогии введем понятия *диалоговой решетки* и двойственной ей *решетки диспута* (спора).

Вначале построим минимальнозначную диалоговую логику на основе произведений двузначных логик двух агентов 1 и 2 – участников диалога (в теории аргументации этих агентов принято называть пропонентом и оппонентом соответственно). Тогда множество логических значений можно представить графически в виде диалоговой решетки D_4 , представленной следующей диаграммой Хассе (рис. 1).

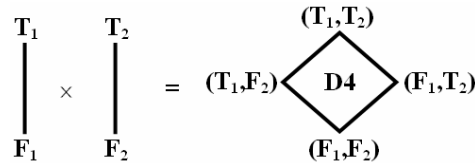


Рис. 1. Построение диаграммы Хассе для диалоговой решетки D_4

Четырехзначная семантика диалога строится как прямое произведение семантик агентов 1 и 2. Интерпретация получаемых истинностных значений интуитивно понятна: (F_1, F_2) – «ложь для обоих агентов», (T_1, F_2) – «истина для первого агента, ложь для второго», (F_1, T_2) – «ложь для первого агента, истина для второго», (T_1, T_2) – «истина для обоих агентов». Здесь пары (F_1, F_2) , (T_1, T_2) можно понимать как точки согласия агентов, а пары (T_1, F_2) , (F_1, T_2) – как точки противоречия. Будем обозначать минимальное множество значений истинности в логике диалога D_4 через $V_4 = \{(T_1, T_2), (T_1, F_2), (F_1, T_2), (F_1, F_2)\}$.

Если цель диалога формулируется как достижение соглашения (согласия) в ходе дискуссии между агентами, то соответствующее отношение порядка можно понимать как порядок согласия \leq_c . Например, $(F_1, F_2) \leq_c (T_1, F_2) \leq_c (T_1, T_2)$ означает, что ситуация «истина для обоих агентов», равнозначная наличию согласия между ними, будет предпочтительнее ситуации «истина одного агента – ложь другого», когда согласия между агентами нет, но оно считается возможным. Последняя ситуация предпочтительнее, чем «ложь для обоих агентов», которая здесь отождествляется с невозможностью достижения согласия (или отказом от него). Итак, в логике D_4 выделенным значением является (T_1, T_2) .

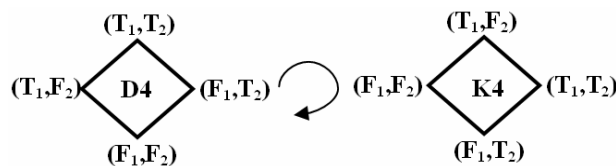


Рис. 2. Переход от диалоговой решетки D_4 к решетке диспута K_4

В свою очередь, повернув диалоговую решетку D_4 по часовой стрелке на 90 градусов, получаем решетку диспута (полемики, спора) K_4 с отношением порядка \leq_G (порядок выигрыша). Здесь можно использовать аргументационную семантику, например, T – «аргумент найден», а F – «возражение не найдено». При этом (T_1, F_2) интерпретируется как победа в споре первого агента и поражение второго, поскольку первый агент нашел неопровержимый аргумент, (F_1, T_2) – как обратная ситуация (поражение первого агента и победа второго), (T_1, T_2) – как ничья (аргументы обоих агентов взаимно опровергаемы), а (F_1, F_2) – как отказ от спора. Тогда,

например, имеем $(F_1, T_2) \leq_G (F_1, F_2) \leq_G (T_1, F_2)$, т.е. в логике диспута K_4 в качестве выделенного значения следует брать значение (T_1, F_2) .

Общее количество возможных унарных операций в четырехзначных логиках равно $4^4=256$, а бинарных $(4^4)^2=65536$.

3. Операции отрицания в логиках D_4 и K_4 . Рассмотрим операции отрицания в четырехзначных логиках. Операцией отрицания (инверсии) называется любая унарная операция n , которая меняет порядок истинности: $x \leq y \Rightarrow n(x) \geq n(y)$, $\forall x, y \in V$, таких отрицаний насчитывается 36. В свою очередь, операция n является операцией консервативного отрицания в том случае, если $n((T_1, T_2)) = (F_1, F_2)$, а $n((F_1, F_2)) = (T_1, T_2)$. Таких операций 16. Если, к тому же, выполняется $n(n(x)) = x$, $\forall x, y \in V$ (закон двойного отрицания), то отрицание называется инволюцией.

Помимо этого отрицания могут быть простыми и составными, однородными и неоднородными, зеркальными и циклическими. Простые отрицания характеризуются одномерностью, инверсией одного-единственного порядка, тогда как составные отрицания многомерны и связаны с рассмотрением различных порядков (при этом некоторые порядки могут инвертироваться, а прочие оставаться без изменений). Однородные отрицания выполняют одну и ту же операцию инверсии по различным порядкам, а неоднородные – различные операции по разным порядкам.

С точки зрения интерпретации логик D_4 и K_4 наибольший интерес вызывают следующие составные отрицания (табл. 1). Нетрудно убедиться в том, что среди них имеются два консервативных отрицания $\bar{1}_1$ и \neg_3 .

Таблица 1

Отрицания в четырехзначных логиках

v	$\bar{1}_1 v$	$\neg_2 v$	$\neg_3 v$	$\bar{4} v$	$\bar{5} v$
(T_1, T_2)	(F_1, F_2)	(T_1, T_2)	(F_1, F_2)	(F_1, T_2)	(T_1, F_2)
(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, F_2)	(T_1, T_2)
(F_1, T_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(T_1, T_2)	(F_1, F_2)
(F_1, F_2)	(T_1, T_2)	(F_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)

Первое отрицание $\bar{1}_1$, являющееся примером составного, однородного, консервативного отрицания, представляет собой обращение (инверсию) обоих базовых порядков \leq_C и \leq_G (прямое обобщение классического отрицания на двухмерный случай). Так отрицание по порядку \leq_C показывает, что противоположностью согласия между агентами (T_1, T_2) является невозможность его достижения (F_1, F_2) , тогда как отрицание по порядку \leq_G означает конверсию – смену ролей агентов (пропонент превращается в оппонента, первоначальный победитель оказывается побежденным и т.п.).

Следующие два отрицания являются примерами составных неоднородных отрицаний. Так второе отрицание \neg_2 , совпадающее по форме с отрицанием Фиттинга, сохраняет порядок согласия \leq_C , но инвертирует порядок спора \leq_G (показывая, например, смену ролей агентов). Подобная конверсия может применяться при рефлексивных рассуждениях.

В свою очередь, третье отрицание \neg_3 , которое инвертирует порядок согласия \leq_C , но сохраняет порядок спора \leq_G , аналогично отрицанию Белнапа: противоположностью согласия оказывается отказ от него (свойство консервативности), в то время как порядок спора не меняется. По сути, в данном случае, диалог агентов «заходит в тупик».

Операции отрицания позволяют естественным образом представить возражения агентов друг другу. Так четвертое отрицание \lceil_4 семантически соответствует возражению оппонента пропоненту (*внутреннее возражение* в случае рефлексивных рассуждений), а пятое отрицание \lceil_5 – возражению пропонента оппоненту. В совокупности отрицания \lceil_4 и \lceil_5 формируют операцию циклического отрицания.

Различные отрицания могут порождаться операцией композиции других отрицаний. Например, неконсервативное отрицание Фиттинга \neg_2 можно получить как композицию однородного консервативного отрицания \lceil_1 и неоднородного консервативного отрицания Белнапа \neg_3 : $\neg_2 = \lceil_1 \circ \neg_3$ (рис. 3), а отрицание \lceil_1 – как композицию \lceil_4 и \lceil_5 (рис. 4).

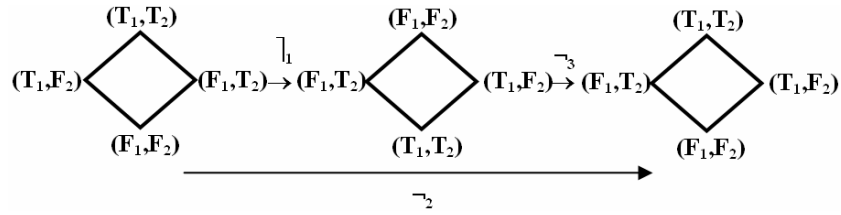


Рис. 3. Пример композиции отрицаний (получения неконсервативного отрицания на основе двух консервативных отрицаний)

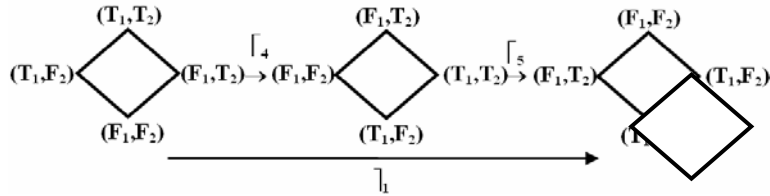


Рис. 4. Пример композиции отрицаний (получения консервативного отрицания на основе двух неконсервативных)

В дальнейшем для простоты записи значок композиции \circ будем опускать.

Приведем некоторые свойства введенных операций отрицания: $\forall v \in V_4$

$\lceil_1 \lceil_1 v = \neg_2 \neg_2 v = \neg_3 \neg_3 v = \lceil_4 \lceil_4 v = \lceil_5 \lceil_5 v = v$ (однородный закон двойного отрицания)

$\lceil_1 \neg_2 v = \neg_3 v$, $\lceil_1 \neg_3 v = \neg_2 v$, $\neg_2 \neg_3 v = \lceil_1 v$ (неоднородный закон двойного отрицания)

$\lceil_4 \lceil_5 v = \lceil_1 v$, $\lceil_4 \lceil_1 v = \lceil_5 v$, $\lceil_1 \lceil_5 v = \lceil_4 v$ (композиция отрицаний)

$\lceil_1 \neg_2 \neg_3 v = v$, $\lceil_1 \lceil_4 \lceil_5 v = v$ (закон тройного отрицания)

$\lceil_1 \neg_2 v = \neg_2 \lceil_1 v$, $\lceil_1 \neg_3 v = \neg_3 \lceil_1 v$, $\neg_2 \neg_3 v = \neg_3 \neg_2 v$,

$\lceil_1 \lceil_4 v = \lceil_4 \lceil_1 v$, $\lceil_1 \lceil_5 v = \lceil_5 \lceil_1 v$, $\lceil_4 \lceil_5 v = \lceil_5 \lceil_4 v$ (коммутативность)

$\lceil_1 (\neg_2 \neg_3) v = (\lceil_1 \neg_2) \neg_3 v = (\lceil_1 \neg_3) \neg_2 v$,

$\lceil_1 (\lceil_4 \lceil_5) v = (\lceil_1 \lceil_4) \lceil_5 v = (\lceil_1 \lceil_5) \lceil_4 v$ (ассоциативность)

Обратим внимание на то, что отрицания \neg_2 и \lceil_4 , \neg_2 и \lceil_5 , \neg_3 и \lceil_4 , а также \neg_3 и \lceil_5 не-коммутативны, т.е. $\neg_2 \lceil_4 x \neq \lceil_4 \neg_2 x$, $\neg_2 \lceil_5 x \neq \lceil_5 \neg_2 x$, $\neg_3 \lceil_4 x \neq \lceil_4 \neg_3 x$, $\neg_3 \lceil_5 x \neq \lceil_5 \neg_3 x$.

4. Операции конъюнкции, дизъюнкции, импликации. В свою очередь, операции конъюнкции и дизъюнкции для логик D_4 и K_4 можно определить как взятие наименьшей верхней и наибольшей нижней грани решеток D_4 и K_4 , построенных на порядках \leq_C и \leq_G . Данные операции можно определить как конъюнкции (дизъюнкции) согласия и спора соответственно (табл. 2-5).

Таблица 2

Конъюнкция согласия в четырехзначной логике

\wedge_C	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)
(F_1, T_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(F_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)

Таблица 3

Конъюнкция спора в четырехзначной логике

\wedge_G	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(F_1, T_2)	(F_1, T_2)
(T_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(F_1, T_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, T_2)
(F_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)

Таблица 4

Дизъюнкция согласия в четырехзначной логике

\vee_C	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, T_2)
(T_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)
(F_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(F_1, T_2)	(F_1, T_2)
(F_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)

Таблица 5

Дизъюнкция спора в четырехзначной логике

\vee_G	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(T_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)
(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)
(F_1, T_2)	(T_1, T_2)	(T_1, F_2)	(F_1, T_2)	(F_1, F_2)
(F_1, F_2)	(T_1, F_2)	(T_1, F_2)	(F_1, F_2)	(F_1, F_2)

Легко понять, что эти операции удовлетворяют свойствам идемпотентности, коммутативности, ассоциативности, законам поглощения, дистрибутивности.

Таким образом, базовая логическая матрица для логики D_4 имеет вид $LM_{D_4} = \langle V_4, \neg_1, \neg_3, \vee_C \rangle$, а для логики K_4 $LM_{K_4} = \langle V_4, \neg_1, \neg_2, \vee_G \rangle$.

Рассмотрим теперь различные определения операции импликации. Как известно, импликацией называется логическая связка, соответствующая значению грамматической конструкции «если, ..., то», с помощью которой из простых высказываний образуется сложное высказывание. Импликация является основной операцией в теории рассуждений. В классической логике она удовлетворяет следующим свойствам: 1) значение истинности зависит от двух операндов (посылки x и заключения y); 2) если посылка истинна, то значение истинности совпадает со значением второго операнда; 3) из лжи следует все что угодно. В терминах семантики возможных миров, импликация истинна в тех мирах, где: либо выполняются и заключение и посылка, либо только заключение, либо ничего.

В логике диалога импликацию можно задать как при помощи расширения принципа материальной импликации (путем комбинации отрицания и дизъюнкции), так и независимо.

Для начала рассмотрим некоторые комбинационные определения в духе материальной импликации:

$$\begin{array}{ll}
 x \rightarrow_1 y = \lceil_1 x \vee_C y & x \rightarrow_{1'} y = \lceil_1 x \vee_G y \\
 x \rightarrow_2 y = \neg_2 x \vee_C y & x \rightarrow_{2'} y = \neg_2 x \vee_G y \\
 x \rightarrow_3 y = \neg_3 x \vee_C y & x \rightarrow_{3'} y = \neg_3 x \vee_G y \\
 x \rightarrow_4 y = \lceil_4 x \vee_C y & x \rightarrow_{4'} y = \lceil_4 x \vee_G y \\
 x \rightarrow_5 y = \lceil_5 x \vee_C y & x \rightarrow_{5'} y = \lceil_5 x \vee_G y
 \end{array}$$

Рассмотрим импликацию, как следствие для обоих агентов (табл. 6). Эта операция может определяться введенной ранее импликацией \rightarrow_1 .

Таблица 6

Импликация \rightarrow_1 в четырехзначной логике диалога

\rightarrow_1	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)	(F ₁ , T ₂)	(F ₁ , F ₂)
(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)	(F ₁ , T ₂)	(F ₁ , F ₂)
(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(F ₁ , T ₂)	(F ₁ , T ₂)
(F ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)
(F ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)

Теперь рассмотрим импликацию как следствие для первого агента и как обратное следствие для второго (табл. 7). Смысл такого определения проявляется в логике спора.

Таблица 7

Импликация в четырехзначной логике спора

\rightarrow_6	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)	(F ₁ , T ₂)	(F ₁ , F ₂)
(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(F ₁ , T ₂)	(F ₁ , T ₂)
(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)	(F ₁ , F ₂)	(F ₁ , T ₂)
(F ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , T ₂)
(F ₁ , F ₂)	(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)	(T ₁ , F ₂)	(T ₁ , T ₂)

Эту операцию можно выразить следующим образом:

$$x \rightarrow_6 y = \lceil_5 x \rightarrow_1 \lceil_5 y = \neg_1 \lceil_5 x \vee_C \lceil_5 y = \lceil_4 x \vee_C \neg_2 \lceil_4 \neg_2 y.$$

Вывод в четырехзначной диалоговой логике осуществляется на базе аналитических таблиц: с использованием означенных формул.

5. Диалоговая бирешетка. Понятия бирешетки и предбирешетки, введенные Гинсбергом [22] и Фиттингом [23], уже нашли широкое применение в искусственном интеллекте, например, при построении систем поддержки истинности, систем немонотонных рассуждений, обработке неполной и противоречивой информации. В настоящей работе предлагается вариант применения теории бирешеток в диалогике. Для этого вводятся понятия *диалоговой предбирешетки* и *диалоговой бирешетки*, которые основаны на решетках D4 и K4.

Обозначим через $V=(V_1, V_2)$ множество логических значений, используемых в диалоге агентов 1 и 2, например, $V= [0,1] \times [0,1]$. Тогда тройка $\langle V, \leq_C, \leq_G \rangle$ образует *биупорядоченное диалоговое множество*. В том случае, когда его компоненты $\langle V, \leq_C \rangle$ и $\langle V, \leq_G \rangle$ формируют полные решетки, биупорядоченное множество превраща-

ется в *диалоговую предбирешетку*. Наконец, когда два различных отношения порядка связаны между собой с помощью операции отрицания n , удовлетворяющей условиям: 1) $\forall v, v' \in V, v \leq_C v' \Rightarrow n(v) \leq_C n(v')$; 2) $\forall v, v' \in V, v \leq_G v' \Rightarrow n(v) \geq_G n(v')$; 3) $\forall v \in V, n(n(v)) = v$, получаем *диалоговую бирешетку*. Примеры диалоговых бирешеток изображены в виде двойных диаграмм Хассе на рис. 5.

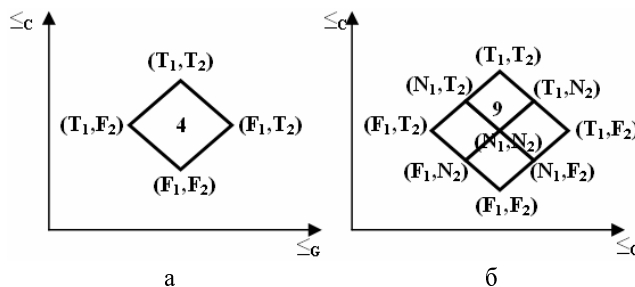


Рис. 5. Примеры диалоговых бирешеток: а – бирешетка 4 (минимальнозначная невырожденная бирешетка); б – бирешетка 9

Простейшей (минимальнозначной) диалоговой бирешеткой является бирешетка 4, а структурой, позволяющей описывать неопределенность (сомнение), – бирешетка 9. Соответственно множество значений истинности имеет вид: $V_9 = \{(T_1, T_2), (T_1, N_2), (T_1, F_2), (N_1, T_2), (N_1, N_2), (N_1, F_2), (F_1, T_2), (F_1, N_2), (F_1, F_2)\}$, где: (T_1, N_2) – «истина для первого агента, сомнение для второго»; (N_1, T_2) – «сомнение для первого агента, истина для второго»; (N_1, N_2) – «сомнение для обоих агентов»; (N_1, F_2) – «сомнение для первого агента, ложь для второго»; (F_1, N_2) – «ложь для первого агента, сомнение для второго». В этом случае имеем три точки согласия $\{(T_1, T_2), (N_1, N_2), (F_1, F_2)\}$ и шесть точек противоречия. Структура предпочтений по \leq_C принимает вид $(F_1, F_2) \leq_C (N_1, F_2) \leq_C (T_1, F_2) \leq_C (T_1, N_2) \leq_C (T_1, T_2)$.

Введем в общем виде пары операций пересечения \otimes, \wedge и объединения \oplus, \vee на бирешетке, соответствующие порядкам \leq_C, \leq_G :

$$(v_1, v'_1) \otimes (v_2, v'_2) = (v_1 \wedge_C v_2, v'_1 \wedge_G v'_2), \quad (v_1, v'_1) \oplus (v_2, v'_2) = (v_1 \vee_C v_2, v'_1 \vee_G v'_2),$$

$$(v_1, v'_1) \wedge (v_2, v'_2) = (v_1 \wedge_C v_2, v'_1 \vee_G v'_2), \quad (v_1, v'_1) \vee (v_2, v'_2) = (v_1 \vee_C v_2, v'_1 \wedge_G v'_2).$$

В контексте диалоговых логик \otimes следует понимать как операцию достижения диалогового консенсуса (согласования позиций агентов при уменьшении полемики), \oplus – как операцию диалогового конфликта, развертывания дискуссии (в диалоге агентов «все принимается» – и разные позиции, и жаркие споры). В свою очередь, две основных бирешеточных операции можно интерпретировать следующим образом: \wedge – как операцию аргументационной конъюнкции (в процессе аргументации проponent находит разные аргументы, тогда как оппоненту достаточно одного контраргумента для опровержения позиции проponentа) или конъюнкции согласования («согласие есть продукт непротивления сторон», т.е. хрупкое согласие в коллективе агентов может быть нарушено ввиду сопротивления одного агента, из-за позиции которого возник спор); \vee – как операцию аргументационной дизъюнкции (аргумент проponentа весом, и оппоненту надо найти несколько контраргументов) или дизъюнкции согласования (твердое согласие коллектива с позицией одного из агентов не могут поколебать даже споры между ними).

Диалоговую бирешетку $DBL = \langle V, \leq_C, \leq_G, \neg_2 \rangle$ можно рассматривать как алгебру с парами определенных выше операций пересечения и объединения, т.е.

$DBL = \langle V, \otimes, \oplus, \wedge, \vee \rangle$. Она будет дистрибутивной бирешеткой, если выполняются все 12 возможных законов дистрибутивности для операций $\otimes, \oplus, \wedge, \vee$. Диалоговая бирешетка будет называться сплетенной (по терминологии Фиттинга), если каждая из четырех операций $\otimes, \oplus, \wedge, \vee$ монотонна по \leq_C и \leq_G . Можно доказать, что каждая дистрибутивная бирешетка является сплетенной.

В теории решеток важную роль играют понятия фильтра и главного фильтра. Так, например, выделенные значения в многозначных логиках образуют фильтр по отношению к порядку значений истинности. По аналогии можно определить понятия бифильтра и главного бифильтра диалоговой бирешетки.

Бифильтром диалоговой бирешетки DBL называется непустое подмножество $F \subset DBL$, такое что: а) $v \otimes v' \in F$, если $v \in F$ и $v' \in F$; б) $v \wedge v' \in F$, если $v \in F$ и $v' \in F$. Бифильтр становится главным бифильтром, если помимо а) и б) выполняются также условия в) $v \oplus v' \in F$, если $v \in F$ или $v' \in F$; д) $v \vee v' \in F$, если $v \in F$ или $v' \in F$.

Пример. Диалоговая бирешетка **4** имеет один (главный) бифильтр $\{(T_1, T_2), (T_1, F_2)\}$. Диалоговая бирешетка **9** содержит два бифильтра: $\{(T_1, T_2), (T_1, N_2), (T_1, F_2)\}$ и $\{(T_1, T_2), (T_1, N_2), (T_1, F_2), (N_1, T_2), (N_1, N_2), (N_1, F_2)\}$. Оба они являются главными бифильтрами.

Заключение. Основное внимание в данной работе уделено обсуждению проблем и принципов диалогии, построению минимальнозначной диалоговой семантики на основе теории решеток и бирешеток, разработке базовых логик диалога, включая определение и обоснование применимости в разных ситуациях коммуникации агентов различных операций отрицания, конъюнкции, дизъюнкции, импликации. Предложены новые логико-алгебраические конструкции: диалоговые логики, логики диспута, диалоговые решетки и бирешетки, решетки диспута. Разработанный формальный аппарат нашел применение при создании многоагентной системы поддержки взаимодействий специалистов на протяжении цикла разработки сложных изделий машиностроения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тарасов В.Б.* О путях и принципах реализации совмещенной разработки машиностроительных конструкций // Интеллектуальные САПР. Междугосударственный тематический научный сборник. – Таганрог: Изд-во ТРТИ, 1995, Вып. 5. – С. 36-42.
2. *Зинченко В.А., Курейчик В.М.* Синергетическое эволюционное проектирование // Труды 8-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2002 (Коломна, 7-12 октября 2002 г.). – М.: Физматлит, 2002, Т. 2. – С. 876-884.
3. *Тарасов В.Б., Голубин А.В.* Эволюционное проектирование: на границе между проектированием и самоорганизацией // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, №8(63). – С. 77-82.
4. *Pahl G., Beitz W.* Engineering Design. A Systematic Approach, 2nd edition. – Berlin: Springer Verlag, 1996.
5. *Тарасов В.Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. – М.: Эдиториал УРСС, 2002.
6. *Круглый стол.* Зачем нужны нетрадиционные логики в интеллектуальных САПР? // Новости искусственного интеллекта. – 2000, №3. – С. 193-212.
7. *Hintikka J.* Logic, Language-Games and Information: Kantian Themes in the Philosophy of Logic. – Oxford: Clarendon and Oxford University Press, 1973.
8. *Lorenzen P., Lorenz K.* Dialogische Logik. – Darmstadt: Wissenschaftliche Buch gesellschaft, 1978.
9. *Krabbe E.C.W.* Dialogue Logic// Handbook of the History of Logic. Vol.7. Logic and the Modalities in the 20th Century/ Ed. by D.M.Gabbay, J.Woods. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – P. 665-704.

10. *Levin J. A., Moore J. A.* Dialogue-Games: Meta-Communication Structures for Natural Language Interaction // *Cognitive Science*. – 1977, Vol.1, №4. – P. 395-420.
11. *McBurney P., Eijk R.M., Parsons S., Amgoud L.* A Dialogue Game Protocol for Agent Purchase Negotiations// *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. – 2003, Vol.7, №3. – P. 235-273.
12. *Rescher N.* Dialectics. A Controversy-Oriented Approach to the Theory of Knowledge. – Albany N.Y: State University of New York Press, 1977.
13. *Sawamura H., Umeda Y., Meyer R.K.* Computational Dialectics for Argument-Based Agents Systems // *Proceedings of ICMAS*. – 2000. – P. 271-278.
14. *Nowakowska M.* On a Formal Structure of Dialogue// *Dialogue: an Interdisciplinary Approach*/ Ed. by M.Dascal. – Amsterdam: Elsevier, 1985. – P. 135-145.
15. *Скрипник К.Д.* Логические модели диалога. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2001.
16. *Walton D.N., Krabbe E.C.W.* Commitment in Dialogue: Basic Concepts of Interpersonal Reasoning. – Albany N.Y: State University of New York Press, 1995.
17. *Светлов В.А.* Практическая логика. – СПб: Росток, 2003.
18. *Шуман А.Н.* Современная логика: теория и практика. – Минск: Экономпресс, 2004.
19. *Финн В.К.* Об одном варианте логики аргументации // *Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы*. – 1996, №5-6. – С. 3-19.
20. *Грифцова И.Н.* Логика как теоретическая и практическая дисциплина. К вопросу о соотношении формальной и неформальной логики. – М.: Эдиториал УРСС, 1998.
21. *Тарасов В.Б., Борисов А.В.* Логическое моделирование когнитивных и коммуникативных характеристик агентов: единый подход // *Труды 10-й национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2006 (Обнинск, 25-28 сентября 2006 г.)*. Т.3. – М.: Физматлит, 2006. – С. 916-928.
22. *Ginsberg M.* Multivalued Logics: a Unified Approach to Reasoning in AI // *Computer Intelligence*. – 1988, Vol. 4. – P. 256-316.
23. *Fitting M.* Bilattices and the Theory of Truth// *Journal of Philosophical Logic*. – 1989, Vol.19. – P. 225-256.

УДК 621.382

В.В. Денисенко

МЕТОДЫ ДЕКОМПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ САПР СБИС

Введение. Для моделирования цифровых КМОП цепей большей размерности (СБИС) используется ряд алгоритмов [1], основанных на различных комбинациях методов релаксации Якоби и Зейделя, методе Ньютона, Пикара и Ньютона-Канторовича, которые позволили повысить скорость моделирования на 1-2 порядка по сравнению с программой SPICE при почти линейной зависимости времени решения от размера цепи.

Для дальнейшего увеличения предельной размерности задачи используются методы декомпозиции СБИС на подсхемы, при которой решения для отдельных подсхем сшиваются между собой итерационными методами. Одной из проблем является медленная сходимость или ее отсутствие при сшивании сильносвязанных подсхем. Для ускорения сходимости используют многоцикловые итерационные алгоритмы [2], метод обратного обхода графа цепи [3], итерации одновременно током и напряжением [4], метод Ньютона-Канторовича [5] и др. Ускорение сходимости часто можно получить, подходящим образом выбрав сшивающий многополюсник (СМ) – алгоритмический блок, представленный в виде электрической цепи