

14. Статьи: «Р.Ю. Виппер», «Н.Я. Грот», «Е.В. Де-Роберти», «Н.И. Кареев», «М.М. Ковалевский» в Русской философии: Энциклопедии. Под общ. ред. М.А. Маслина. – М., 2007.
15. Статья «Прогресс» - Новая философская энциклопедия. М., 2010. в 4 т. Т. 3.
16. Aron R. Progress and Disillusion. The Dialectics of Modern Society. N.-Y.-Wash.-London, 1968.

ЛОГИКА И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ

Недедуктивная логика и проблема компьютерной репрезентации знания

к.ф.н. доц. Иноземцев В.А.

Университет машиностроения

inozem_63@mail.ru

Аннотация. В статье продолжается дальнейшая разработка концепции компьютерной репрезентологии, в рамках которой проводится философско-методологический анализ недедуктивных моделей компьютерной репрезентации знания, которые представляют собой особый класс логических моделей компьютерной репрезентации знания. В работе исследуются такие виды недедуктивных моделей компьютерной репрезентации знания, как индуктивные модели, псевдофизические логики, продукционные модели и модели, формализующие модифицируемые рассуждения. Отмечаются достоинства и недостатки логических моделей.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ); компьютерная репрезентология; концепции компьютерной репрезентации знания; логическая концепция компьютерной репрезентации знания; недедуктивные модели компьютерной репрезентации знания; индуктивные модели; псевдофизические логики; модели, формализующие модифицируемые рассуждения; продукционные модели.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта проведения научных исследований («Логический инструментарий и философские основания современной науки»), проект № 14-23-01005.

Логические модели репрезентации знания вместе с логическими языками репрезентации знания образуют важнейшую концепцию компьютерной репрезентации знания - логическую. Под концепциями компьютерной репрезентации знания понимаются совокупности компьютерных моделей репрезентации знания о предметных областях действительности и соответствующие этим моделям языковые средства, которые разрабатываются в системах искусственного интеллекта (ИИ). Существуют три основные концепции компьютерной репрезентации знания - логическая, сетевая, фреймовая. Эти концепции представляют собой различные способы решения проблемы компьютерной репрезентации знания.

Сущность проблемы компьютерной репрезентации знания заключается в фиксации, кодификации, формализации и запечатлении в характерных для ИИ знаковых системах разнообразных компьютерных знаний с целью их хранения, трансляции, трансформации и последующего применения. В качестве таких знаковых систем в ИИ применяются модели, языки и компьютерные программы, в совокупности составляющие указанные выше концепции компьютерной репрезентации знания.

Под термином «компьютерные знания» в ИИ понимают вводимую с помощью специальных процедур в базы и банки знаний систем ИИ информацию о закономерностях структуры и функционирования определённым образом выделенных и описанных фрагментов действительности, называемых предметными областями. Формирование проблемы компьютерной репрезентации знания относится к началу 1960-х годов и является следствием стремительного развития и совершенствования интеллектуальных информационных технологий.

Логические модели компьютерной репрезентации знания включают два больших класса: 1) дедуктивные модели компьютерной репрезентации знания; 2) недедуктивные модели компьютерной репрезентации знания. Первый класс логических моделей – дедуктивные модели – был рассмотрен в предыдущей статье. В данной работе изучаются недедуктивные модели компьютерной репрезентации знания. Недедуктивные модели включают следующие виды: 1) модели, основанные на псевдофизических логиках; 2) индуктивные модели компьютерной репрезентации знания; 3) модели, формализующие модифицируемые рассуждения; 4) продукционные модели репрезентации знания.

Для того чтобы избежать недостатков предикатных моделей, исследователи, работающие в области ИИ, с конца 1960-х годов начинают использовать специальные модели, основанные на *логиках отношений* или *псевдофизических логиках* [5, 6]. Их отличительной особенностью является введение в правила вывода конкретных знаний о свойствах отношений, имеющих место внутри предметных областей. Каждая псевдофизическая логика включает, во-первых, структуры, характерные для данной псевдофизической логики (временные структуры, пространственные структуры и т.д.). Во-вторых, модели репрезентации знания, отражающие основные закономерности данной псевдофизической логики (модель времени; модель пространства и т.д.). Наконец, в-третьих, модели вывода, содержащие правила, с помощью которых происходит пополнение репрезентаций из первой модели [5, 6]. Псевдофизические логики служат для имитации нестрогих человеческих рассуждений об окружающем физическом мире (рассуждений о пространственном расположении объектов, причинно-следственных связях между физическими явлениями и других подобного рода рассуждений), а также выработки новых знаний на основе имеющихся в этих логиках правил вывода.

Дальнейшим этапом в развитии логических моделей компьютерной репрезентации знания становится переход в конце 1960-х - начале 1970-х годов от систем дедуктивного типа к *системам индуктивного типа*, в которых правила вывода порождаются этими системами на основе обработки конечного числа обучающих примеров. Исследования по формализации индуктивных выводов ведутся в этот период по двум основным направлениям: 1) концепция П. Гаека и Т. Гавранека [1]; 2) ДСМ-метод В.К. Финна и других авторов [8, 9].

На основе первого подхода создаётся ГУНА-метод автоматического порождения гипотез, в котором используется аппарат математической статистики [1]. Этот метод позволяет статистическими средствами устанавливать рациональность индуктивных выводов. Кроме того, он развивает основы вычислительной статистики, использующей логические средства (нестандартные кванторы, многозначные логики). В ДСМ-методе для формализации индуктивных рассуждений (в частности, индуктивных методов Милля) применяются многозначные логики. Данный метод позволяет автоматически формировать гипотезы-закономерности и является средством логической обработки данных, характеризующихся неполнотой информации [8, 9, 11]. ДСМ-метод открывает возможности автоматического пополнения баз знаний экспертных систем экспериментальными данными.

Одним из видов недедуктивных моделей компьютерной репрезентации знания являются *логические модели, формализующие модифицируемые рассуждения*, появившиеся в конце 1970-х годов. К числу модифицируемых рассуждений относятся рассуждения, которые используются в *логиках умолчаний (логиках типичного)*, *немонотонных логиках*, *автоэпистемических логиках* и в некоторых других логических системах. Данный тип логических моделей достаточно детально проанализирован в литературе по искусственному интеллекту (ИИ) [3, 7, 10].

Особый вид модифицируемых рассуждений составляют рассуждения, которые служат для истолкования естественно-языковых текстов. Этот вид модифицируемых рассуждений можно назвать *герменевтическими рассуждениями в широком смысле слова*. Он включает *герменевтические выводы в узком смысле слова*, *экзегетические* и *гомилетические выводы* [6]. Происхождение названий соответствующих разновидностей рассуждений связано с наименованием средневековых наук - герменевтики, экзегетики и гомилетики, важнейшим предназначением которых является понимание и истолкование текстов Священного Писа-

ния. Интерес к анализу подобных разновидностей рассуждений в искусственном интеллекте появляется на рубеже 1970-х - 1980-х годов и обуславливается преимущественно развитием исследований в области компьютерного понимания, компьютерной обработки естественно-языковых текстов и организации общения пользователей с компьютерами.

В *герменевтических рассуждениях в узком смысле слова* заключения выводятся на основании тех знаний, которые содержатся в самих текстах. В двух других типах рассуждений, истолковывающих тексты, для построения заключений используют информацию, которая содержится за пределами данных текстов. При получении *экзегетических выводов* привлекают информацию, связанную с контекстами, в которых порождаются данные тексты. Это информация об исторических условиях возникновения текстов, информация об авторах текстов и т.д. *Гомилетические рассуждения* базируются на получении заключений, опирающихся на морально-этические послылки, которые оказываются связанными с текстами и их создателями, а также на послылки, содержащие информацию о мотивах и целях авторов текстов и личностных характеристиках этих авторов.

Наконец, существует ещё один вид недедуктивных логических моделей репрезентации знания – *продукционные модели компьютерной репрезентации знания* или *продукционные системы*. Иногда продукционные модели выделяют в самостоятельный вид моделей компьютерной репрезентации знания, наряду с логическими, сетевыми и фреймовыми моделями. В период с 1960-х до начала 1980-х годов продукционные системы становятся наиболее востребованными моделями репрезентации знания. Причинами широкого распространения в этот период продукционных моделей являются, во-первых, простота, возможность модификации и аннулирования этих моделей. Во-вторых, посредством продукционных систем компьютеры имеют возможность определять простые и точные механизмы использования.

Из логических моделей в продукционных системах заимствуется идея правил вывода, которую называют ядром или правилом продукции. Вместо логического вывода, характерного для логических моделей, в продукционных моделях появляется *вывод на знаниях*, в котором в качестве посылок используются выражения, хранящиеся в базе знаний. Продукционные системы берут начало с работы Э. Поста [12]. Пост вводит термины «продукция» и «каноническая продукционная система», и доказывает, что продукционная система является логической системой, эквивалентной машине Тьюринга. В понимании Поста продукциями называется то, что позднее получает название «подстановки» и применяется при описании различных уточнений понятия алгоритма.

В общем случае под продукциями понимаются выражения следующего вида: $\langle i; S; P; A \rightarrow B; P; N \rangle$, где i – имена продукций; S – сферы применения продукций; $A \rightarrow B$ – правила продукций, A – послылки правил продукций, B – заключения правил продукций; P – условия применимости правил продукций; N – постулаты продукций, которые активизируются в случае, если правила продукций реализуются [2, т. 2, с. 49].

В обычном случае продукции есть правила продукций. Интерпретация правил продукций может быть различной и зависит от того, что находится в правых и левых частях продукций. Левые части правил продукций ориентируются на распознавание состояний предметных областей или ситуаций в них, а правые части – на реакцию систем, работающих в предметных областях, на эти состояния или ситуации. Такие правила часто встречаются в различных областях знаний и видах деятельности, начиная с повседневной жизни, где люди окружены многочисленными правилами поведения и правилами грамматики.

Продукционные системы занимают особое место среди моделей компьютерной репрезентации знания и находят широкое применение в ИИ, в частности, при создании экспертных систем, базы знаний которых, как правило, представляют собой системы продукций. Если рассматривать продукционные системы с точки зрения основных типов компьютерной репрезентации знания – декларативного и процедурного, то следует отметить, что они являются наиболее декларативным типом репрезентации знания среди процедурных знаний и наиболее процедурным среди декларативных. Продукции могут сочетаться с исчислением предикатов. При этом открывается возможность реализовать дедуктивный вывод на основе

правил продукций. В ряде случаев благодаря этому появляется более эффективная процедура вывода по сравнению с методом резолюций.

В случае декларативного типа репрезентации знания используются правила продукций следующего вида: «условия применимости→ заключения», «состояния→заключения». Левые части правил продукций содержат наборы признаков состояний предметных областей, а правые части – утверждения новых фактов, содержащих информацию о предметных областях.

Правила продукции могут использоваться также для процедурного типа репрезентации знания. В этом случае они записываются в виде пар: «условия→действия», «ситуации→действия». Левые части правил продукций данного вида содержат условия, или набор требований к ситуациям в конкретных предметных областях, а правые части – описания действий, которые надо произвести, если ситуации удовлетворяют этим требованиям. Условия применимости в правилах продукций представляют собой списки конечной длины из предикатов или предикатов с отрицанием. Заключения также представляют собой списки конечной длины из предикатов или предикатов с отрицанием.

Продукционные модели (системы) включают базы правил продукций, базы данных, интерпретаторы правил продукций. Базы данных содержат множества фактов, которые описывают вводимые данные и состояния системы, и вместе с базами правил составляет базы знаний системы. Интерпретаторы правил продукций представляют собой механизмы логического вывода на основании знаний из баз знаний. Они являются теми компонентами продукционных систем, которые формируют заключения, используя базы правил продукций и базы данных.

Продукционные модели бывают трёх типов – с прямыми, обратными и двунаправленными выводами в соответствии с классификацией логических выводов на прямые, обратные и двунаправленные выводы. Выводы в продукционных моделях имеют функции поиска в базах знаний, последовательного выполнения операций над знаниями и получения заключений. Они выполняются циклами, причём в каждом цикле выполняемые части избранных правил обновляют базы данных. В результате содержимое баз данных преобразуется от первоначальных состояний к целевым состояниям.

Продукционные модели с прямыми выводами появляются на заре ИИ и получают наибольшее распространение. В случае прямых выводов осуществляется движение от отправных точек (исходных данных) к поставленным целям с последовательным применением правил продукций к исходным данным (фактам). В прямых выводах выбираются единственные элементы из баз данных, и если при сопоставлении эти элементы согласуются с посылками правил продукций, то из правил продукций выводятся соответствующие заключения и помещаются в базы данных или исполняются действия, определяемые правилами продукций, и соответствующим образом изменяется содержимое баз данных. Прямые выводы называют *восходящими выводами*, при которых последовательно выводятся новые результаты, начиная с известных данных.

В *продукционных моделях с обратными выводами* процесс движется от поставленных целей к отправным точкам. Обратные выводы называют также *нисходящими, или выводами, ориентированными на цели*. Нисходящие выводы начинаются от поставленных целей. Если эти цели согласуются с заключениями правил продукций, то посылки правил продукций принимаются за подцели, или гипотезы, и этот процесс повторяется до тех пор, пока не происходит совпадение подцелей (гипотез) с полученными данными. Наконец, в двунаправленных выводах соединяются прямые (восходящие) выводы и обратные (нисходящие) выводы.

Продукционные модели компьютерной репрезентации знания получают широкое распространение в ИИ благодаря своим *достоинствам*, к числу которых относятся: 1) простота формулировки отдельных правил, 2) возможность их пополнения и модификации, 3) возможность реализации любых алгоритмов логического вывода; 4) эффективная организация памяти. Кроме того, подавляющая часть человеческих знаний может быть репрезентирована в виде продукций. В случае объединения систем продукций и сетевых моделей репрезента-

ции знания получают средства, обладающие большой вычислительной мощностью. Наконец, параллелизм продукций делает их удобным средством параллельных вычислений.

Важнейшими *недостатками* продукционных систем являются, во-первых, сложность контроля правильности программ. Во-вторых, низкая эффективность обработки информации при необходимости решения сложных задач. В-третьих, в случае большого числа продукций становится сложной проверка непротиворечивости систем продукций. Продукционным моделям также в значительной степени не хватает строгой теории.

Сравнивая предикатные модели репрезентации знания и продукционные модели, авторы фундаментальной работы по ИИ, наряду со сходством между этими моделями, которое связано с тем, что оба класса являются разновидностями логических моделей репрезентации знания, обнаруживают между ними существенные различия. Эти различия вызваны требованиями к репрезентации знания, которым «присущи два противоречивых условия: независимость знаний друг от друга и согласованность знаний как единого целого» [4, с. 49]. В продукционных моделях знанию «присуща полная независимость, а свойства знаний как единого целого не затрагиваются... В логике предикатов во внимание принимается поведение и свойства знания как единого целого» [4, с. 49].

В целом, логические модели можно охарактеризовать как такие модели компьютерной репрезентации знания, которые ориентируются на получение новых сведений о небольшом числе объектов при относительно простой структуре предметных областей. Несмотря на то что, по сравнению с дедуктивными моделями, в псевдофизических логиках, индуктивных и продукционных моделях возрастает число эвристических процедур, связанных с особенностями конкретных предметных областей, тем не менее, все без исключения логические модели репрезентации знания обладают рядом недостатков.

К *общим недостаткам логических моделей* относятся следующие: 1) в этих моделях отсутствует различие конкретных фактов и общих закономерностей, так как и те и другие записываются в виде правильно построенных формул соответствующих исчислений; 2) сложным является использование в них при проведении доказательств эвристик, отражающих специфику конкретных предметных областей (данный недостаток особенно серьёзен при построении экспертных систем, вычислительная мощность которых в основном определяется знаниями, характеризующими специфику предметных областей); 3) эти модели не работают с противоречивыми и неполными базами данных и базами знаний.

Кроме того, прямое использование классических логических методов вывода в интеллектуальных системах, базирующихся на логических моделях компьютерной репрезентации знания, приводит к трудности, которую можно охарактеризовать как невозможность замкнутого описания предметных областей. Это ведёт, в свою очередь, к концепции открытых баз знаний и к разрушению понятия формальной системы, лежащего в основе логических моделей компьютерной репрезентации знания. Открытость баз знаний приводит к необходимости использования немонотонного, ситуативного, правдоподобного выводов. Наконец, ещё один недостаток стандартного логического формализма заключается в неструктурированности знаний.

Недостатки логических моделей не принижают значения логики для решения проблемы компьютерной репрезентации знания в ИИ. Главной *заслугой логики* является то обстоятельство, что она вырабатывает средства для описания предметных областей действительности и создаёт такие логические языки, на которых можно об этом мире говорить, то есть делать утверждения о свойствах моделей и выбирать наиболее адекватные модели. Кроме того, она дает возможность доказывать одни выражения, опираясь на другие, и пользоваться специальными правилами вывода. Важным преимуществом логики является также то, что она обеспечивает такие формализмы компьютерной репрезентации знания, которые приемлемо интерпретируются на естественные языки и позволяют легко оперировать результатами квантификации. В связи с этими обстоятельствами, логика продолжает оставаться в ИИ фундаментом, на базе которого строятся и изучаются различные типы моделей репрезентации знания.

Литература

1. Гаек П., Гавранек Т. Автоматическое образование гипотез. М., Наука. 1984. 277 с.
2. Искусственный интеллект. Справочное издание в 3-х кн. М., Радио и связь. 1990.
3. Логический подход к искусственному интеллекту. М., Мир. 1990. 428 с.
4. Обработка знаний / Под ред. С.Осуги. М., Мир. 1989. 293 с.
5. Пospelов Д.А. Логико-лингвистические модели в управлении. М., Энергоатомиздат. 1981. 231 с.
6. Пospelов Д.А. Моделирование рассуждений: опыт анализа мыслительных актов. М., Радио и связь. 1989. 184 с.
7. Представление и использование знаний / Под ред. Х.Уэно, М.Исудзука. М., Мир. 1989. 220 с.
8. Финн В.К. О машинно-ориентированной формализации правдоподобных рассуждений Ф.Бэкона и Д.С.Милля // Семиотика и информатика. М., 1983. Вып.20. С. 35-101.
9. Финн В.К. Об обобщении ДСМ-метода автоматического порождения гипотез // Семиотика и информатика. М., 1989. Вып.29. С. 93-123.
10. Bobrow D. (Editor). Special issue on non-monotonic logic // AI. 1980. V.13. 216p.
11. Lipski W. On data bases with incomplete information. Cambridge. (Mass.). MIT Press. 1979. 206p.
12. Post E. Formal reduction of general combinatorial // Amer. J. Math. 1943. V. 65. № 2. P. 197-215.
13. Эволюция концепций компьютерной репрезентации знания и эпистемологического содержания искусственного интеллекта. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А. Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2012. Т. 3. № 2. С. 294-298.
14. Методологическая роль категорий необходимости, случайности и возможности в научном познании. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л. М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Московский гос. технический ун-т "МАМИ". Москва, 2011.
15. The methodological role of categories of chance, necessity and possibility of scientific knowledge. Ivlev V., Bargamyants M., Selyutin A. Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2008. № 1. С. 250-254.
16. Научный этап развития психологической концепции одаренности: тенденции, направления, подходы. Ивлева М.Л., М.: Издательство МГТУ «МАМИ», 2012. 195 с.
17. Становление новой философско-методологической парадигмы современной науки в условиях информационного общества. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А., М.: ООО «ИТО СЕМРИК». 2012. – 133 с.

ОСМЫСЛЕНИЕ ОБЩЕСТВА: ФИЛОСОФИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ***Тема смерти и спасения в русской философии***

Ершов Н.М., проф. д.ф.н. Никитина И.П.

Университет машиностроения

ershov1947@ya.ru, Nikitina_ip@mail.ru

Аннотация. В статье анализируются взгляды русских социальных мыслителей на проблему смерти и спасения. Особое внимание уделяется концепциям Л. Толстого, Н. Фёдорова и И. Мечникова. Также описываются современные социальные и социологические исследования этой темы.

Ключевые слова: социальная философия, русская философия, смерть, спасение, социальные аспекты смерти, медицинские аспекты смерти, общество, наука, медицина, этика.