

для некоторого распределения S , приписывающего каждой свободной переменной формулы $A(x)$ то же значение, что и S , и, кроме того, приписывающего некоторое значение переменной x .

$|\exists^{\circ}xA(x)|^S = t$, если и только если существуют непустые множества d_1 и d_2 такие, что $d_1 \subset d$, $d_2 \subset d$, $d_1 \cup d_2 = d$, $d_1 \cap d_2 = \emptyset$ и мощность d_1 больше d_2 , и для любого распределения S (из соответствующей области) верно

$$|\forall xA(x)|_{d_1}^S = t, |\forall xA(x)|_{d_2}^S = f;$$

$|\exists^MxA(x)|^S = t$, если и только если существуют непустые множества d_1, d_2 такие, что $d_1 \subset d$, $d_2 \subset d$, $d_1 \cup d_2 = d$, $d_1 \cap d_2 = \emptyset$ и мощность d_1 меньше мощности d_2 , и

$$|\forall xA(x)|_{d_1}^S = t, |\forall xA(x)|_{d_2}^S = f;$$

$|\exists^nxA(x)|^S = t$, если и только если существуют непустые множества d_1 и d_2 такие, что $d_1 \subset d$, $d_2 \subset d$, $d_1 \cup d_2 = d$, $d_1 \cap d_2 = \emptyset$ и мощность d_1 равно мощности d_2 , и

$$|\forall xA(x)|_{d_1}^S = t, |\forall xA(x)|_{d_2}^S = f.$$

Определения выполнимости и общезначимости формул обычные.

Схемы общезначимых формул:

1. $\neg\exists^{\circ}xA(x) \supset \exists^nxA(x) \vee \exists^MxA(x) \vee \forall xA(x)$;
2. $\neg\exists^nxA(x) \supset \exists^{\circ}xA(x) \vee \exists^MxA(x) \vee \forall xA(x)$;
3. $\neg\exists^MxA(x) \supset \exists^nxA(x) \vee \exists^{\circ}xA(x) \vee \forall xA(x)$;
4. $\exists^{\circ}A(x) \supset \exists xA(x)$;
5. $\exists^MxA(x) \supset \exists xA(x)$;
6. $\exists^nA(x) \supset \exists xA(x)$;
7. $\exists^{\circ}xA(x) \wedge \exists^{\circ}xB(x) \supset \exists x(A(x) \wedge B(x))$;
8. $\exists^nxA(x) \wedge \exists^{\circ}xB(x) \supset \exists x(A(x) \wedge B(x))$;
9. $\exists^nxA(x) \supset \exists^nxA(x)$;
10. $\exists^nxA(x) \supset \exists xA(x)$;
11. $\exists^{\circ}xA(x) \supset \exists x\neg A(x)$;
12. $\exists^MxA(x) \supset \exists x\neg A(x)$;
13. $\exists^MxA(x) \supset \exists^{\circ}x\neg A(x)$;
14. $\exists^{\circ}xA(x) \supset \exists^Mx\neg A(x)$.

Применение средств символической логики позволяет яснее представить отношения между категориями необходимости, случайности и возможности, однако "природу" этих категорий следует выявлять на содержательном уровне.

Литература

1. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Методологическая роль категорий необходимости, случайности и возможности в научном познании. МГТУ "МАМИ" - Москва, 2011.
2. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А. Когнитивная революция как фактор становления новой эпистемологической парадигмы и методологии исследования знания в современной науке // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2013. № 1.
3. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А. Становление новой философско-методологической парадигмы современной науки в условиях информационного общества. – М., 2012.

Компьютерное моделирование знания в искусственном интеллекте

к.ф.н. доц. Иноземцев В.А.

Университет машиностроения

8-985-345-65-09; inozem_63@mail.ru.

Аннотация: В работе проводится философское осмысление специфики и эволюции компьютерного моделирования. Компьютерные знания в искусственном интеллекте (ИИ) предстают в качестве объекта такого моделирования. В статье

исследуется проблема соотношения индивидуальных, субъективированных, личностных знаний отдельных индивидов и объективированного внеличного знания в процессе компьютерного моделирования.

Ключевые слова: Искусственный интеллект (ИИ); проблема компьютерной репрезентации знания; компьютерные знания; компьютерное моделирование; компьютерное моделирование мышления, объективированное знание; личностные знания; компьютерное моделирование знания.

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

Рассмотрим специфику и эволюцию метода компьютерного моделирования. Обозначим посредством термина «компьютерное моделирование» конструирование и применение знаковых компонент компьютеров, представляющих собой совокупности различных видов компьютерных моделей – как концептуальных знаковых (математических и логико-знаковых) моделей, так и предметных моделей.

Компьютеры в эпистемологическом плане при таком подходе представляют собой предметы-посредники в познавательной деятельности, которые являются сложными взаимосвязанными и относительно самостоятельными системами предметных и концептуальных знаковых моделей. Данный подход к компьютерному моделированию соответствует пониманию компьютеров в современной информатике, и является эпистемологически оправданным. Философские проблемы компьютерного моделирования следует решать посредством обращения к знаковым компонентам компьютеров. Это положение относится также к философским аспектам проблемы компьютерной репрезентации знания.

Проблемное поле знания до середины XX века являвшееся преимущественно предметом изучения такого раздела философии как теория познания, в последние десятилетия начинает выходить за рамки философии. В условиях становления и развития информационного общества знание становится предметом изучения когнитивных и компьютерных наук, а также междисциплинарного направления научных исследований, получившего метафорическое название «искусственный интеллект» (ИИ).

В последней трети XX века на переднем крае ИИ в рамках проблемного поля знания формируется проблема компьютерной репрезентации знания. Её сущность заключается в несоответствии между, с одной стороны, имеющимся у экспертов неформализованным знанием о закономерностях структуры и функционирования предметных областей действительности, а также используемыми экспертами неформальными методами решения сложных интеллектуальных задач. А, с другой стороны, необходимостью формализации и представления этого знания в памяти компьютеров в виде так называемых компьютерных знаний. Проблема компьютерной репрезентации знания детально изучена в ряде публикаций автора данной статьи [1-8].

Компьютерные знания кодифицируются, формализуются и запечатлеваются в характерных для ИИ знаковых системах (компьютерных моделях, языках и программах) с целью хранения, трансляции, трансформации и последующего применения этих знаний. Проблема компьютерной репрезентации знания представляет собой современный технический вариант общей проблемы репрезентации знания. Сущность последней состоит в несоответствии между, с одной стороны, наличием неформализованного (содержательного) знания о мире, которое имеется у каждого субъекта познавательной деятельности, и, с другой стороны, необходимостью формализации и представлении этого знания с помощью знаковых (языковых, математических, логических) систем.

Обратимся далее к анализу эволюции метода компьютерного моделирования. Один из наиболее ранних видов компьютерного моделирования - имитационное моделирование. Оно появляется в 1960-е годы под влиянием космических исследований, однако очень скоро получает широкое распространение при анализе экономических, экологических, социальных и других сложных систем. Важнейшим понятием имитационного моделирования является по-

нятие имитационной модели. Имитационные модели представляют собой формализованные компьютерные описания исследуемых объектов во всей полноте их структуры и законов функционирования. Совместно с системами внешнего и внутреннего математического обеспечения они составляют так называемые имитационные системы, которые позволяют заменить эксперименты с реальными объектами и процессами сложных систем экспериментами с математическими моделями на компьютерах. Под имитацией понимают методы проведения компьютерных экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем. Имитационное моделирование является процессом конструирования имитационных моделей сложных систем и постановки с их помощью экспериментов с целью понимания поведения изучаемых систем, а также оценки различных стратегий, обеспечивающих функционирование этих систем.

Вторым значительным видом компьютерного моделирования, имеющим непосредственное отношение к репрезентации знания в современной науке, является *компьютерное моделирование мышления (интеллекта)*. Первый этап компьютерного моделирования мышления охватывает период с середины 1950-х до середины 1960-х годов и связан с попыткой имитации творческих процессов с помощью компьютеров. На этом этапе создаются игровые программы, имитирующие отдельные стороны интеллектуальной деятельности людей. Машинное решение творческих задач и имитация творческих процессов с помощью компьютеров составляет содержание эвристического подхода в узком смысле слова к построению интеллектуальных систем - самой ранней фазы исследований в области искусственного интеллекта.

Следующий этап в развитии компьютерного моделирования мышления, хотя и в несколько изменённой по сравнению с первоначальным планом форме, оказывается связанным с процессом перехода от репрезентации компьютерных данных к компьютерной репрезентации знания. Данный этап охватывает период с середины 1960-х до середины 1970-х годов и становится промежуточным при переходе к следующему этапу компьютерного моделирования - компьютерному моделированию знания в ИИ.

Изучение компьютерных знаний зависит в значительной степени от исследования знания, принятого в философии. В последние десятилетия в философии формируется традиция различать знание в узком и широком смыслах слова. Философская трактовка знания в узком смысле слова (которая может быть идентифицирована с локальным способом исследования и репрезентации знания, принятым в ИИ) появляется преимущественно под влиянием логики. В этом случае под элементарными информационными единицами знания понимаются завершённые мыслительные конструкции (суждения), которые оцениваются с позиции истинности. Такая трактовка знания в узком смысле слова находит своё выражение в логической концепции компьютерной репрезентации знания.

Вместе с тем, существует философская трактовка знания в широком смысле слова. Знание при этой трактовке понимается как результат адекватного отражения окружающей действительности в виде представлений, понятий, суждений, теорий. Это знание в широком смысле слова фиксируется посредством знаков естественных и искусственных языков. Близкая к данному пониманию трактовка знания характерна для ИИ-исследований. Она воплощается в них преимущественно во фреймовой концепции компьютерной репрезентации знания и может быть сопоставлена с универсальным способом исследования и репрезентации знания.

В случае понимания компьютерных данных в качестве знаков, предметные смыслы которых адекватно отражают некоторые фрагменты действительности (предметных областей), и, учитывая отсутствие жесткой демаркации между этими двумя формами репрезентации информации, компьютерные данные можно рассматривать в эпистемологическом плане как знания. Вместе с тем, с переходом к компьютерной репрезентации знания появляется новый вид компьютерных моделей – модели компьютерной репрезентации знания в ИИ. Эти модели относятся к числу логико-лингвистических моделей. Конструирование такого рода моделей не требует для описания соответствующих фрагментов действительности, включающих

совокупности объектов и отношений между ними, использования каких-то новых концептуальных средств. Эти средства необязательно должны отличаться от концептуальных средств, которые применяются при изучении тех же фрагментов действительности в системах человеческих знаний. При конструировании моделей компьютерной репрезентации знания их разработчики стремятся смоделировать как традиционные концептуальные средства, так и установить закономерности их функционирования. Создание моделей компьютерной репрезентации знания предполагает исследование реальных форм организации компьютерных знаний. Объектами моделирования становятся при этом не предметные области сами по себе, а знания об этих областях, которые понимаются как целостные структурированные образования.

При появлении в системах человеческих знаний новых элементов связи, которые фиксируются в моделях компьютерной репрезентации знания между некоторыми существующими элементами знаний, дают возможность приобретать информацию о присутствии в системах человеческих знаний других элементов. Такая особенность компьютерных знаний в моделях компьютерной репрезентации знания определяется в ИИ как активность компьютерных знаний, которая отличает их от пассивных данных. Посредством компьютерных данных осуществляется фиксация информации о некоторых фрагментах действительности, однако, совокупности данных ещё не составляют моделей знания. Модели же компьютерной репрезентации знания образуют концептуальные уровни баз знаний.

Модели компьютерной репрезентации знания определяют изменения в различных уровнях интеллектуальных систем, включая входящие в их состав технические средства. Эпистемологический аспект различия компьютерных знаний от компьютерных данных состоит в том, что компьютерные знания составляют модели реально функционирующих человеческих знаний; компьютерные данные не образуют таких моделей. Важнейший результат процесса перехода от репрезентации компьютерных данных к компьютерной репрезентации знания заключается в возрастании значения компьютеров как предметов-посредников в познавательной деятельности.

Наконец, завершающим третьим и важнейшим из этапов в развитии компьютерного моделирования мышления является *компьютерное моделирование знания в системах ИИ*, к философско-методологическому осмыслению которого обратимся далее. Моделирование знания в интеллектуальных информационных системах является видом компьютерного моделирования мышления, которое начинает широкомасштабно осуществляться с середины 1970-х годов. Объектом моделирования в системах ИИ в этот период становятся знания, предметом – специфическая форма репрезентации информации в интеллектуальных системах. Конструирование и исследование таких систем, в состав которых входят экспертные системы, ориентируется как на стандартизированные компьютерные знания, так и на личностные знания. Разработка моделей инженерии знаний в ИИ как систем, основанных на знаниях, предполагает решение взаимосвязанных проблем, относящихся к эпистемологическому содержанию ИИ в широком смысле слова, таких как проблемы репрезентации, манипулирования, приобретения, обобщения и классификации компьютерных знаний, а также проблемы компьютерного восприятия и компьютерного понимания. Создание моделей инженерии знаний включает разработку знаковых структур, которые позволяют: 1) фиксировать компьютерные знания для соответствующих предметных областей; 2) выполнять мыслительные операции над этими знаниями.

В более широком философском контексте эпистемологические и методологические проблемы ИИ, включая проблемы компьютерного моделирования мышления (интеллекта), пересекаются с проблемами виртуальной реальности как феномена постнеклассической науки и культуры в целом. В структуре научного знания конструирование моделей соотносится с процессом становления фундаментальных теорий с абстрактными объектами (теоретическими конструктами). В теориях второго поколения появляются производные абстрактные объекты от этих базовых абстрактных объектов, на основе которых создаются модели конкретных фрагментов действительности. Компьютерные знания и базы знаний как основа-

ния моделирования знания в интеллектуальных системах представляет собой вторичную, теоретическую рефлексию компьютерных знаний за счет внутренней интерпретируемости, структурированности, связанности, введения пространственных, временных, каузальных и иных отношений, семантической метрики, активности в выполнении программ, инициируемых текущими состояниями информационных систем.

Содержание моделей инженерии знаний в ИИ, а также результатов компьютерного моделирования вообще можно представить как разновидность *кибервиртуальной реальности*. Последнюю определим как образно-рациональное достраивание мира в таком значении термина виртуальный, который обозначает возможный, предполагаемый. Физиологические процессы возбуждения нейронов, моделируемые с помощью современных нейрокомпьютерных технологий, порождают бесконечное количество индивидуально растянутых во времени различных образов кибервиртуальной реальности, которые в структуре бытия расцениваются как мысленное достраивание мира. В них реальная действительность предстаёт в другой, отличной от человеческого мозга, среде – в черном ящике манипуляций компьютеров по заданным программам. Результатом этих манипуляций компьютеров являются психологические образы, мысли, идеи, репрезентирующие объекты. В моделях компьютерной репрезентации знания в системах ИИ знание репрезентируется не только как результат адекватного отражения действительности в виде концептов, идеальных объектов, теорий, но и в логических основаниях моделирования, но и в деятельности на уровне поиска вывода.

Рассмотрим специфику проблемы обоснования результатов компьютерного моделирования знания в системах ИИ как разновидности кибервиртуальной реальности. Применение современных нейрокомпьютерных технологий в изучении свойств интерактивности на уровне «субъект-субъект» (в отличие от традиционного «субъект-объект») иначе ставит и решает вопрос о цели и основании результатов компьютерного моделирования в системах ИИ. В моделях инженерии знаний, составляющих эпистемологическое содержание ИИ, в отличие от обычных математических моделей, при формировании знания эпистемологическая проблема подобия моделей оригиналам переходит в русло проблемы обоснования результатов компьютерного моделирования как разновидности кибервиртуальной реальности. Адекватность результатов компьютерного моделирования знания в системах ИИ определяется законами формирования теоретического знания, относящегося к абстрактным объектам, которые зависят как от целей субъектов моделирования, так и от их способностей интерпретировать полученные результаты.

Истинность получаемой новой теории доказывается соответствием исходной достоверной теории, и продуктивностью распространения этой исходной теории на более широкий круг объектов, и на систему новых концептов. Механизмом обоснования при этом служит развёртывание содержания теоретического знания, выраженного базовыми абстрактными объектами моделирования на метатеоретическом уровне, с последующим введением производных абстрактных объектов, которые составляют основу конструирования моделей конкретных областей действительности. Как указывает В.С. Стёпин: «Конструирование одних абстрактных объектов на основе других ... должно удовлетворять принципу целостности создаваемой системы теоретических объектов. Каждый вновь вводимый объект, вступая в отношение с уже построенными теоретическими конструктами, обязан согласовываться с ними. Он не должен приводить к появлению у них таких новых свойств, которые были бы несовместимы с ранее заданными признаками. ... все абстрактные объекты обосновываются тем, что среди них не появляются ни одного объекта, несовместимого с уже введённой системой» [11, с. 108-109]. Например, достоверность новой междисциплинарной концепции синергетики, возникшей на основе компьютерного моделирования процессов самоорганизации в открытых неравновесных системах, подтверждается продуктивностью использования данной методологии в исследовании различных областей научного знания.

Одной из важнейших проблем при исследовании знания как объекта компьютерного моделирования является выяснение того, какой из видов знания – индивидуальные, субъективированные, личностные знания или объективированное, внеличное знание выступает

в качестве объекта такого моделирования. Постановка данной проблемы отнюдь не ведёт к противопоставлению знаний индивидуальных субъектов объективированному знанию, которое как результат общечеловеческой познавательной деятельности реализуется в различных текстах. В этом случае стоит обратиться к рассмотрению самого процесса этой деятельности. Вместе с тем, разработчикам интеллектуальных систем в ходе решения проблемы компьютерной репрезентации знания приходится осуществлять выбор одного из видов знания – индивидуальных, субъективированных, личностных знаний или общезначимого, внеличностного, объективированного знания – в качестве объекта компьютерного моделирования, и двигаться далее по одному из избранных путей.

Согласно первому варианту, в качестве объекта компьютерного моделирования знания при создании интеллектуальных систем необходимо выделить такую его структуру и такие связи между элементами в системе знаний, которые образуют объективированное знание и излагаются в соответствующих естественно-языковых текстах. Согласно второму варианту, при компьютерном моделировании знания следует опираться на изучение процессов представления информации, которые реализуются индивидуальными субъектами. Выбор каждого пути имеет свои основания.

В соответствии с первым подходом к выяснению вида знания, выступающего в качестве объекта компьютерного моделирования, интеллектуальные системы, применяясь в определённых предметных областях, оказываются задействованными в процессе функционирования объективированного знания, которое представляет собой знание, как говорят в эпистемологии, коллективного субъекта и в этом смысле выступает как внеличностное знание. Объектом моделирования и результатом приложения систем ИИ в соответствии с этим подходом является объективированное, внеличностное знание. В этом случае при разработке интеллектуальных систем необходимо принимать во внимание объективные связи, существующие между элементами в системе внеличностного знания. Структуры, которые применяются в таких компьютерных моделях, могут отличаться от тех структур, которые присущи индивидуальным знаниям. При этом подходе основой для конструирования моделей и языков компьютерной репрезентации знания становится накопленное людьми и зафиксированное в различных естественно-языковых текстах объективированное знание.

Согласно второму подходу к выяснению вида знания, выступающего в качестве объекта компьютерного моделирования, важнейшую роль приобретает исследование внеличностных, субъективированных, индивидуальных знаний отдельных индивидов и использование при этом результатов когнитивных наук. В соответствии с этим подходом, анализ структур индивидуальных знаний оказывает воздействие и на репрезентацию объективированного знания. В случае, когда делается акцент на индивидуальных, личностных знаниях, в основу моделей и языков репрезентации знания закладываются знания о структурах и механизмах функционирования этих индивидуальных знаний. При дальнейшем конструировании моделей и языков компьютерной репрезентации знания такого рода структуры наполняются также внеличностными знаниями, причём разработчики исходят из того, что все виды объективированного знания имеют глубинное сходство. Это сходство вызывается тем обстоятельством, что основные когнитивные структуры восприятия и памяти определяются посредством естественных языков и складываются преимущественно на донаучном уровне.

Длительное время вплоть до изобретения письменности знания существуют исключительно в личностной форме, хранятся в памяти его носителей и транслируются устно. Такое положение дел сужает область использования знаний в силу отсутствия других, отличных от памяти индивидов – носителей, форм их хранения и возможных способов трансляции. Появление объективированных форм знания, таких как письменность, книгопечатание и т.д., обуславливается снятием подобного ограничения. В связи с этим, становится возможным хранить, транслировать знания и манипулировать ими предметно. Информационно-компьютерная революция выступает новым этапом в развитии данного процесса.

Знания, которые в ИИ выступают в качестве моделируемого объекта, на уровне их репрезентации в компьютерах следует понимать как системы, информационными единицами

которых являются репрезентации, понятия, высказывания, теории; связи же между этими информационными единицами следует рассматривать как носящие логический характер. Такие особенности компьютерных знаний, как рефлексивность и наличие метапроцедур, демонстрируют соответствующие характеристики человеческих знаний, в составе которых наличествуют утверждения о связях между понятиями и о выводимости одних высказываний из других. Если подходить к теоретическим предложениям как к предложениям о выводимости, то теоретические и эмпирические законы можно рассматривать как основу баз знаний, а описания эмпирических фактов - как основу баз данных.

Проблематика соотношения индивидуальных, субъективированных личностных знаний и внеличного, объективированного знания занимает значительное место в философской литературе второй половины XX века [9, 10]. Благодаря исследованиям в области компьютерного моделирования знания, появляется реальная возможность по-новому взглянуть на многие существенные аспекты данной проблематики. В ходе анализа проблемы компьютерного моделирования субъективированных, личностных знаний и объективированного, внеличного знания не следует забывать о том, что знания субъектов оказываются вовлечёнными в различные системы коллективной познавательной деятельности. Она одновременно предполагает определённую автономность этого включения знаний субъектов в объективированное знание.

Выводы

Рассмотрение проблемы репрезентации знания в контексте компьютерного моделирования показывает, что, с одной стороны, для развития этого вида моделирования существенными оказываются успехи и результаты, полученные в ходе решения её современного технического варианта - проблемы компьютерной репрезентации знания. С другой стороны, результаты и достижения компьютерного моделирования позволяют по-новому взглянуть на философские и общенаучные проблемы, к числу которых принадлежит проблема репрезентации знания, и побуждают к поиску новых путей их решения.

Литература

1. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А. Когнитивная революция как фактор становления новой эпистемологической парадигмы и методологии исследования знания в современной науке // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2013. № 1.
2. Ивлев В.Ю., Ивлева М.Л., Иноземцев В.А. Становление новой философско-методологической парадигмы современной науки в условиях информационного общества. М., 2012.
3. Иноземцев В.А. Репрезентация знания в современной науке: философско-методологический анализ. М., МГТУ «МАМИ». 2009.
4. Иноземцев В.А. Логико-эпистемологическое исследование искусственного интеллекта: феномен компьютерной репрезентации знания. М., «ИТО Семрик». 2014.
5. Иноземцев В.А. Дедуктивная логика в решении проблемы компьютерной репрезентации знания // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2014. № 1(19), Т. 5.
6. Иноземцев В.А. Недедуктивная логика и проблема компьютерной репрезентации знания // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2014. № 2(20), Т. 5.
7. Иноземцев В.А. Трансформация видов компьютерной репрезентации информации в эволюции алгоритмических языков программирования // Известия МГТУ «МАМИ». М., 2014. № 3(21), Т. 3.
8. Иноземцев В.А., Удовик В.Е. Информационно-компьютерная революция и становление информационного общества // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов. 2011. №8 (14).
9. Полани М. Личностное знание. М., Прогресс. 1985.
10. Поппер К. Объективное знание: Эволюционный подход. М., Едиториал-УРСС. 2002.
11. Степин В.С. Теоретическое знание. М., Прогресс-традиция. 2000.