

**ОБЛАДАЕТ ЛИ МАШИНА ЗНАНИЯМИ?
DOES THE MACHINE POSSESS KNOWLEDGE?**

В.С. Выхованец
Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
V.S. Vykhovanets
Moscow, BMSTU

Аннотация. В работе исследуется проблема представления и обработки знаний в современных интеллектуальных информационных системах. На основе определения знания и методике проверки на обладание знаниями проанализированы известные методы представления и обработки знаний и указаны их недостатки. Предлагается использование понятийных моделей. Понятийная модель отличается от концептуальной своей многоаспектностью. Понятие рассматривается как форма мысли, выражаемая именованным множеством сущностей предметной области. Понятия разделяются на простые (понятия-знаки, понятия-типы) и абстрактные (понятия-обобщения, понятия-ассоциации). Простые понятия состоят из одной или множества сущностей предметной области. Абстрактные понятия образуются из других понятий путём из объединения (обобщения) и соединения (ассоциации). Понятийная модель состоит из понятийной структуры и описания содержания входящих в нее понятий. В понятийной структуре перечисляются понятия и способы их образования, а содержание понятий описывается на языке одноместного исчисления предикатов. Понятийные модели разрешимы и непротиворечивы – на счетных предметных областях, и полны – на конечных. Показано, что интеллектуальная информационная система с понятийной моделью обладает знаниями, т.е. может знания выражать, приобретать, порождать, передавать и использовать по назначению. Для реализации сильного искусственного интеллекта необходимо использовать не только рациональные, но и иррациональные формы познания и эмоции, позволяющие решать творческие задачи, например, синтез алгоритмов и программ, доказательство теорем, решение комбинаторных задач большой размерности и т. п.

Ключевые слова: представление знаний, обработка знаний, обладание знаниями, модели знаний, понятийная модель, интеллектуальная информационная система.

Abstract. The article deals with the problem of knowledge representation and processing in modern intelligent information systems. Based on the definition of knowledge and the methodology of knowledge testing, the known methods of knowledge representation and processing are analyzed and their disadvantages are indicated. The use of notional models, free from many disadvantages, is proposed. The notional model differs from the conceptual one in its multi aspect nature. The notion is considered as a form of thought expressed by a named set of entities. The notions are divided into simple (notion-signs, notion-types) and abstract (notion-generalizations, notion-associations). Simple notions consist of one or many entities of the subject domain. Abstract notions are formed from other notions by combining (generalization) and

joining (association). A notional model consists of a notional structure and a description of the content of the notions included in it. The notional structure lists notions and ways of their formation, and the content of notions is described in the language of the pure monadic predicate calculus. Notional models have such properties as solvability and consistency – on countable subject domains, and completeness – on finite ones. An intelligent information system based on a notional model has knowledge, i.e., it can express, acquire, generate, transmit and use knowledge for its intended purpose. In order to implement a general artificial intelligence, it is necessary to use not only rational, but also irrational forms of cognition and emotions, that allow solving creative tasks, for example, the synthesis of algorithms and programs, the proof of theorems, the solution of combinatorial problems of large dimension, etc.

Keywords: *knowledge representation, knowledge processing, knowledge possession, knowledge models, notional model, intelligent information system.*

Введение

Основным вопросом искусственного интеллекта является вопрос: «Может ли машина мыслить?» Ответ на этот вопрос связывают с прохождением теста Тьюринга [1]. В тесте человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком на некотором языке. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютером. Очевидный недостаток такого теста – отсутствие методики проверки на «умение мыслить» [2]. Какие вопросы задавать при диалоге с собеседниками? Как оценивать полученные ответы?

Мышление – вид умственной деятельности человека, заключающейся в познании вещей и явлений, в отражении мира в понятиях, суждениях, теориях, гипотезах и т. п., имеющий опосредованный, обобщенный характер, связанный с решением нетривиальных задач. Умение мыслить неразрывно связано с интеллектом. Интеллект – это способность человека решать задачи путём приобретения, накопления и упорядочивания знаний, их адаптации к разнообразным ситуациям в процессе обучения и на опыте.

На основании вышесказанного переформулируем основной вопрос искусственного интеллекта так: «Обладает ли машина знаниями?». Тогда тест на обладание знаниями может быть таким: человек взаимодействует с одним собеседником и в процессе диалога он должен определить, обладает ли собеседник знаниями или нет. Теперь осталось выяснить, что такое знание и что означает «обладать знаниями»?

Знание

В самом общем смысле знание – это психическое образование, направленное на адекватное отражение окружающей действительности в сознании человека, которое субъективно (идеально) по своей природе и не может быть непосредственно изучено [3, с. 11]. Знания образуются в результате педагогического процесса, самообразования и жизненного опыта.

Знание проявляется как некоторый результат познавательной деятельности человека, который логически или фактически обоснован и допускает эмпирическую или практическую проверку на достоверность. Представление

знаний – это отчуждение знания от его носителя во внешней (материальной) форме, а объективация знаний – признание знаний, представленных во внешней форме, объективно достоверными и социально значимыми. Знание как результат абстрактно-логического мышления фиксируется в сознании человека в виде представлений, понятий, суждений, умозаключений, рассуждений, теорий и т. п. [4, с. 383].

Понятие – форма мысли, что-либо выделяющая и называющая. Различают конкретные и абстрактные понятия. Конкретные понятия образуются на основе представлений, а абстрактные – путем выполнения операций над понятиями.

Суждение – форма мышления, которая раскрывает связь между понятиями. Простое суждение обычно выражается предложением, состоящим из субъекта (подлежащего) и предиката (сказуемого) и, в ряде случаев, объекта (дополнения) и атрибутов (определений, обстоятельств). Сложные суждения получаются в результате умозаключений и могут состоять из двух и более простых суждений.

Умозаключение – умственное действие, связывающее суждения-посылки с суждениями-следствиями. В зависимости от культурных традиций, уровня образования, психического состояния и т. п., правила выполнения умозаключений могут различаться. Умозаключения должны переносить достоверность (истинность, правильность, правдоподобность, аналогичность, аргументированность, наглядность, модальность) исходных суждений на результирующее.

Объективными считаются правила умозаключений, сформулированные в логике. Другим примером являются правдоподобные умозаключения [5], которые переносят на суждения-следствия правдоподобность, но не истинность.

Рассуждение – мыслительная деятельность, направленная на получение из суждений-посылок суждений-следствий. Теория – суждения-следствия, полученные в процессе рассуждения из некоторых суждений-посылок с помощью умозаключений заданного вида.

Таким образом знание – это результат отражения действительности в сознании человека, представленный во внешней форме понятиями и суждениями, утвержденными некоторым множеством умозаключений.

Обладание знаниями

На основе вышеизложенного, характерными признаками обладания знаниями является:

- владение единичными и объемными понятиями;
- определение одних понятий через другие;
- создание новых понятий из имеющихся;
- запоминание и оперирование суждениями;
- выполнение умозаключений на одном или на нескольких наборах правил;
- получения скрытых знаний путем рассуждений;
- сужение области знания для его использования в конкретной ситуации;
- представление как декларативных, так и процедурных знаний;
- приобретение нового знания с учителем (обучение), без учителя (самообразование), с подкреплением (на жизненном опыте);
- использование развитого языка для выражения и обмена знаниями.

В итоге получаем способности, наличие которых у собеседника позволит сделать вывод, что этот собеседник обладает знаниями.

Модели знаний

Обработка знаний как задача искусственного интеллекта заключается в имитации техническими средствами приобретения, накопления, упорядочивания, адаптации и использования знаний человеком [6].

Искусственные нейронные сети оказались непригодны для представления и обработки знаний из-за невозможности объяснения получаемых результатов, отсутствия гарантии нахождения верного решения, непредсказуемости прогностической способности сети, трудностей при решении задач по шагам и вычислительных задач, нетривиальности формирования обучающей выборки, длительности обучения, забывчивости, риска переобучения и т. д.

В настоящее время моделирование знаний осуществляется символьными средствами. Модель знаний – это средства формального описания знаний (язык) и методы оперирования ими. Модель знаний должна позволять реализовать такую информационную систему, которая может быть охарактеризована как «обладающая знаниями». Известны несколько типов моделей знаний:

- логические модели (язык логики): исчисление предикатов [7], дескрипционные логики [8];

- продукционные модели (язык продукций) [9];

- сетевые модели (язык ориентированных графов): семантические сети [10], концептуальные графы [11], реляционные модели [12], объектные (фреймовые) модели [13] и т. д.;

- понятийные модели (понятийный язык) [14].

У логических моделей из-за монотонности вывода невозможен пересмотр промежуточных данных, т. е. всё является фактами и нет гипотез. Невозможно также использовать в качестве переменных предикаты, что ограничивает выразительность логического языка. Неразрешимость формул логики первого порядка не позволяет определить принадлежность суждений языку модели. Не представлены в языке средства для выражения процедурных знаний. Обучение логической модели возможно только с учителем. И, наконец, имеется вычислительная сложность вывода в логике первого порядка и ограниченность языка дескрипционной логики.

У продукционных моделей имеются трудности проверки на непротиворечивость и полноту, наблюдается непредсказуемость результатов вывода из-за недетерминированности выбора продукций, используются при выводе эвристики, отсутствуют средств для представления процедурных знаний, обучение осуществляется только с учителем.

Наиболее распространены для представления знаний семантические сети. Семантическая сеть состоит из большого числа понятий (узлов) и отношений между ними (дуг). Семантическая сеть не содержит структуру предметной области, что приводит к сложности ее актуализации. Результат запроса к семантической сети – это фрагмент сети, полученный путем поиска изоморфного подграфа, а это NP-полная задача. Более того, процедура вывода не может гарантировать достоверность результата, а сам результат не имеет логического

обоснования. В итоге вывод на сетевой модели возможен только приближенный и реализуется при использовании эвристик.

Еще один недостаток семантических сетей – это низкая выразительная возможность языка, следующая из того, что разметка дуг задает понятия (предикаты), однако раскрытие таких понятий не представляется возможным, так как требует формализации уже в логике второго порядка, недоступной для сети. Также как и логические модели семантические сети обучаются только с учителем и не используются для представления процедурных знаний.

Понятийная модель

Многие из перечисленных недостатков отсутствуют у понятийных моделей. При понятийном моделировании понятия рассматриваются как именованные множества сущностей предметной области и разделяются на конкретные и абстрактные.

К конкретным понятиям относятся элементарные понятия (понятия-знаки) и простые понятия (понятия-типы). Понятия-знаки образуются путем идентификации – именованной уникальных представлений предметной области, а понятия-типы – из понятий-знаков понятий путем их типизации (группировки).

Абстрактные понятия образуются путем обобщения и ассоциации других понятий. Понятие-ассоциация образуется соединением (конкатенацией) сущностей ассоциируемых понятий в сущность понятия-ассоциации, а понятие-обобщение – объединением сущностей обобщаемых понятий. Типизация – частный случай обобщения, когда объединяются отдельные понятия-знаки.

Понятийная модель – это понятийная структура предметной области и описание входящих в нее понятий. В понятийной структуре задаются схемы понятий, т.е. перечисляются понятия и указываются способы их образования. Описание понятий осуществляется путем задания принадлежащих им перечислимых или разрешимых множеств сущностей.

Поскольку понятие предполагает субъективное отражение предметной области, то при понятийном моделировании предусмотрена возможность альтернативного описания одного и того же понятия в различных аспектах. По этой причине понятие отличается от концепта. Концепт – это абстрактное объективное понятие, а понятие – конкретный субъективный концепт.

Для описания множеств сущностей, принадлежащих понятиям, используются логические высказывания с одноместными предикатами принадлежности сущности E понятию N вида $N(E)$, а также с отношениями между сущностями понятий вида $X[N] \bullet E$, где $X[N]$ – функтор, возвращающий сущность понятия N из состава сущности X , \bullet – отношение равно, больше и т. п.

Построенное таким образом исчисление понятий оказалась разрешимой и непротиворечивой теорией на счетных и полной на конечных моделях [15]. Благодаря понижению выразительности понятийного языка уменьшена вычислительная сложность задач представления и обработки знаний по сравнению дескрипционными логиками.

Интеллектуальная информационная система

Интеллектуальная информационная система, использующая понятийные модели, позволяет реализовать следующие возможности:

– владение единичными понятиями путем распознавания, запоминания, сравнения и репрезентации сущностей предметной области в виде понятий-знаков и их соединений (конкатенаций);

– создание новых понятий и определение существующих путем использования операций идентификации, типизации, ассоциации и обобщения, а также обратных им – интерпретации, конкретизации, индивидуализации и специализации соответственно, а также теоретико-множественных операций;

– оперирование суждениями в виде логических высказываний одноместного исчисления предикатов, а именно: распознавание, проверка выполнимости, запоминание, воспроизведение и т. п.;

– производство умозаключений на одном или нескольких правилах умозаключений, где в качестве правил может выступать классическое логическое следование (правило дедукции), а также правила абдукции и индукции, на которых основан правдоподобный вывод;

– получение скрытых знаний путем рассуждений, где правила вывода на знаниях задаются схемами понятий, а именно: правилами обобщения, согласно которым сущность принадлежит понятию-обобщению, тогда и только тогда, когда она принадлежит хотя бы одному обобщенному понятию, и правилами ассоциации, согласно которым если сущность принадлежит понятию-ассоциации, то она состоит из сущностей ассоциированных понятий;

– сужение области знания путем использования понятия в заданной конкретном аспекте или множестве аспектов;

– представление процедурных знаний в виде функций, которые являются сущностями соответствующих понятий, записаны на языке представления знаний и состоят из операций создания, изменения, сравнения, проверки и удаления сущностей, где само понятие является сущностью понятия понятий;

– обучение понятийной модели с учителем путем создания (изменения) пользователем понятий и описаний принадлежащих им сущностей;

– обучение без учителя путем структуризации потока входных понятий-знаков и их конкатенаций, выделяя в нем сущности известных и неизвестных понятий для пополнения существующих понятий новыми сущностями или образования новых понятий;

– обучение с подкреплением путем закрепление ранее созданных сущностей и понятий или их «забывание» при редком их повторении во время накопления «жизненного опыта»;

– использование развитого языка для представления и обмена знаниями на основе выражения, распознавания, проверки и запоминания суждений и умозаключений на языке понятийной модели.

Заключение

Трудности представления и обработки знаний в логических, сетевых и продукционных моделях не позволяют реализовать эффективные интеллектуальные информационные системы, обладающие знаниями. Наилучшей моделью представления и обработки знаний оказалась понятийная модель.

Понятийная модель строится на четырех предельно общих операциях над понятиями – идентификация, типизация, ассоциация и обобщение, которые позволяют образовать все «мыслимые» понятия. Описание содержания понятий осуществляется на разрешимом языке одноместного исчисления предикатов.

Иных более выразительных средств для представления знаний о предметной области, кроме как ее описания в виде понятийной модели, не существует. Это объясняется тем, что понятийное мышление является предельно общим и единственным механизмом рационального познания, а понятийная модель – адекватной формой фиксации результатов понятийного мышления.

Однако умение мыслить и обладание знаниями не является достаточным для сильного искусственного интеллекта. Имеется много задач, которые не решаются рациональными средствами, например: синтез алгоритмов и программ, доказательство теорем, решение комбинаторных задач большой размерности и т. п. Для реализации сильного искусственного интеллекта необходимо нечто большее, например, использование не только рациональных, но и иррациональных формы познания, а также эмоций.

Список литературы

1. Turing A. Computing Machinery and Intelligence // Mind. 1950. Vol. LIX. No. 236. P. 433-460.
2. Saygin A.P, Cicekli I., Akman V. Turing test: 50 years later // Minds and Machines. 2000. Vol.10. P. 463–518. DOI 10.1023/A:1011288000451.
3. Фёдоров А.А. Проблема научного знания в психологии // В сб. Психологическое знание: Виды, источники, пути построения. / Отв. ред. А.Л. Журавлев, А.В. Юревич. М.: Институт психологии РАН, 2021. 458 с. DOI 10.38098/thry_21_0434.
4. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. М.: Издательство АСТ, 2023. 960 с.
5. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Под ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 704 с.
6. Handbook of Knowledge Representation / Eds. F. Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter. Elsevier, 2008. 1031 p.
7. Brachman R.J., Levesque Y.J. Knowledge Representation and Reasoning. Elsevier, 2014. 413 p.
8. The description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications / Eds. F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, et al. New York: Cambridge University Press, 2003. 573 p.
9. Klahr D., Langley P., Neches R. Production System Models of Learning and Development. Cambridge. Cambridge: The MIT Press, 1987. 466 p.
10. Chein M., Mugnier M.-L. Graph-based Knowledge Representation: Computational Foundations of Conceptual Graphs. Springer, 2009. 425 p.
11. Sowa J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Thomson Learning, 2000. 610 p.
12. Gardarin G., Valduriez P. Relational databases and knowledge bases. Addison-Wesley, 1989. 448 p.
13. Object-oriented Design Knowledge: Principles, Heuristics, and Best Practices / Eds. J. Garzas, M. Piattini. Idea Group Publishing, 2007. 376 p.
14. Выхованец В.С. Информационная система с понятийной моделью предметной области // Управление большими системами. Вып. 66. М.: ИПУ РАН, 2017. С. 25-67. DOI 10.25728/ubs.2017.66.2.
15. Выхованец В.С. Понятийный анализ и понятийное моделирование // Управление большими системами. Вып. 92. М.: ИПУ РАН, 2021. С. 64-109. DOI 10.25728/ubs.2021.92.4.