

Понятийная модель знаний

© Валерий Святославович Выхованец¹

¹Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет),
ул. 2-я Бауманская, д. 5, к. 1, Москва, 105005, Россия

¹valery@vykhovanets.ru

Аннотация. В работе исследуется проблема представления и обработки знаний в современных интеллектуальных информационных системах. Проанализированы известные методы представления и обработки знаний и указаны их недостатки. Предлагается использование понятийных моделей. 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 позволяет представлять и эффективно обрабатывать знания.

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

Введение

Обработка знаний как задача искусственного интеллекта заключается в имитации техническими средствами приобретения, накопления,

упорядочивания, адаптации и использования знаний человеком [1].

В последнее время наметилась тенденция применения искусственных нейронных сетей для решения задач искусственного интеллекта. Однако искусственные нейронные сети оказались несостоятельными для представления и обработки знаний т.к. при использовании таких сетей невозможно объяснить получаемые результаты, отсутствует гарантия получения верного (полного) решения задачи, наблюдается непредсказуемость прогностической способности сети, имеются трудности в решении задач по шагам и невозможность решения вычислительных задач, требуется длительное обучение и трудность получения обучающей выборки, присутствует риск переобучения сети, и т. д.

Целью настоящей статьи является анализ известных символьных методов представления и обработки знаний и определение их недостатков. Предлагается использование понятийной модели знаний, свободной от многих из этих недостатков.

Структура знания

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 [2]. Знания образуются в результате педагогического процесса, самообразования и жизненного опыта.

Знание проявляется как результат познавательной деятельности, который логически или фактически обоснован и допускает 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, гипотез, умозаключений, рассуждений, теорий и т. п.

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. 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 [3], 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.

Модели знаний

Модель знаний – средства формального описания знаний (язык) и методы оперирования ими. Известные несколько типов моделей знаний:

- логические модели (язык логики): на основе исчисления предикатов [4], дескрипционной логики [5];
- продукционные модели (язык продукций) [6];
- сетевые модели (язык ориентированных графов): семантические сети [7], концептуальные графы [8], реляционные модели [9], объектные (фреймовые) модели [10];
- понятийные модели (понятийный язык) [11].

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, необходимость использования эвристик при выводе, отсутствие средств для представления процедурных знаний, обучение модели 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 модификации и 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, реализуемый при использовании эвристик. 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 – именованя 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.

Схемы обобщенный понятий задают правило вывода, согласно которым сущность принадлежит понятию-обобщению, тогда и только тогда, когда она принадлежит хотя бы одному обобщенному понятию. В свою очередь схема ассоциированных понятий залают правила вывода, согласно которым если сущность принадлежит понятию-ассоциации, то она состоит из сущностей ассоциированных понятий.

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

Построенное таким образом исчисление понятий оказалась разрешимой и непротиворечивой теорией на счетных и полной на конечных моделях [12]. Благодаря понижению выразительности понятийного языка уменьшена вычислительная сложность задач представления и обработки знаний по сравнению дескрипционными логиками.

Представление знаний

Понятийная модель позволяет реализовать следующие возможности по представлению и обработке знаний:

– распознавание, запоминание, сравнение и репрезентация 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;

– 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;

– сужение области знания путем использования понятия в различных аспектах;

– представление процедурных знаний в виде функции, 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 [13];

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

– обучение без учителя путем структуризации потока входных понятий-знаков, 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 в

результате «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. Наилучшей моделью представления и обработки знаний оказалась понятийная модель.

Принципиальным отличием рассматриваемого подхода к представлению и обработке знаний является использование в дополнение к формальной логике еще одного семантического инварианта – исчисления понятий. Понятийная модель строится на трех операциях (типизация, ассоциация, обобщение), которые позволяют образовать все «мыслимые» понятия, так же как логика строится на трех логических связках для построения всех высказываний.

Описание содержания понятий осуществляется на разрешимом языке одноместного исчисления предикатов, что делает понятийные модели разрешимыми и непротиворечивыми на счетных предметных областях, и полными – на конечных.

Библиографический список

1. Handbook of Knowledge Representation / Eds. F. Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter. Elsevier, 2008. 1031 p.
2. Gough B., Madill A. Subjectivity in Psychological Science: from Problem to

Prospect // Psychological Methods. 2012. Vol. 7(3). PP. 374-384. DOI 10.1037/a0029313.

3. Abductive Reasoning and Learning / D. M. Gabbay, R. Kruse (Eds.) // Handbook of Defeasible Reasoning and Uncertainty Management Systems. 2000. Vol. 4. DOI 10.1007/978-94-017-1733-5.

4. Brachman R.J., Levesque Y.J. Knowledge Representation and Reasoning. Elsevier, 2014. 413 p.

5. 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.

6. Klahr D., Langley P., Neches R. Production System Models of Learning and Development. Cambridge. Cambridge: The MIT Press, 1987. 466 p.

7. Chein M., Mugnier M.-L. Graph-based Knowledge Representation: Computational Foundations of Conceptual Graphs. Springer, 2009. 425 p.

8. Sowa J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Thomson Learning, 2000. 610 p.

9. Gardarin G., Valduriez P. Relational databases and knowledge bases. Addison-Wesley, 1989. 448 p.

10. Object-oriented Design Knowledge: Principles, Heuristics, and Best Practices / Eds. J. Garzas, M. Piattini. Idea Group Publishing, 2007. 376 p.

11. Vykhovanets V.S. Intelligent Information Systems based on Notional Models without Relationships // Z. Hu et al. (Eds.): CSDEIS 2020. Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics II, AISC 1402, pp. 20–28, 2021. DOI 10.1007/978-3-030-80478-7_3.

12. 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.

13. Vykhovanets V.S. The Knowledge Description Language // 2021 14th International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). Moscow, 2021. PP. 1-5. DOI 10.1109/MLSD52249.2021.9600103.

The Notional Model of Knowledge

© V. S. Vykhovanets¹

¹Bauman Moscow State Technical University,
5 k. 1, ul. 2-ya Baumanskaya, Moscow, 105005, Russia

¹valery@vykhovanets.ru

***Abstract.** The article deals with the problem of knowledge representation and processing in modern intelligent information systems. 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 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 with a notional model allows you to represent and effectively process knowledge.*

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