

О некоторых принципах формальной эпистемологии интеллектуальных систем

Формулируются принципы формальной эпистемологии, основанной на интеллектуальном анализе данных посредством ДСМ-метода автоматического порождения гипотез.

Формальная эпистемология может быть охарактеризована как дисциплина, изучающая посредством логико-математических методов отношения между имеющимся знанием и получением из него нового знания (knowledge discovery), что означает имитацию познания точными методами. Из этой характеристики формальной эпистемологии следует, что она является теорией рационального знания. Перечислим лишь некоторые проблемы формальной эпистемологии.

(1) Представление знаний (логическая структура систем знаний, языки представления знаний с дескриптивной и аргументативной функциями в смысле К. Р. Поппера).

(2) Логические средства получения нового знания — как дедуктивные, так и недедуктивные (в том числе, формализация различных эвристик в виде синтеза познавательных процедур — индукции, аналогии, абдукции и дедукции).

(3) Неклассические логики для формализации правдоподобных рассуждений, порождения гипотез и аргументации.

(4) Теории принятия высказываний познающим субъектом (в том числе, логики модальностей знания и мнения) и типология познающих субъектов (представления их знаний, эпистемические и доксистические модальности, семантика возможных миров).

(5) Анализ неполноты информации в данных и уменьшение неопределенности высказываний посредством обучения на основе наличных фактов.

(6) Агрегирование субъектов познания и принятие решений личностью и коллективом с использованием логических средств.

(7) Теоремы адекватности логик, формализующих эпистемологические проблемы, и семантик, представляющих соответствующие предметные области (онтологии — стохастические, детерминистские, комбинированные).

Включение представления знания о субъекте и логических средств принятия им высказываний означает тот факт, что формальная эпистемология содержит важный раздел “эпистемологии с познающим субъектом”. Следовательно, возникают новые проблемы психологизма в логике, ранее отвергнутые Э. Гуссерлем и логическим позитивизмом. Этот психологизм состоит в том, что некоторые когнитивные возможности абстрактных типологизированных субъектов погружаются в логические системы. Таковыми, в частности, являются эпистемические и доксистические ненормальные

и немонотонные системы, рассмотренные в книге М. Н. Бежанишвили [1].

Проблема принятия высказывания p познающим субъектом (агентом a , обладающим знанием $T(a)$) может быть представлена как выводимость $T(a) \vdash_L \Box p$, где L — соответствующая логика, образованная как немодализованными аксиомами и правилами (в том числе, классическая, трехзначная, паранепротиворечивая, немонотонная относительно выводимости и т. п.), так и модализованными аксиомами и правилами.

Таким образом, проблема формализации принятия p агентом a решается посредством задания логики L и ее семантики и выбора $T(a)$ как некоторой “личной теории агента a ” (точнее, типов таких агентов). Например, в случае невозможных возможных миров интересно было бы испытать применимость паранепротиворечивых логик (в том числе, трехзначных) [2, 3]. Кажется естественным рассмотреть для случая семантики частичных возможных миров различные трехзначные логики как неопределенностного, так и бессмысленностного типа [4] в качестве исходного немодализованного исчисления с последующим его расширением посредством эпистемических и доксистических модальностей. Естественность таких исследований обусловлена тем, что частичные возможные миры соответствуют логике частично определенных предикатов.

Отметим, что в работах по логике модальностей знания и мнения не рассматривается спецификация знаний агента a (т. е. некоторая система дескриптивных высказываний), но определяется логика L и соответствующая ей семантика с теми или иными допущениями и ограничениями. Это означает, что $T(a) = \emptyset$. Последнее обстоятельство говорит о том, что фиксируются познавательные возможности агента, ограниченные его логическими (но не дескриптивными) средствами.

Философская логика является современным разделом символической логики, идеями и задачами которой являются проблемы формальной эпистемологии и проблемы формализации знаний социальных и гуманитарных наук.

Формальная эпистемология как новая научная дисциплина отделилась от философской эпистемологии в силу естественных причин развития логики и компьютерной науки. Аппарат неклассических логик и интеллектуальные системы стали

теоретическими и экспериментальными основаниями этой новой научной дисциплины. Следует обратить внимание на принципиальный факт: интеллектуальные системы содержат Решатель задач, базу фактов и базу знаний, посредством которых реализуются интеллектуальный анализ данных и прогнозирование изучаемых эффектов посредством использования результатов этого анализа. Таким образом, конструктивно осуществляется познавательный процесс, не только имитирующий интеллектуальную деятельность человека (в смысле теста А. Тьюринга), но и усиливающий ее за счет автоматизированных рассуждений, вычислений и быстрой работы современных компьютеров.

Как уже было сказано, формальная эпистемология является не только теоретической дисциплиной, так как ее экспериментальной базой являются интеллектуальные системы. Отсюда следует, что интеллектуальный анализ данных является экспериментальной имитацией и усилением познавательного процесса в человеко-машинных системах, которыми являются интеллектуальные системы. Следовательно, возникает новая эпистемологическая реальность — познающим субъектом является человеко-машинная система. Поэтому известные в логике высказывания “X думает, что p” или “X знает, что p” (“высказывания мнения”) не только получают новую интерпретацию, но и новую реализацию в интеллектуальных системах посредством автоматизированного обнаружения закономерностей в базах фактов — knowledge discovery.

Knowledge discovery в интеллектуальных системах реализуется посредством правдоподобных рассуждений, содержащих амплиативные выводы индукции, аналогии и абдукции. Таким типом правдоподобных рассуждений являются ДСМ-рассуждения [5, 6], образованные синтезом трех познавательных процедур — индукции (порождении гипотез о позитивных (+) и негативных (-) причинах изучаемых эффектов в базах фактов (БФ)), аналогии (перенос обнаруженных (\pm)-причин на неизвестные случаи из БФ), абдукции (принятия гипотез посредством объяснения начального состояния БФ₀).

I. Первым принципом формальной эпистемологии ИС является реализация эвристики для knowledge discovery в БФ посредством *синтеза познавательных процедур: индукция + аналогия + абдукция*.

II. Вторым принципом формальной эпистемологии интеллектуальных систем (ИС) является реализация индукции в соответствии с выполнением условия: *сходство фактов в БФ влечет наличие (отсутствие) изучаемого эффекта и его повторяемость (в БФ), а не наоборот*.

Таким образом, ИС для knowledge discovery осуществляет анализ данных: порождение сходств (\pm)-фактов (индукция), предсказание посредством аналогии (на основе порожденных индукцией гипотез о (\pm)-причинах — они образуют фрагмент базы знаний БЗ) и объяснение начального состояния БФ₀ посредством абдукции (для принятия гипотез и пополнения БФ₀, если это необходимо).

III. ДСМ-рассуждения формализуются посредством бесконечнозначных логик со счетным множеством $J_{\bar{v}}$ -операторов [7], где истинностные значения $\bar{v} = \langle v, n \rangle$, $v \in \{1, -1, 0, \tau\}$, $n \in N$ (множеству натуральных чисел), а 1, -1, 0, τ , соответственно,

обозначают типы истинностных значений “фактически истинно”, “фактически ложно”, “фактически противоречиво”, “неопределенно”. В $\bar{v} = \langle v, n \rangle$ обозначает число применений правил правдоподобного вывода и выражает степень правдоподобия истинностного значения. Истинностные значения порождаемых гипотез приписываются посредством правил правдоподобного вывода (индукции и аналогии), итеративно уменьшая (по возможности) множество случаев с оценкой “неопределенно” в БФ в соответствии с рекуррентным соотношением $(\tau, n) = \{\{1, n+1\}, \{-1, n+1\}, \{0, n+1\}\} \cup (\tau, n+1)$.

Таким образом, истинностные значения порождаются *конструктивно* в силу применения правил вывода к n -у состоянию модифицированной базы фактов БФ_n (БФ₀ — начальное состояние, а $\langle v, 0 \rangle$ и $\langle v, n \rangle$ — истинностные значения фактов и гипотез при $n > 0$, соответственно).

Третий принцип формальной эпистемологии для интеллектуальных систем с ДСМ-рассуждениями: логика, формализующая правдоподобные ДСМ-рассуждения, является итеративной с истинностными значениями, порожденными применением правил правдоподобного вывода.

IV. Четвертым принципом формальной эпистемологии является классификация предметных областей (универсумов) — “миров” для ИС:

(1) образованных множеством случайных событий (тогда knowledge discovery осуществляется методами теории вероятностей и статистики);

(2) образованных множеством (\pm)-фактов, представленных в БФ₀ такой, что в ней в неявном виде содержатся позитивные (+) и негативные (-) зависимости причинно-следственного типа (в этом случае аналогия совершает предсказания посредством каузального вынуждения (forcing): наличие (\pm)-причин в объекте вынуждает наличие (отсутствие) изучаемого эффекта);

(3) образованных множеством фактов, содержащих как (\pm)-каузальные зависимости, так и случайные события.

ДСМ-рассуждения и основанный на них ДСМ-метод автоматического порождения гипотез применим к “мирам” типа (2) (однако допускает модификацию, соответствующую “мирам” типа (3)).

V. Пятым принципом формальной эпистемологии для ИС является встроенность условий фальсификации гипотез в правила правдоподобного вывода (как для индукции, так и для аналогии). Формулируются для правил индуктивного вывода предикаты сходства $M_{a,n}^+(V, W)$ и $M_{a,n}^-(V, W)$, соответственно, выражающие условия каузального вынуждения посредством подобъекта V наличия эффекта W или его отсутствия (они определяются, соответственно, на множествах (+) и (-)-фактов). Правило индуктивного вывода гипотезы $J_{(1,n+1)}(V \Rightarrow_2 W)$ (V -(+)-причина множества свойств W , порожденная на шаге $n+1$) содержит посылки $J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 W)$ и $M_{a,n}^+(V, W) \& \neg M_{a,n}^-(V, W)$ (и т. д. для типов истинностных значений -1, 0, τ). Очевидно, что $J_{(\tau,n+1)}(V \Rightarrow_2 W)$ порождается посредством $\neg M_{a,n}^+(V, W) \& \neg M_{a,n}^-(V, W)$. M^+ и M^- взаимно фальсифицируют (или не фальсифицируют) друг друга. $M_{a,n}^+(V, W) \& M_{a,n}^-(V, W)$ порождают фальсификатор для аналогии $J_{(0,n+1)}(V \Rightarrow_2 W)$, где “0” — тип истинностного значения “фактически противоречиво”, что означает, что существуют

как аргументы “за”, так и аргументы “против” наличия эффекта W у соответствующего объекта.

VI. Шестым принципом формальной эпистемологии для ИС с ДСМ-рассуждениями является абдуктивное принятие гипотез по схеме [8]:

D — множество фактов ($B\Phi_0$)

H — множество гипотез

H объясняет $D(E(H, D))$

$\forall h ((h \in H) \supset h \text{ правдоподобна}),$

где гипотезы $h \in H$ порождены правилами правдоподобного вывода — индукцией и аналогией (они итеративно применяются до стабилизации H : $H_n = H_{n+1}$).

VII. Седьмым принципом формальной эпистемологии ИС с ДСМ-рассуждениями является принцип сохранения условий для $D^{(\pm)}$ -множеств фактов, удовлетворяющих некоторым условиям, выражающим существование (\pm) -фактов и (\pm) -причин в $B\Phi_0$:

(1) начальное состояние $B\Phi_0$ есть $D^{(\pm)}$ -множество;

(2) если $B\Phi_0$ — $D^{(\pm)}$ -множество, то ее модификация на n -м шаге посредством итерации “индукция + аналогия” (до стабилизации: новых гипотез не возникает, $H_n = H_{n+1}$) есть $D^{(\pm)}$ -множество. Седьмой принцип выражает условие применимости ДСМ-метода автоматического порождения гипотез (ДСМ-метода АПГ).

В связи с итеративностью применения ДСМ-метода АПГ важна теорема С. А. Обьедкова [9]: на n -м шаге ($n > 2$) могут порождаться существенные гипотезы.

VIII. Восьмым принципом формальной эпистемологии ИС с ДСМ-рассуждениями является приближенная реализация абдукции. Отношение объяснения $B\Phi_0$ посредством гипотез о причинах H_1 (где $H_1 \subset H$) основано на аксиомах каузальной полноты АКП $^{(\pm)}$, характеризующих $D^{(\pm)}$ -множества (детерминационные множества, образующие начальное состояние базы фактов $B\Phi_0$).

(+)-аксиома каузальной полноты (АКП(+)): всякий (+)-факт “объект X обладает множеством свойств Y ” из начального состояния $B\Phi_0$ имеет объяснение посредством множества (+)-гипотез о причинах V_i таких, что существует такой шаг n , что $V_i \subset X$ ($i = 1, \dots, k$) и V_i есть (+)-причины

W_i (т. е. $J_{(1,n)}(V_i \Rightarrow_2 W_i)$ истинно) и $\bigcup_{i=1}^k W_i = Y$.

Аналогично формулируется АКП $^{(-)}$. Если АКП $^{(+)}$ и АКП $^{(-)}$ не выполняются, то применяется практическая абдуктивная сходимост: порождаются $B\Phi_0 \subset B\Phi_1 \subset \dots \subset B\Phi_m$ (т. е. расширения $B\Phi_0$)

такие, что $\frac{|E_i^+|}{|B\Phi_i^+|} = \rho_i^+, \rho^+$ — заданный порог,

$|E_i^+|, |B\Phi_i^+|$ — числа фактов в E_i^+ и $B\Phi_i^+$, соответственно, $E_i^+ \subseteq B\Phi_i^+$, а E_i^+ — множество (+)-фактов, имеющих объяснение согласно $E(H_1, B\Phi_i)$. Тогда если $\rho_0^+ \leq \rho_1^+ \leq \dots \leq \rho_m^+, \rho_m^+ \geq \rho^+$, то порожденные гипотезы $H^+ \subseteq H$ принимаются приближенным образом. Аналогичное имеет место для $B\Phi^-$ и ρ^- .

Абдуктивная сходимость соответствует открытости БФ в человеко-машинной ИС с машинным обучением посредством ДСМ-метода АПГ.

IX. Автоматическое порождение гипотез в ИС (в том числе посредством ДСМ-метода АПГ), реализуемое посредством правдоподобных рассуждений, требует применения синтеза трех теорий истины — теории соответствия (Аристотель — А. Тарский), теории когерентности и прагматической теории истины (причем теория соответствия применима к БФ в ее неклассическом варианте: для недвузначных логик). Теория когерентности применима при оценке и принятии гипотез в соответствии с правилами правдоподобного вывода, АКП $^{(\pm)}$ и $E(H, B\Phi)$. Прагматическая же теория применима в отборе гипотез, оказавшихся практически полезными.

Итак, девятым принципом формальной эпистемологии для ИС является синтез трех теорий истины.

X. Десятым принципом формальной эпистемологии для ИС является представление знаний в виде открытой квазиаксиоматической теории $\exists = \langle \Sigma, \Sigma', \mathfrak{R} \rangle$, где Σ — множество аксиом, лишь частично характеризующих предметную область W , Σ' — множество фактов и гипотез, а \mathfrak{R} — множество правил вывода (дедуктивного и правдоподобного).

XI. Одиннадцатый принцип формальной эпистемологии ИС с ДСМ-рассуждениями состоит в том, что посредством Σ и \mathfrak{R} формулируется дедуктивная имитация правдоподобных рассуждений, гарантирующая корректность применения индукции и аналогии к БФ в ИС [5, 6] (доказательство непротиворечивости системы аксиом, представляющих правила вывода для индукции и аналогии, единственность модели этой системы и обратимость этих правил вывода).

XII. Эволюционная эпистемология решения задач в ИС $P1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P2$ есть не что иное, как известная схема роста знания К. Р. Поппера. Здесь $P1$ — решаемая проблема, TT — пробная теория для ее решения, EE — устранение ошибок и коррекция TT после ее применения, а $P2$ — вновь возникшая проблема после анализа результатов измененной (и более корректной) TT [10].

Принцип эволюционной эпистемологии для ИС с Рассуждателем, реализующим машинное обучение, может быть представлен следующим образом:

$P^{(i)}1 \rightarrow \text{Решатель} (B\Phi \cup \Sigma) \rightarrow EE \rightarrow P^{(i)}2$. Здесь EE — коррекция и расширение $B\Phi \cup \Sigma$ (например, с использованием абдукции — см. Принцип VI) и, быть может, выбор другой стратегии для Рассуждателя, $P^{(i)}2$ — новая возникающая проблема, требующая продолжения процесса Knowledge discovery в БД в рамках суперпроблемы $P1$ (или, быть может, с переходом к другой суперпроблеме).

Следствием Принципа XII является необходимость включения ИС в реальный процесс исследования, управления или принятия решений, а также открытость $B\Phi \cup \Sigma$, что означает, что ИС должна быть человеко-машинной (партнерской) компьютерной системой.

Экспериментальное обоснование принципов I–XII содержится в результатах применения ДСМ-рассуждений в ИС для фармакологии, медицинской диагностики, социологии и лингвистики.