УДК 519.7

МЕТОД СРАВНЕНИЯ

М.Ф. Бондаренко[1], С.Ю. Шабанов-Кушнаренко[2], Ю.П. Шабанов-Кушнаренко[3]

[1, 2, 3] ХНУРЭ, г. Харьков, Украина

Рассмотрены проблемы построения эффективного математического аппарата для формализации и моделирования систем искусственного интеллекта. В качестве такого аппарата предложен абстрактный эквивалент алгебры конечных предикатов - алгебра идей. На основе алгебра идей получены некоторые результаты в области формального описания закономерностей интеллектуальной деятельности человека.

КОМПАРАТОРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, МЕТОД СРАВНЕНИЯ, АЛГЕБРА КОНЕЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ, ПРЕДИКАТ РАВЕНСТВА, ТЕОРИЯ ИНТЕЛЛЕКТА, АКСИОМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

Введение

В [2] было введено понятие модифицированной модели, к которому нас привела задача формального описания интеллектуальной деятельности человека. Теперь мы попытаемся содержательно проинтерпретировать понятие модифицированной модели. Под буквами множества A будем понимать идеи [1], которые могут быть предъявлены исследователем испытуемому в процессе изучения закономерностей его интеллектуальной деятельности. Будем предполагать, что число k идей, содержащихся в множестве A, достаточно велико, а их состав достаточно разнообразен, то есть исследователь всегда найдет в множестве A любые идеи, нужные ему для работы с испытуемым.

1. Конгруэнтные модели

Под *переменными*, содержащимися в множестве B, будем понимать *места идей* в том наборе идей, который предъявляет исследователь испытуемому в своих опытах. Полагаем, что переменная x_i обозначает i-е по счету место идеи в наборе. Желая сказать, что на i-ом месте в наборе стоит идея a, будем писать $x_i = a$. О символе x_i будем говорить, что он обозначает переменную идею, стоящую на i-ом месте в наборе. Если записано, что $x_i = a$, то будем говорить, что переменная x_i, принимает значение a. Число n всех мест в наборе ($x_1, x_2,..., x_n$) считаем достаточно большим. Это означает, что исследователь, проводя эксперименты, никогда не будет испытывать недостатка в числе мест для размещения на них идей, предъявляемых испытуемому. Необходимость введения мест для идей обусловлена тем, что идеи, предъявляемые испытуемому, часто оказываются неравноправными. Предположим, например, что испытуемый должен установить, находятся ли две предъявленные ему идеи в отношении следования. Чтобы испытуемый имел возможность решить эту задачу, недостаточно предъявить ему две идеи. Нужно еще указать место каждой из них, объяснив ему, какую идею следует считать первой (то есть посылкой), а какую – второй (заключением).

Элементы множества A^n интерпретируем как различные n-компонентные наборы идей. Если требуется выразить конкретный набор идей, для которого $x_1 = b_1$, $x_2 = b_2$,.., $x_n = b_n$, то будем писать $(b_1, b_2,..., b_n)$. Такую запись будем называть *постоянным набором идей*. Произвольный набор идей будем записывать в виде ($x_1, x_2,..., x_n$), называя его *переменным набором идей*. Он представляет собой все множество наборов A^n. В ряде случаев набор ($x_1, x_2,..., x_n$) будем обозначать кратко буквой ξ, полагая $\xi =(x_1, x_2,..., x_n)$. Запись набора, у которого на части мест стоят буквы, а на другой части мест – переменные (при этом символ x_i, если он присутствует в записи, обязательно должен стоять на i-ом месте набора), будем называть *смешанным набором идей*. Такая запись представляет собою множество всех тех наборов идей, у которых на местах, не занятых переменными, стоят заданные буквы.

Производя опыты над испытуемым, исследователь размещает интересующие его идеи не на всех n местах набора, а только на тех из них, которые находятся в его левой части. Например в случае, когда требуется установить наличие или отсутствие дизъюнктивной связи $b_1 \vee b_2 = b_3$ между идеями b_1, b_2 и b_3, исследователь предъявит испытуемому набор ($b_1, b_2, b_3, x_4,..., x_n$), в котором заданные идеи b_1, b_2, b_3 располагаются на трех первых его местах. Для краткости вместо записи всего набора будем указывать только левую его часть (b_1, b_2, b_3), заполненную буквами. Если имеются ввиду произвольные идеи x_1, x_2, x_3, для которых испытуемый устанавливает наличие или отсутствие дизъюнктивной связи $x_1 \vee x_2 = x_3$, то будем выписывать начальный отрезок (x_1, x_2, x_3) набора переменных ($x_1, x_2, ..., x_n$), состоящий из переменных, участвующих в задаче. Такие укороченные наборы идей будем называть *сокращенными*. Переменные, стоящие на местах, не представленных в сокращенном наборе, при данном задании должны быть несущественными, их значения не должны влиять на исход эксперимента.

Переходим к интерпретации предиката P, фигурирующего в модели $\langle M, P\rangle$. Под *предикатом* *модели* $t = P(x_1, x_2, ..., x_n)$ будем понимать то *задание*, выполнения которого добивается исследователь от испытуемого в данной серии опытов над ним. Предполагается, что все опыты одной серии выполняются испытуемым при одном и том же задании. В процессе проведения каждого опыта в данной серии исследователь предъявляет испытуемому некоторый набор идей ($b_1, b_2, ..., b_n$), состоящий из r идей ($r < n$), и предлагает ему установить, находятся ли они в отношении, указанном в задании. Например задание может состоять в том, чтобы установить, находятся ли идеи b_1 и b_2, указанные в наборе (b_1, b_2), в отношении равенства $b_1 = b_2$. Значение двоичной переменной t интерпретируем как реакцию испытуемого, формируемую им при выполнении задания P в ответ на предъявление набора идей ($x_1, x_2, ..., x_n$). Если первые r компонентов $x_1 = b_1, x_2 = b_2, ..., x_n = b_n$ набора идей ($x_1, x_2, ..., x_n$) находятся в заданном отношении, то испытуемый формирует ответ $t = 1$, в противном случае – ответ $t = 0$.

Наконец, остановимся на интерпретации носителя модели M, фигурирующего в модели $\langle M, P \rangle$, Он характеризует собою ту совокупность наборов идей, которую исследователь выбрал для предъявления испытуемому в серии опытов с заданием P. Предположим, что исследователь выбрал для опытов следующее множество T r-компонентных наборов: $T = \{(b_{1i}, b_{2i}, ..., b_{ri})\}_{i=1}^{s}$, где $r < n$, а s – общее число наборов в совокупности T. Множество M формируем следующим образом. На первом шаге включаем в множество M все те наборы ($x_1, x_2, ..., x_n$), у которых $x_1 = b_{11}, x_2 = b_{21}, ..., x_r = b_{r1}$. На втором шаге пополняем множество М всеми теми наборами ($x_1, x_2, ..., x_n$), у которых $x_1 = b_{12}, x_2 = b_{22}, ..., x_r = b_{r2}$, и так далее. На последнем s-ом шаге пополняем множество M всеми теми наборами ($x_1, x_2, ..., x_n$), у которых $x_1 = b_{1s}, x_2 = b_{2s}, ..., x_r = b_{rs}$. В результате получаем все элементы множества M.

Ознакомившись с только что приведенной содержательной интерпретацией модели, читатель легко заметит, что между моделью и описываемым ею фактическим поведением испытуемого имеет место некоторая несогласованность. Предикат P ($x_1, x_2, ..., x_n$), фигурирующий в модели $\langle M, P \rangle$, задан на всем множестве A^n, то есть он всюду определен. Каждому набору идей $\xi = (x_1, x_2, ..., x_n)$ он ставит в соответствие вполне определенное двоичное значение 0 или 1. Двоичный же ответ испытуемого экспериментально определяется исследователем лишь для части наборов идей, а именно – только для тех из них, которые содержатся во множестве *M*. Таким образом, предикат, реализуемый испытуемым, – частичный. Значения предиката модели совпадают с ответами испытуемого лишь для наборов, принадлежащих множеству *M*, для остальных наборов идей они оказываются вымышленными. Предикат модели можно получить из предиката, реализуемого испытуемым, только путем его произвольного, экспериментально не обоснованного доопределения. Таким образом, предикат модели за пределами множества M искажает результаты опытов: он приписывает вполне определенные реакции испытуемому даже там, где они вовсе не наблюдались исследователем.

Доопределение предиката P модели $\langle M, P \rangle$ возможно, очевидно, многими разными способами. Это приводит к тому, что результаты одной и той же серии опытов над испытуемым могут быть формально представлены различными моделями. Все такие модели равноправны в том смысле, что они содержат одну и ту же информацию о поведении испытуемого. Любые модели, задающие одно и то же поведение испытуемого, будем называть конгруэнтными друг другу. Дадим формальное определение *отношения конгруэнции моделей*. Две модели $\mathsf{M}_1 = \langle M_1, P_1 \rangle$ и $\mathsf{M}_2 = \langle M_2, P_2 \rangle$ называем *конгруэнтными* $\mathsf{M}_1 \approx \mathsf{M}_2$, если: 1) их носители равны $M_1 = M_2 = M$; 2) значения предикатов этих моделей для всех наборов идей $\xi \in M$ совпадают $P_1(\xi) = P_2(\xi)$.

На формально-логическом языке только что сформулированные условия запишутся в виде следующих уравнений:

$$\forall\xi(M_1^*(\xi) \sim M_2^*(\xi)) = 1, \tag{1}$$

$$\forall\xi(M^*(\xi) \supset P_1(\xi) \sim P_2(\xi)) = 1. \tag{2}$$

Предикаты $M^*(\xi)$, $M_1^*(\xi)$, $M_2^*(\xi)$, фигурирующие в уравнениях, соответствуют множествам M, M_1, и M_2. Закон соответствия задается соотношением (8) [2]. Знак $\forall\xi$ обозначает квантор общности по набору [3, с. 95].

Введем *множество всех моделей* L. Роль носителя *M* в модели $\langle M, P \rangle \in \mathsf{L}$ может играть любое подмножество пространства A^n, в роли предиката P в ней может выступать любой предикат, заданный на A^n. Из условий (1) и (2) непосредственно следует *рефлексивность конгруэнции моделей*: $\mathsf{M} \approx \mathsf{M}$ для всех $\mathsf{M} \in \mathsf{L}$. Очевидна также *симметричность конгруэнции моделей*: для любых $\mathsf{M}_1, \mathsf{M}_2 \in \mathsf{L}$ из $\mathsf{M}_1 \approx \mathsf{M}_2$ следует $\mathsf{M}_2 \approx \mathsf{M}_1$. Докажем *транзитивность конгруэнции моделей*: для любых $\mathsf{M}_1, \mathsf{M}_2, \mathsf{M}_3 \in \mathsf{L}$ из $\mathsf{M}_1 \approx \mathsf{M}_2$ и $\mathsf{M}_2 \approx \mathsf{M}_3$ следует $\mathsf{M}_1 \approx \mathsf{M}_3$. Пусть $\langle M_1, P_1 \rangle \approx \langle M_2, P_2 \rangle$ и $\langle M_2, P_2 \rangle \approx \langle M_3, P_3 \rangle$. Тогда согласно (1) $M_1 = M_2$ и $M_2 = M_3$, следовательно, $M_1 \approx M_3$. Итак

$$\forall\xi(M_1^*(\xi) \sim M_3^*(\xi)) = 1. \tag{a}$$

Обозначим $M_1 = M_2 = M_3 = M$. По условию (2) для любого $\xi \in \mathsf{A}^n$ имеем $M^*(\xi) \supset (P_1(\xi) \sim P_2(\xi)) = 1$ и $M^*(\xi) \supset (P_2(\xi) \sim P_3(\xi)) = 1$. Из последних двух равенств выводим

$$\forall\xi(M^*(\xi) \supset (P_1(\xi) \sim P_3(\xi))) = 1. \tag{б}$$

Из (а) и (б) следует $\mathsf{M}_1 \approx \mathsf{M}_3$.

Мы показали, что отношение конгруэнции моделей есть эквивалентность. Оно разбивает множество всех моделей L на смежные классы [5, с. 23]. Все модели, содержащиеся в одном смежном классе, задают одно и то же поведение испытуемого. Именно смежный класс, а не содержащиеся в нем модели, адекватно характеризует частичный предикат, реализуемый испытуемым в серии экспериментов. Выбирая каким-нибудь способом по одной модели из каждого класса, можно использовать такие модели (назовем их *стандартными*) в качестве адекватной математической характеристики поведения испытуемого. Одинаковым стандартным моделям соответствуют одинаковые частичные предикаты, реализуемые испытуемым в серии опытов, разным – различные.

Имеется и другая несогласованность между моделью и описываемым ею фактическим поведением испытуемого. В любой модели, независимо от того, к какой серии экспериментов она относится, всегда фигурируют n переменных. Реальное же число идей r в наборах, которые исследователь предъявляет испытуемому, совсем другое, оно всегда меньше n и может изменяться при переходе от одной серии опытов к другой. Реакция испытуемого всегда однозначно определяется этими r идеями. Так, например в опытах с установлением равенства и неравенства идей фактически используются только две переменные, а в опытах по изучению дизъюнктивной связи между идеями реально участвуют три переменные. Переменные, которые не используются в данной серии опытов, естественно рассматривать как несущественные для модели, соответствующей этим опытам. Несущественные переменные модели содержательно можно интерпретировать как факторы, которые не влияют на реакцию испытуемого в соответствующей серии экспериментов.

Дадим формальное определение понятия несущественной переменной модели. Переменную x_i называем *несущественной* относительно модели $\langle M, P\rangle$, если для всех наборов $(x_1, x_2, ..., x_n) \in M$ при произвольной фиксации переменных $x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_{i+1}, ..., x_n$ значения предиката P не зависят от значений переменной x_i. Математически это условие можно записать в виде следующего логического уравнения:

$$\begin{gathered}\forall x_1 \forall x_2 ... \forall x_{i-1} \forall x_i' \forall x_i'' \forall x_{i+1} ... \forall x_n \\ (M^*(x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_i', x_{i+1}, ..., x_n) \wedge \\ \wedge M^*(x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_i'', x_{i+1}, ..., x_n) \supset \\ \supset (P(x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_i', x_{i+1}, ..., x_n) \sim \\ \sim P(x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_i', x_{i+1}, ..., x_n))) = 1.\end{gathered} \tag{3}$$

Переменную x_1 будем называть *существенной* относительно модели $\langle M, P\rangle$, если последняя не удовлетворяет условию (3). Вводя обозначения $(x_1, x_2, ..., x_{i-1}, x_i', x_{i+1}, ..., x_n) = \xi'$, можем переписать условие (3) в более компактной форме:

$$\begin{gathered}\forall \xi' \forall \xi'' (M^*(\xi') \wedge M^*(\xi'') \supset \\ \supset (P(\xi') \sim P(\xi''))) = 1.\end{gathered} \tag{4}$$

Рассмотрим *операцию нормализации модели*, заданную на множестве всех моделей L и принимающую значения в том же множестве. По определению операция нормализации ставит в соответствие модели $\langle M, P\rangle$ модель $\langle M, M^* \wedge P\rangle$. Модель $\mathsf{N} = \mathsf{F}(\mathsf{M})$, получаемая в результате выполнения операции нормализации F над моделью M, назовем *нормальным образом модели* M. Справедливо следующее утверждение: две модели $\mathsf{M}_1 = \langle M, P_1\rangle$ и $\mathsf{M}_2 = \langle M, P_2\rangle$ конгруэнтны в том и только в том случае, если их нормальные образы совпадают, то есть если $\mathsf{F}(\mathsf{M}_1) = \mathsf{F}(\mathsf{M}_2)$. Действительно, при любом $\xi \in A^n$

$$\begin{gathered}M^*(\xi)P_1(\xi) \sim M^*(\xi)P_2(\xi) = \overline{M^*(\xi)P_1(\xi)} \cdot \overline{M^*(\xi)P_2(\xi)} \vee \\ \vee M^*(\xi)P_1(\xi) \cdot M^*(\xi)P_2(\xi) = \left(\overline{M^*(\xi)} \vee \overline{P_1(\xi)}\right)\left(\overline{M^*(\xi)} \vee \right. \\ \left. \vee\ \overline{P_2(\xi)}\right) \vee M^*(\xi)P_1(\xi)P_2(\xi) = \overline{M^*(\xi)} \vee \overline{P_1(\xi)}\,\overline{P_2(\xi)} \vee \\ \vee M^*(\xi)P_1(\xi)P_2(\xi) = \overline{M^*(\xi)} \vee \overline{P_1(\xi)}\,\overline{P_2(\xi)} \vee P_1(\xi)P_2(\xi) = \\ = \overline{M^*(\xi)} \supset P_1(\xi) \sim P_2(\xi)).\end{gathered}$$

Полученное равенство означает, что условие $M^* P_1 = M^* P_2$ равносильно условию (2).

При переходе от исходной модели $\langle M, P\rangle$ к ее нормальному образу $\langle M, P'\rangle$ носитель модели сохраняется, а предикат P заменяется предикатом

$$P' = M^* P. \tag{5}$$

Предикат P' внутри области M сохраняет значения предиката P, за пределами области M он принимает только нулевые значения. Можно было бы, переходя к нормальному образу модели, приписать предикату P' за пределами области M единичные значения. В этом случае мы бы фактически воспользовались другим, двойственным первому, определением нормального образа модели, при котором принимается $P' = M^* \vee P$. Эту возможность мы здесь оставим нереализованной. Нормальный образ N модели M можно использовать в роли *стандартной модели*, характеризующей весь класс конгруэнтных моделей, к которому модель M принадлежит. В дальнейшем мы, как правило, будем иметь дело не с самими классами конгруэнтных моделей, а с их представителями – стандартными моделями, содержащимися в этих классах, пользуясь тем, что в каждом классе конгруэнтных моделей содержится ровно по одной стандартной модели.

Научившись переходить к нормальным образам любых моделей, мы тем самым получаем практическую процедуру, с помощью которой решается вопрос о конгруэнтности любых моделей. Если две модели имеют одинаковые нормальные образы, то они конгруэнтны, если же нормальные образы различны, то исходные модели неконгруэнтны. Важно уметь решать и обратную задачу: по данной стандартной модели найти весь класс конгруэнтных ей моделей. Эта задача сводится к отысканию общего решения уравнения (5) относительно предикатной переменной P. Оно выражается в следующем виде:

$$P = P' \vee \overline{M^*}C, \tag{6}$$

где C – произвольный предикат, заданный на A^n. Согласно (6) для всех $\xi \in M$ значения предиката $P(\xi)$ совпадают со значениями предиката $P'(\xi)$. За пределами же области M значения предиката P могут выбираться произвольно.

Справедливость равенства (6) обосновывает

Теорема 1. *Пусть a и b – булевы константы, удовлетворящие условию*

$$ab = b. \tag{а}$$

Тогда уравнение

$$ax = b \tag{б}$$

имеет относительно булевой переменной E следующее общее решение:

$$x = b \vee \bar{a}c. \tag{в}$$

Символом c обозначена произвольная булева константа. При невыполнении условия (а) уравнение (б) решений не имеет.

Доказательство. Подставляя (в) в (б), с учетом (а) получаем тождество, поскольку

$$ax = a(b \vee \bar{a}c) = ab = b.$$

Таким образом, при любом c выражение (в) задает решение уравнения (б). Предположим, что x есть решение уравнения (б). Тогда при $c = \bar{a}x$ равенство (в) превращается в тождество, поскольку $b \vee \bar{a}c = b \vee \bar{a}\bar{a}x = ax \vee \bar{a}x = x.$ Таким образом, любое решение уравнения (б) выражается формулой (в) при подходящем выборе значений константы c. Предположим, что условие (а) не выполняется, то есть что $ab \neq b.$ Тогда значение переменной x, определяемое формулой (в), ни при каком значении параметра c не будет решением уравнения (б). Действительно, полагая $x = b \vee \bar{a}c$, имеем $ax = a(b \vee \bar{a}c) = ab \neq b.$ Теорема доказана.

С помощью теоремы 1 выполним обоснование равенства (6). Произвольно фиксируем набор $\xi \in A^n$ и принимаем в роли a булеву константу $M^*(\xi)$, а в роли b – булеву константу $P'(\xi)$. Для всех $\xi \notin M$ предикат $P'(\xi)$ обращается в нуль, поэтому $M^*(\xi)\ P'(\xi) = = P'(\xi)$, так что условие (а) выполняется. В роли x принимаем значение предиката $P(\xi)$. Равенство (5) при фиксированном ξ запишется в виде $P'(\xi) = M^*(\xi)\ P(\xi)$, поэтому условие (б) тоже выполняется. Согласно теореме 1 имеет место равенство (в), которое при принятой интерпретации булевых констант a, b и x означает, что $P(\xi) = P'(\xi) \vee \overline{M^*}(\xi) \wedge C(\xi)$, где $C(\xi) = c$. Поскольку ξ было фиксировано произвольно, мы приходим к равенству (6).

Рассмотрим пример. Возьмем модель $\langle M, D\rangle$, введенную формулами (б) и (г). Находим предикат D' ее нормального образа $\langle M, D\rangle$ по формуле (5):

$$D'(x_1, x_2) = M^*(x_1, x_2) \wedge D(x_1, x_2) = (x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_1}x_2^{a_2}$$
$$\vee x_1^{a_1}x_2^{a_3} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_3})$$
$$(x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_1}x_2^{a_1})(x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_3})$$
$$= x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_3}.$$

Мы видим, что предикат D' совпадает с предикатом D. Это означает, что в качестве исходной модели $\langle M, D\rangle$ была использована стандартная модель.

Возьмем в роли C предикат $C(x_1, x_2) = x_1^{a_1}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_3}$ и отыщем предикат $D_1(x_1, x_2)$ по формуле (6):

$$D_1(x_1, x_2) = D_1'(x_1, x_2) \vee \overline{M^*(x_1, x_2)}\ C(x_1, x_2) =$$
$$= x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_3} \vee \neg\,(x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_1}x_2^{a_2} \vee$$
$$\vee x_1^{a_1}x_2^{a_3} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_3}x_2^{a_3}) \wedge$$
$$\wedge (x_1^{a_1}x_2^{a_2} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_3}) = x_1^{a_1}x_2^{a_1} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_2} \vee$$
$$\vee x_1^{a_3}x_2^{a_3} \vee x_1^{a_2}x_2^{a_3}.$$

Знак $\neg$ обозначает операцию отрицания. В процессе преобразований использовались законы поглощения отрицания [3, с. 33]. Полученный предикат D_1 не совпадает с предикатом D, следовательно, модель $\langle M, D_1\rangle$ не является стандартной. Вместе с тем модель $\langle M, D_1\rangle$ конгруэнтна модели $\langle M, D\rangle$. Нормализуя модель $\langle M, D_1\rangle$ по формуле (5), снова возвращаемся к стандартной модели $\langle M, D\rangle$.

2. Метод сравнения

Выполненная в [2] содержательная интерпретация понятия модели позволяет сформулировать общий метод математического описания интеллектуальной деятельности человека, который мы назовем *методом сравнения*. По этому методу изучается индивидуальный интеллект конкретного человека, называемого *испытуемым*. *Исследователь*, проводящий это изучение, настраивает испытуемого на выполнение определенного задания, которое он описывает в виде отношения P, связывающего r идей $x_1, x_2, \ldots, x_r$. Например, может быть задано отношение равенства $x_1 = x_2$ идей x_1 и x_2, отношение их следования $x_1 \Rightarrow x_2$, отношение конъюнкции $x_1 \wedge x_2 = x_3$ идей x_1, x_2, x_3 и т.п. Для равенства и следования идей имеем r =2, для конъюнкции идей r =3.

Исследователь выполняет на испытуемом серию опытов при одном и том же задании. В каждом опыте он предъявляет испытуемому набор идей ($x_1,\ x_2,...,\ x_r$), взятый из какого-нибудь заранее выбранного и четко очерченного множества M . Число r во всей серии опытов фиксировано, поэтому все наборы в множестве M имеют одно и то же число компонентов. Выполняя предложенное исследователем задание, испытуемый должен отреагировать на каждый набор ($x_1,\ x_2,...,\ x_r$) $\in M$ положительным ответом 1, если идеи $x_1,\ x_2,...,\ x_r$ находятся в отношении P, и отрицательным ответом 0, если отношение P для этих идей не выполняется. В серии опытов исследователь предъявляет испытуемому по очереди все наборы идей, принадлежащих множеству M . На каждый набор идей испытуемый должен однозначно отреагировать ответом 0 или 1.

Например серия опытов может состоять из ряда предъявлений всевозможных пар цветов, в каждой из которых испытуемый устанавливает наличие или отсутствие цветового равенства. При равенстве цветов испытуемый реагирует сигналом 1, при неравенстве – сигналом 0. В процессе выполнения серии опытов испытуемый реализует некоторый предикат P^* ($x_1,\ x_2,...,\ x_r$), заданный на множестве M , который связан с отношением P следующей зависимостью:

$$P^*(x_1,\ x_2,...,\ x_r) = \begin{cases} 1, & (x_1,x_2,...,x_r) \in P, \\ 0, & (x_1,x_2,...,x_r) \notin P. \end{cases} \quad (7)$$

Далее исследователь строит модель $\langle M, P' \rangle$, которая математически описывает результаты данной серии опытов. Символом M обозначен носитель модели. Он представляет собой некоторое множество n -компонентных наборов идей, каждая из которых принадлежит множеству A . Характеристика множества A дана в [2]. Формируется носитель модели следующим образом. Если набор ($b_1,\ b_2,...,\ b_r$), составленный из первых r идей $x_1 = b_1,\ x_2 = b_2,...,\ x_r = b_r$ набора ($x_1,\ x_2,...,\ x_r,...,x_n$), принадлежит множеству M , то считаем, что набор ($b_1,\ b_2,...,\ b_r\ ,\ x_{r+1}, x_n$) при любых значениях переменных $x_{r+1},...,x_n$ принадлежит множеству M . В противном случае последний набор в состав множества M не включаем. Таким образом, множество M образуется по следующему правилу: для всех ($x_1,\ x_2,...,\ x_r,...,x_n$) $\in A$

$$(x_1,\ x_2,...,\ x_r,...,x_n) \in M \Leftrightarrow (x_1,\ x_2,...,\ x_r). \quad (8)$$

Знак $\Leftrightarrow$ обозначает логическую равносильность высказываний.

Предикат модели $P'(x_1,\ x_2,...,x_n)$ считаем функцией n переменных $x_1,\ x_2,...,x_n$, каждая из которых задана на множестве A . Значения этого предиката находим по следующему правилу:

$$P'(x_1, x_2,..., x_r,..., x_n) = \\ = \begin{cases} P^*(x_1,x_2,...,x_r), & \text{если } (x_1,x_2,...,x_n) \in M, \\ 0, & \text{если } (x_1,x_2,...,x_r) \notin M. \end{cases} \quad (9)$$

Определение (9) предиката P' выбрано с таким расчетом, чтобы модель $\langle M, P' \rangle$ была стандартной. Если же требуется получить какую-нибудь иную модель $\langle M, P \rangle$ из числа моделей, конгруэнтных модели $\langle M, P' \rangle$, то это можно сделать, переходя от предиката P' к предикату P по формуле (6), предварительно выбрав подходящий предикат C .

Будет ли модель $\langle M, P' \rangle$ однозначно задавать результаты серии опытов, которые она призвана математически описывать? Да, будет. Это доказывается возможностью обратного перехода от модели к множеству M и отношению P , однозначно характеризующим экспериментальные данные. Такой переход можно произвести следующим образом. Пользуясь условием (3), разделяем переменные на существенные и несущественные. Поскольку номера всех существенных переменных меньше номеров несущественных переменных, то достаточно найти такое число r , при котором переменная x_r будет существенной, а переменная x_{r+1} – несущественной. Далее, пользуясь условием (8), устанавливаем, какие из наборов ($x_1,\ x_2,...,\ x_r$) принадлежат множеству M , а какие – нет. В результате мы находим множество M всех r -компонентных наборов, которые были предъявлены испытуемому в серии опытов.

Значение предиката P^* , характеризующего поведение испытуемого в серии опытов, находим при помощи равенства

$$P^*(x_1,\ x_2,...,x_r) = P'(x_1,\ x_2,...,x_r,...,x_n), \quad (10)$$

вытекающего из соотношения (9). При определении значений предиката P^* значение переменных x_{r+1}, x_n можно брать произвольными. Наконец, с помощью зависимости (7) переходим от предиката P^* к отношению P , которое характеризует задание испытуемому, реализованное в данной серии опытов. В случае, когда серия опытов представлена не стандартной, а произвольной моделью $\langle M, P \rangle$, сначала переходим по формуле (5) от предиката P к предикату P' , пользуясь предикатом M^* , отыскиваем по множеству M с помощью зависимости (7) [2], а затем по стандартной модели $\langle M, P' \rangle$ только что описанным способом находим множество M и отношение P .

Выше мы изложили метод сравнения и квалифицировали его как общий метод формального описания интеллекта человека. Но обладает ли метод сравнения эффективностью, общностью и универсальностью на самом деле? Можно ли с его помощью исчерпывающе описать весь механизм человеческого интеллекта во всех деталях и с математической точностью? Мы даем на эти вопросы утвердительный ответ, провозглашая тем самым *тезис об универсальности метода сравнения*. Принятие этого тезиса – очень ответственный шаг, он требует тщательного обсуждения. Чтобы утвердить метод сравнения в правах универсального инструмента познания интеллекта, необходимо нейтрализовать массу естественно возникающих сомнений, вопросов и возражений. Главное же – надо на деле продемонстрировать эффективность и универсальность метода сравнения при дальнейшей разработке теории интеллекта.

3. Контроль исследователем идей испытуемого

Согласно методу сравнения исследователь должен при проведении опытов на испытуемом предъявлять ему идеи. В связи с этим возникает возражение, состоящее в том, что идеи предъявить испытуемому нельзя, поскольку они идеальны. Исследователь может воздействовать на испытуемого только физическими предметами. Если мы хотим, чтобы исследование интеллекта человека удовлетворяло стандартам строгости, принятым в физике, то следует считать, что испытуемому предъявляются не идеи, а физические предметы. Только после того, как они окажут воздействие на органы чувств испытуемого, в его сознании смогут возникнуть соответствующие им идеи, являющиеся субъективными образами воспринимаемых предметов.

Изложенное соображение справедливо, однако содержащаяся в нем критика бьет мимо цели. Верно, что без предъявления испытуемому физических предметов исследователь не сможет возбудить в его сознании ни одной мысли. Однако предметы эти в натуральном виде испытуемому не являются, как "вещи в себе" они остаются для него недосягаемыми, ему и не обязательно иметь к ним прямой доступ. Испытуемый имеет дело лишь с образами предметов, то есть с идеями, порожденными соответствующими физическими стимулами. Например, чтобы возбудить в сознании испытуемого некоторое цветовое ощущение, исследователь, конечно, должен воздействовать на его орган зрения соответствующим световым излучением. Однако испытуемому нет до световых излучений никакого дела, поскольку в опыте он оперирует только с цветами, сравнивает и обрабатывает только их.

Двоичная реакция испытуемого определяется в конечном счете исключительно теми идеями, которые испытуемый непосредственно воспринимает и сравнивает. Физические стимулы, породившие эти идеи, остаются всецело в ведении исследователя, к испытуемому они отношения не имеют. Именно в этом смысле при описании метода сравнения нами утверждается, что испытуемому предъявляются для сравнения сами идеи, а не их физические прототипы. Говоря так, мы вовсе не имеем в виду, что в опытах по методу сравнения можно обойтись без физических стимулов, что они не нужны. Просто физические предметы в данной ситуации выполняют лишь вспомогательную (хотя и необходимую) роль источника идей, поэтому они при описании метода сравнения и не упоминаются.

Но если испытуемый не имеет прямого доступа к физическим предметам, то как же тогда можно изучать методом сравнения процессы восприятия предметов, то есть преобразование предметов в их субъективные образы? Ведь для того, чтобы выявить и описать связь предмета с его образом, необходимо их друг с другом сравнивать, а это, как мы видим, невозможно. Процесс же восприятия предметов – неотъемлемая часть интеллектуальной деятельности человека. Таким образом, выходит, что метод сравнения нельзя признать универсальным, поскольку важная способность интеллекта – восприятие внешних предметов – остается за пределами сферы его применимости.

Отвечая на это возражение, следует согласиться с тем, что испытуемый действительно не имеет непосредственного доступа к физическим предметам, предъявляемым ему для восприятия, и судит о них только по субъективным образам. Как следствие этого сравнивать предмет с его образом он не может. Но это и не требуется. Добраться до физических предметов и дать им математическое описание – это задача, которую должен решать не испытуемый, а исследователь. Именно исследователь регистрирует предъявленный испытуемому набор предметов ξ и его двоичную реакцию t на этот набор. Исследователь экспериментально изучает отношение $L(\xi,t)$ между входным ξ и выходным t сигналами испытуемого и математически его описывает.

Как это практически делается, описано в работе [4, с. 109] на примере задачи о цвете. В роли набора предметов ξ в задаче о цвете выступает пара световых излучений (x_1, x_2), предъявляемых испытуемому. Испытуемый формирует свой двоичный ответ на эту пару, сравнивая цвета u_1 и u_2 излучений x_1 и x_2. Таким образом, испытуемый в своих действиях не выходит за рамки метода сравнения. Производя логико-математическую обработку отношения L, исследователь извлекает из него математическую характеристику цвета u и вид функции $u = F(x)$, связывающей цвет u с соответствующим ему световым излучением x. Как видим, при такой методике исследования сравнивать физический предмет (в нашем примере – световое излучение) с его субъективным образом (цветом) вообще нет надобности.

Остается еще одно обстоятельство, которое может вызвать неудовлетворенность читателя. Если испытуемый не имеет прямого доступа к физическим предметам, то будет ли иметь его исследователь? Изучение физических предметов было переложено с испытуемого на исследователя, но исследователь – такой же человек, как и испытуемый, следовательно, и он подвержен тому же ограничению. Не имея прямого доступа к физическим предметам, исследователь не сможет связывать отношением $L(\xi,t)$ набор предметов ξ с реакцией испытуемого t на этот набор.

В этом возражении посылка верна, но из нее делается ошибочное заключение. Исследователь, как и испытуемый, действительно не имеет прямого доступа к физическим предметам. Он судит о предметах только по их образам, возникающим в его сознании. Но различие между исследователем и испытуемым все же есть. Испытуемый воспринимает предметы только собственными органами чувств, то есть только теми естественными приборами, которыми снабдила его природа. Исследователь же при изучении предметов пользуется всеми доступными ему источниками информации, в том числе всевозможными физическими приборами, созданными наукой и техникой. Поэтому он получает образ предмета более детализированный, чем испытуемый, проникает в структуру предмета глубже, чем это может сделать испытуемый. Хотя полной информации о предмете исследователь тоже не получает, но, используя весь арсенал физических средств, он имеет возможность углубиться в предмет настолько, насколько сочтет нужным, и в той мере, в какой это позволяет современное развитие науки. И этого оказывается достаточно для успешного изучения и формального описания связи между предметом, предъявляемым испытуемому, и образом предмета, возникающим в его сознании.

Поясним сказанное на примере задачи о цвете. Исследователь характеризует световое излучение его спектром. Спектр – это действительно не физический предмет, а всего лишь математическая абстракция, то есть идея. Верно и то, что спектр характеризует собой только часть качеств излучения. Так, спектр ничего не сообщает исследователю о форме электромагнитной волны излучения, о поляризационных и квантовых свойствах света. Вместе с тем, спектр содержит больше информации о световом излучении, чем цвет. В самом деле, когда спектры двух излучений совпадают, то совпадают и их цвета. В данном примере речь идет об излучениях естественного происхождения (солнечный свет, свет светильников и тому подобное), которые все некогерентны. Когерентные излучения, искусственно формируемые лазерами, могут давать видимые глазом биения цвета, аналогичные биениям звука при восприятии ухом. Вследствие этого существуют такие когерентные излучения одинакового спектра, которые порождают разные цвета.). Обратное, вообще говоря, неверно: известно, что существуют такие световые излучения различного спектра, цвета которых воспринимаются испытуемым как совершенно идентичные.

То же самое можно сказать о физической реакции испытуемого на предъявляемый ему предмет: исследователь судит о ней лишь по ее идеальному образу. Исследователь не нуждается в полной характеристике этой реакции. Например его не интересуют подробности комплекса движений, которые совершает испытуемый в процессе кивка головой. Исследователь должен лишь установить, что стоит за этим движением – положительный или отрицательный ответ испытуемого. Следовательно, весь сложный комплекс ответных физических действий испытуемого воспринимается исследователем всего лишь как одна из двух идей – 0 или 1.

Итак, получается, что исследователь связывает отношением L не сам материальный предмет, предъявляемый испытуемому, и не саму его ответную реакцию на этот предмет, но лишь идеальные образы этих двух физических явлений. Мы видим, что исследователь так же как и испытуемый, не выходит в своих действиях за рамки, очерченные методом сравнения. В роли задания для него выступает теория, описывающая предполагаемую зависимость между предметом, предъявленным испытуемому, и его ответной реакцией на этот предмет. А теория – это некоторое отношение. В процессе экспериментальной проверки теории исследователь сравнивает свой образ ξ предмета, воспринимаемого испытуемым, с образом t реакции испытуемого на этот предмет. Если эти два сигнала находятся в отношении $L(\xi,t)$, предписываемом теорией L, то исследователь формирует положительный ответ, если нет – отрицательный.

Но если исследователь не имеет непосредственного доступа к физическим предметам, то как же тогда ему удается формировать и предъявлять испытуемому нужные предметы? И можно ли всерьез говорить об эффективности метода сравнения как средства познания интеллекта, если физические стимулы исследователь предъявляет наобум, вслепую?

Для успешной борьбы с этим возражением нам придется расширить рамки ответа на уже задававшийся вопрос. Имеет ли исследователь прямой доступ к предметам? Раньше мы отвечали – нет, теперь ответим и нет, и да. Дело в том, что о доступе к предметам можно говорить в двух разных смыслах: в смысле контроля и в смысле регулирования. В первом смысле (а только он и рассматривался нами до сих пор) прямого доступа к предметам у исследователя нет: он контролирует параметры сформированного им предмета не непосредственно, а лишь косвенно по субъективному образу. Во втором смысле прямой доступ имеется: исследователь обладает способностью выходить во внешний мир и своими руками непосредственно воздействовать на внешние предметы. Например, производя целенаправленные действия с лампами, светофильтрами, линзами, призмами, ширмами и другими подходящими предметами, исследователь может изменять световое излучение и его спектр.

Итак, получается, что исследователь управляет предметом действительно вслепую. Манипулируя предметом в условиях неполной информации о нем, он не может дважды сформировать один и тот же предмет, поскольку не контролирует все его параметры. Но нужно ли исследователю стремиться к однозначному заданию предмета? Вовсе нет. Ведь в соответствии с требованиями метода сравнения исследователь должен однозначно сформировать нужную идею, а не породивший ее предмет. Беря наугад предмет, исследователь затем сверяет его образ, который он получает с помощью своих органов чувств и физических приборов, с интересующей его заранее выбранной идеей и устанавливает их совпадение или различие. Если имеется различие, то он начинает видоизменять предмет (опять наугад), все время наблюдая за его образом и стремясь приблизить его к заранее заданной идее.

Все это исследователь может делать, поскольку он обладает способностью измерять расстояние между фактическим и желаемым образами предмета (то есть устанавливать степень их близости друг к другу) и определять, становится ли это расстояние в процессе регулирования больше или меньше. Действуя так, исследователь постепенно доводит расстояние до нуля и приходит в итоге к такому предмету, который порождает желаемый образ. Решая ту же самую задачу повторно, исследователь снова придет к нужному образу, однако предмет, порождающий тот же самый образ, получится, вообще говоря, другой. Таким образом, исследователь каждый раз вслепую формирует один из многих возможных вариантов предмета (какой именно – он и сам не знает), тем не менее такой случайно выбранный предмет всегда приводит к нужной идее, а только это и требуется.

Например, формируя световое излучение, исследователь разными способами видоизменяет его качества, контролируя при этом только одно из них, а именно спектр. Если фактический спектр в процессе регулирования излучения удаляется от желаемого, то исследователь возвращается назад и в дальнейшем действует уже как-нибудь иначе, пока не получит одно из возможных излучений заданного спектра. Итак, эффективность метода сравнения приведенным выше возражением не подрывается. Исследователь располагает возможностью однозначно формировать нужные идеи, несмотря на то, что порождающие их физические предметы он однозначно задавать не может.

Вследствие неполного доступа к физическим предметам исследователь никогда не располагает исчерпывающей информацией о них. Как же в этих условиях можно ставить задачу о полном изучении преобразования физического стимула в его образ, возникающий в сознании испытуемого? Ведь таким преобразованием должно связываться полное математическое описание предмета с полным описанием образа этого предмета. Поскольку исчерпывающей характеристики входного сигнала мы не имеем (и иметь не можем), то исчезает та основа, на которой зиждется решение задачи полного формального описания процесса восприятия предметов человеком. Не следует ли отсюда вывод о неуверсальности метода сравнения?

Это возражение преодолевается следующим образом. Оказывается, можно получить исчерпывающее описания преобразования предметов в их образы, даже не располагая полным описанием предметов. Поясним смысл этого утверждения на примере задачи о восприятии цвета. Для математической характеристики излучения исследователь использует не первое попавшее под руку качество света. Он останавливается на спектре в силу его особых качеств. Исследователь включает спектр в характеристику света по той причине, что изменение спектра излучения в ряде случаев приводит к изменению цвета. Однако он не обращает внимания на поляризационные свойства света, поскольку варьирование направлением поляризации излучения при неизменности его спектра никогда не ведет к перемене цвета. Кроме спектра, исследователь не использует в математической характеристике света никаких других его свойств, потому что цвет всецело определяется спектром излучения. Если два излучения имеют одинаковые спектры, то, как бы сильно ни разнились они другими свойствами, порожденные ими цвета будут неотличимы друг от друга.

Ввиду сказанного правомерно утверждать, что для задачи о математическом описании процесса восприятия цвета спектр некогерентного излучения может служить его достаточной характеристикой. Все другие параметры света (в том числе и те, о которых наука пока еще ничего не знает) либо несущественны для цвета, либо однозначно зависят от спектра излучения. Подведем итог: любая математическая характеристика какого бы то ни было физического стимула, которую способен сформировать исследователь, строго говоря, всегда неполна. Но если такая неполная характеристика однозначно определяет образы предметов, возникающие в сознании испытуемого, то одного этого уже достаточно, чтобы получить возможность исчерпывающе описать процесс восприятия этих предметов.

Все качества предмета, независимые от принятой исследователем его характеристики, будут для образа предмета несущественными. И по этой причине их можно не учитывать. А те параметры предмета, которые однозначно выводятся из этой характеристики, тоже нет необходимости учитывать. Поэтому никакой будущий прогресс в познании предметов, которые предъявляет исследователь испытуемому, не позволит улучшить уже имеющееся математическое описание преобразования предмета в его субъективный образ, если оно разработано в соответствии с приведенной выше методикой. Единственно, что можно будет дополнительно сделать, так это перевести описание предмета на язык других его свойств, зависимых от свойств, включенных в исходную характеристику предмета, и за счет этого получить иное описание того же процесса восприятия, которое в логическом смысле будет равносильно первоначальному. Новое описание может оказаться более изящным и удобным, но от этого его логическая сила не возрастает. При желании новое описание можно будет вывести из первоначального чисто формально, как теорему, не привлекая для этого никаких дополнительных экспериментальных данных.

Выше было сказано, что не обязательно располагать полным описанием предметов для получения исчерпывающего формального описания их преобразования в образы. В качестве примера такого неполного, но достаточного описания предмета был приведен спектр светового излучения, успешно используемый в задаче о восприятии цвета. Однако, если подходить к этому вопросу предельно строго, то окажется, что спектр – характеристика недостаточная. Выше говорилось о когерентных излучениях, для которых характеристика света в виде спектра недостаточна. К этому можно добавить, что при очень слабом освещении предметов на результат их зрительного восприятия влияют, кроме спектра, еще и квантовые флуктуации света. Не получится ли так, что при строгом подходе к исследованию интеллекта человека придется без конца уточнять, детализировать и дополнять физическую характеристику предметов, и все же требуемая однозначная зависимость субъективных состояний испытуемого от нее так никогда и не будет достигнута? Если это так, тогда тезис об универсальности метода сравнения теряет силу.

Ответить на данное возражение можно следующим образом. Если задачу о восприятии цвета рассматривать в полном объеме (то есть для множества всевозможных зрительных стимулов), то характеристика света в виде спектра, действительно, будет недостаточной. Однако ничто не мешает исследователю сузить рамки задачи, выделяя в множество всех зрительных стимулов интересующее его подмножество. Например он может в серии опытов ограничиться некогерентными излучениями достаточно большой мощности. При такой постановке задачи даже самый придирчивый критик вынужден будет признать достаточность спектра в роли характеристики светового излучения. Но и в самой широкой постановке задачи о формальном описании восприятия цвета никогда не придется беспредельно усложнять математическую характеристику светового сигнала уже хотя бы потому, что все знания науки о свете конечны, они останутся таковыми и в будущем. То же самое можно сказать и об исследовании любых других процессов восприятия предметов испытуемым (слуха, обоняния и тому подобное.). Вся совокупность знаний, накопленных физикой о материальных предметах и процессах конечна. Поэтому исследователь, даже если б и захотел, не смог бы беспредельно усложнять формальное описание предметов, которые он предъявляет испытуемому при изучении его интеллекта.

Но может случиться так, что в некоторых задачах теории интеллекта даже при использовании всех знаний, которыми располагает современная физика, любая получаемая на базе этих знаний математическая характеристика входных сигналов будет недостаточной. Например исследование обонятельного анализатора по методу сравнения в настоящее время остановлено тем, что физика в силу своей недостаточной развитости не может дать приемлемого описания пахучих веществ. Это обстоятельство ограничивает развитие теории интеллекта методом сравнения. Мы снова приходим к выводу о неуниверсальности метода сравнения.

Ответ на это возражение сводится к следующему. Действительно, недостаточная развитость физической науки в какой-то мере ограничивает разработку некоторых разделов учения о процессах восприятия предметов человеком. Но виноват в этом не метод сравнения, а физика. Никаких ограничений метод сравнения в данном вопросе не накладывает. Как только физика разработает действенные методы и приборы для экспериментального изучения нужных материальных предметов и даст их полноценное математическое описание, так сразу же после этого теория интеллекта сможет приступить к своим исследованиям процессов восприятия человеком этих стимулов по методу сравнения. Таким образом, теория интеллекта должна просто подождать с решением некоторых из своих задач до той поры, пока физика разовьется настолько, что сможет давать полноценные формальные описания предметов.

Кстати говоря, физика не так уж сильно сдерживает развитие теории работы органов чувств. Задача о восприятии цвета в полном объеме обеспечивается достижениями оптики, задача о восприятии пространственных форм – достижениями геометрии, о слуховом восприятии – акустики, о восприятии движения – механики, о восприятии температурной чувствительности кожи – достижениями учения о теплоте и так далее. Так что теория интеллекта располагает широчайшими возможностями для беспрепятственного исследования многих видов восприятия физического мира человеком, и жаловаться на отсутствие работы она пока не может. Не так уж плохо обстоит дело с анализом пахучих веществ. К услугам разработчика теории интеллекта – разнообразнейшие методы химического анализа множества самых разных веществ, огромное число всевозможных газоанализаторов.

Правда, они не всегда могут сравниться по тонкости различения запахов с обонятельным анализатором человека, но здесь вопрос лишь времени. Прогресс в этой области физики идет настолько быстро, что требуемый теорией интеллекта уровень объективного анализа пахучих веществ будет достигнут в обозримый срок.

Любые знания, которые исследователь получает о физическом предмете в результате его изучения, идеальны, они существуют только в сознании людей, значит, они субъективны. Спектр светового излучения – это лишь мысль о предмете, а не сам предмет. Таким образом, исследования интеллекта по методу сравнения страдают субъективностью. Следовательно, они не удовлетворяют требованиям научной строгости.

Это возражение несостоятельно по той причине, что оно основано на смещении понятий. Дело в том, что слова *объективный* и *субъективный* употребляются людьми в двух совершенно различных смыслах – философском и физическом. В философском понимании слово "объективный" в противоположность слову "субъективный" означает "существующий вне человеческого сознания и независимо от него". В физическом понимании термин "объективный" применяется не к внешним предметам, а к мыслям, правильно отражающим природу наблюдаемых материальных процессов и явлений. Говоря об объективности исследований интеллекта человека по методу сравнения, мы имеем в виду второе значение этого слова. Объективная информация о предмете не зависит от того, кто наблюдает или изучает этот предмет, субъективная – зависит. Только в этом заключается различие между ними.

Например спектр представляет собой объективную информацию о световом излучении, поскольку он определяется только самим материальным предметом – излучением и не зависит от того, кто этот спектр измеряет. Цвет, воспринимаемый испытуемым, – это тоже информация о световом излучении, но она субъективна. Цвет зависит не только от породившего его света, но и от испытуемого, увидевшего этот свет. Действительно, функции спектральной чувствительности глаза [4, с. 114] у различных испытуемых неидентичны, поэтому всегда можно найти такие два излучения, цвета которых у одного испытуемого совпадут, а у другого – нет.

Результаты изучения человеческого интеллекта, осуществляемого исследователем по методу сравнения, объективны только в физическом смысле, но не в философском, тем не менее, этого достаточно, чтобы признать их удовлетворяющими стандартам строгости, принятым в физике. Важно подчеркнуть, что субъективная информация об интеллекте после ее исследования по методу сравнения превращается в объективную. Например информация о цвете излучения, возникающая в сознании испытуемого, остается субъективной только до тех пор, пока не проведено математическое описание процесса восприятия цвета испытуемым. После того, как исследователь изучит поведение испытуемого, сравнивающего цвета всевозможных излучений, и на этой основе математически опишет цвет и его зависимость от спектра для данного испытуемого, информация о цвете объективизируется. Теперь цветовую реакцию испытуемого на любое световое излучение можно будет определять даже без помощи испытуемого, просто вычисляя ее по найденному формальному описанию преобразования излучения в цвет.

Проводя серию опытов, исследователь предъявляет испытуемому много идей. Некоторые идеи он должен будет предъявлять многократно. Есть ли гарантия того, что исследователь сможет сформировать ту же самую идею повторно? Гарантию дает память человека. Между двумя предъявлениями одной и той же идеи исследователь ее помнит. Пользуясь своей способностью устанавливать равенство и неравенство идей, он формирует нужную идею, подравнивая ее к идее, хранящейся в памяти.

Но память человека не идеальна, она часто подводит, ее содержимое забывается, размывается, искажается. Как достичь, чтобы к моменту повторного предъявления идея не изменилась? В помощь памяти исследователь может использовать запись, хранящую заданную идею в виде материального предмета. Идею можно записать в форме фразы, таблицы, формулы, графика и тому подобное. Например цветовое ощущение, которое требуется запомнить, исследователь может записать в виде спектра светового излучения. Как показывает повседневная практика, идеи, представленные записями, обычно сохраняются гораздо лучше и дольше, чем те, которые хранятся только в памяти человека.

Конечно, и запись не вечна, она может стереться, затеряться. Исследователь может утратить ключ к ее расшифровке, может ее неправильно понять. Однако точно такое же положение существует не только в теории интеллекта, но и вообще во всей физике. Исследователь любых физических явлений тоже вынужден многократно воспроизводить одни и те же условия опыта, при этом у него возникают те же проблемы с их запоминанием. Тем не менее, физика успешно движется вперед в познании мира. Теория интеллекта должна изучить опыт физики и взять на вооружение все те приемы, которые последняя выработала за многие века своего существования. Было бы неразумно пытаться проводить исследования в теории интеллекта по стандартам строгости более высоким, чем это удается делать в физике.

В процессе проведения опытов исследователь предъявляет испытуемому идеи. Где гарантия того, что в уме испытуемого всегда возникает точно такая же идея, какую исследователь намеривался предъявить испытуемому? Исследователь может осуществить специальную проверку правильности передачи идеи испытуемому. Для этого он может воспользоваться тем же приемом, который практикуется на экзаменах. Чтобы убедиться в том, что учащийся правильно понял материал, преподаватель заставляет его пересказать усвоенную информацию. Если идея, возвратившаяся к исследователю от испытуемого, не совпадает с исходной идеей, то нет оснований полагать, что она была передана без искажений.

Но можно ли быть уверенным в точной передаче идеи в том случае, когда достигнуто совпадение возвратившейся идеи с исходной? Нет, поскольку возможны случайные совпадения. Однако, если учесть, что разных идей очень много, то можно прийти к заключению, что вероятность случайного совпадения идей ничтожно мала. При совпадении исходной и возвращенной идей можно быть практически уверенным, что идея испытуемому передана правильно. Правда возможен случай, когда испытуемый, как попугай, в точности повторяет слова, сказанные ему исследователем, и таким образом имитирует правильное усвоение идеи, которого на самом деле нет. Исследователь может принять специальные меры, чтобы этого не допустить. Он может, к примеру, предложить испытуемому пересказать сообщенную ему идею “своими словами”.

Можно ли достичь идеально точного совпадения идей исследователя и испытуемого? По всей видимости, да. Если бы люди не могли передавать идеи друг другу без искажения, то эффективное общение между ними было бы невозможно. Однако практика жизни ясно показывает, что это не так. Но, может быть, идеи передаются неточно, с определенной степенью приближения, и этого достаточно для достижения взаимопонимания между людьми? В некоторых случаях бывает и так, тем не менее, существуют идеи, например, математические утверждения, которые могут передаваться от человека к человеку абсолютно точно. Видимо, если идея ясная и точная, а испытуемый – понятливый, то при достаточном умении исследователь всегда сможет ее донести до сознания испытуемого в полном объеме и неискаженном виде.

Конечно, встречаются идеи неясные, нечеткие, расплывчатые. И они могут представлять интерес, например, в педагогике при выяснении степени усвоения материала учащимися. Но к таким идеям неприменимо требование точной передачи. Представляется, что в теории интеллекта следует по возможности ограничиваться ясными и четко очерченными идеями. По крайней мере, на сегодняшний день в теории интеллекта имеется масса задач, которые можно успешно решать без привлечения нечетких идей. По этой причине мы будем воздерживаться от использования нечетких идей при исследовании интеллекта по методу сравнения.

4. Формирование множества идей испытуемого

Мы рассмотрели метод сравнения, теперь обсудим задачи теории интеллекта, которые можно решать с помощью этого метода. Первая задача, с которой сталкивается исследователь, состоит в том, чтобы сформировать множество A всех тех идей испытуемого, к которым он собирается обращаться в процессе последующего изучения интеллекта испытуемого. Исходным материалом при решении этой задачи исследователю служат его собственные идеи. Руководствуясь ими, исследователь формирует определенные физические предметы. Предъявляя их испытуемому, он рассчитывает возбудить в его уме те или иные идеи из множества A. Например, задаваясь тем или иным спектром, исследователь формирует соответствующее ему световое излучение. Это излучение он предъявляет испытуемому, рассчитывая, что оно вызовет в его сознании ощущение определенного цвета.

Для успешности изучения интеллекта необходимо, чтобы идеи испытуемого однозначно определялись идеями исследователя. Формулируя в первой части работы условие повторяемости, мы говорили о необходимости однозначной зависимости идей испытуемого от физических предметов, порождающих эти идеи. Строго говоря, это не совсем верно: важна не столько однозначная зависимость идей испытуемого от предъявленных ему физических стимулов, сколько их однозначная зависимость от идей исследователя, по которым он формирует физические предметы, порождающие соответствующие идеи в сознании испытуемого.

В соответствии со сказанным формулировка *условия повторяемости* должна быть уточнена: для успешного изучения интеллекта испытуемого его идеи должны однозначно определяться порождающими их идеями исследователя. Когда условие повторяемости выполнено, открывается возможность использовать идеи исследователя в роли имен идей испытуемого. Каждой идее исследователя теперь будет соответствовать в точности одна идея испытуемого. Обратное не обязательно: одной и той же идее испытуемого может соответствовать много различных идей исследователя. Например одному и тому же цвету зрительного ощущения испытуемого соответствуют различные спектры световых излучений, с помощью которых исследователь формирует этот цвет.

Первое, что должен сделать исследователь, желающий сформировать множество идей испытуемого A, – это четко очертить множество всех тех своих идей, которые он предполагает использовать в качестве прообразов идей испытуемого. Обозначим это множество символом $\boldsymbol{A}$. Будем предполагать, что каждой идее множества $\boldsymbol{A}$ соответствует единственная порождаемая ею идея в множестве A. Отсюда следует, что различным идеям множества

A соответствуют различные идеи в множестве $\boldsymbol{A}$. Вместе с тем мы будем допускать существование таких различных идей множества $\boldsymbol{A}$, которым соответствует одна и та же идея в множестве A.

На втором этапе исследователь должен установить, какие из идей множества $\boldsymbol{A}$ порождают одну и ту же идею множества A, а какие – различные. Если исследователь сможет сделать это, то он получит разбиение множества $\boldsymbol{A}$ на смежные классы. При этом идеи исследователя, принадлежащие одному классу разбиения, будут порождать одну и ту же идею испытуемого. Идеям исследователя, которые принадлежат разным классам разбиения, будут соответствовать различные идеи испытуемого. Ничто не мешает исследователю психологически интерпретировать полученные классы разбиения как идеи испытуемого, а само разбиение множества $\boldsymbol{A}$ – как множество A идей испытуемого. Таким образом, задача формирования множества идей испытуемого сводится к построению некоторого разбиения множества идей исследователя на смежные классы.

Как же получить искомое разбиение множества $\boldsymbol{A}$? Найти ответ на этот вопрос нам поможет вводимое ниже понятие *строения идеи*. Несомненно, что идеи испытуемого можно рассматривать как элементы некоторого множества A. Испытуемый обладает способностью устанавливать, равны или не равны переживаемые им идеи, следовательно можно говорить о попарной различимости элементов множества A. Для того чтобы какой-то механизм (а по крайней мере один такой механизм – сознание человека – существует) мог различать идеи, последние должны чем-то отличаться друг от друга, должны иметь различные признаки, детали. Следовательно, идеи должны обладать определенным строением. Если две идеи, взятые сами по себе, не отличаются друг от друга своим строением, то никакой прибор не сможет их различить. Если же хотя бы один прибор, различающий идеи, существует, то отсюда с неизбежностью следует, что эти идеи имеют определенное строение, причем, хотя бы некоторые детали этого строения у них не совпадают.

Может ли исследователь получить информацию о строении идей испытуемого и если да, то каким способом? Если ограничиться методом сравнения, то у исследователя остается единственный возможный источник информации о строении идей испытуемого – его двоичная реакция, вырабатываемая им в ответ на указанное ему задание и предъявленный набор идей. Когда испытуемый, получив от исследователя задание P, реагирует на набор идей ($x_1, x_2, ..., x_n$) положительным ответом, то этим он свидетельствует, что идеи $x_1, x_2, ..., x_n$ в силу особенностей своего строения способны вступать в отношение L, задаваемое уравнением $P(x_1, x_2, ..., x_n) = 1$. Когда же исследователь реагирует на набор идей ($x_1, x_2, ..., x_n$) отрицательным ответом, это означает, что строение идей $x_1, x_2, ..., x_n$ не позволяет им вступать в отношение L.

Выводы

Таким образом, двоичные ответы испытуемого несут в себе (правда, в неявном, зашифрованном виде) определенные сведения о строении идей. Мы полагаем, что глубинный смысл тезиса об универсальности метода сравнения заключается в том, что из двоичных ответов испытуемого можно извлечь всю информацию о строении идей. Задача исследователя, действующего в рамках метода сравнения, состоит в том, чтобы путем логико-математической обработки извлечь из двоичных ответов испытуемого всю заключенную в них информацию о строении идей. Если окажется, что этой информации достаточно для формального описания и искусственного воспроизведения с помощью ЭВМ всех проявлений человеческого интеллекта, тогда можно будет с полным правом утверждать, что метод сравнения на самом деле универсален.

Список литературы. 1. *Бондаренко М.Ф.* Модель равенства идей [Текст] / *М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко* // Бионика интеллекта. – 2010. – № 2 (73). – С. 3-15. 2. *Бондаренко М.Ф.* Алгебра идей [Текст] / *М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко* // Бионика интеллекта. – 2010. – № 2 (73). – С. 16-27. 3. *Шабанов-Кушнаренко Ю.П.* Теория интеллекта. Математические средства [Текст] / *Ю.П. Шабанов-Кушнаренко.* – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1984. – 144 с. 4. *Шабанов-Кушнаренко Ю.П.* Теория интеллекта. Проблемы и перспективы [Текст] / *Ю.П. Шабанов-Кушнаренко.* – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 159 с. 5. *Мальцев А.И.* Алгебраические системы [Текст] / *А.И. Мальцев.* – М.: Наука, 1970. – 476 с.

Поступила в редколлегию 10.03.2010

УДК 519.7

Метод порівняння / М.Ф. Бондаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 2 (73). – С. 28–39.

Пропонується біонічний підхід до проблеми побудови штучного інтелекту. Розвивається спеціалізований математичний апарат для ефективного моделювання роботи механізмів інтелекту людини.

Бібліогр.: 5 найм.

UDC 519.7

Method of comparison / Bondarenko M.F., Shabanov-Kushnarenko S.Yu., Shabanov-Kushnarenko Yu.P. // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2010. – № 2 (73). – С. 28–39.

It is offered bionic approach to a problem of construction of an artificial intelligence. The specialized mathematical instrument for effective simulation of activity of mechanism of human intellect develops.

Ref.: 5 items.