

УДК 519.08

С.Т. Кузнецов

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Введение

Об интеллекте человека судят по умению так распорядиться знаниями и методами, чтобы избрать всегда самый прямой и надежный путь к решению поставленных задач, не считаясь с тем, к каким областям научной и практической деятельности эти знания и методы относятся.

С тех пор, как появились средства вычислительной техники (ВТ) стали говорить об автоматизации интеллектуальной деятельности человека. «В компьютер заложили исходные данные, и он мгновенно (через некоторое время) напечатал (вывел на экран дисплея) оптимальный вариант решения задачи: раскрой ткани, перевозка грузов, обмен квартиры и т.п.», — фразы подобного рода иногда встречались в газетных и журнальных статьях двадцатилетней давности, посвященных успехам ВТ. Теперь времена изменились. Почти все (и журналисты в том числе) понимают, что не все так просто и безоблачно.

1. Постановка задачи

По свидетельству Мартина Гарднера [1, с.418] в 1874 году У.Стенли Джевонс вопрошал в своей книге «Основы науки»: «Может ли читатель сказать, произведение каких двух чисел равно 8616460799? Думаю, что, вряд ли кто-нибудь, кроме меня самого сумеет дать ответ на этот вопрос, ибо это два больших простых числа». Далее Гарднер замечает: «Джевонсу, изобретателю «логического пианино», не следовало бы столь опрометчиво делать заключения о скорости действия будущих вычислительных машин. В наши дни ЭВМ позволяет найти оба числа (96079 и 89681) быстрее, чем он мог бы их перемножить».

Задачи такого рода интересны для нас по нескольким причинам. Во-первых, они требуют полного перебора, который может осуществить непосредственно только компьютер. Во-вторых, нужно составить соответствующую программу. Эта работа довольно проста для программиста и почти не подвластна современному компьютерному пользователю. Данное утверждение, конечно, неоднозначно, однако, многие преподаватели информатики вынуждены с этим согласиться. В-третьих, такого сорта задачи в чистом виде — вычислительные и отражают примитивную интеллектуальную деятельность человека (хотя и повышают ее эффективность).

Под интеллектуальными мы будем подразумевать задачи-головоломки для решения, от которых

требуется, прежде всего, умение логически мыслить, а выполнение арифметических вычислений — не столь существенно.

В результате проведенных исследований удалось разработать метод, пригодный для решения довольно широкого, хотя и специфического круга таких задач. Для данного метода создан алгоритм, который довольно просто воплощается в компьютерной программе и не требует от пользователя специальной подготовки по построению математической модели, изучению ПРОЛОГО-подобного языка программирования и т.п.: на основании введенных данных компьютер выдает результат. Проведена апробация разработанной программы для решения некоторого класса экономических задач [2].

2. Сущность метода и его компьютерная реализация

Слова Шерлока Холмса: «Сколько раз я говорил вам, отбросьте все невозможное, тогда то, что останется, и будет ответом, каким бы невероятным он ни казался», могли бы послужить эпиграфом к этой статье.

Возьмем типичную логическую задачу-головоломку:

На допрос вызваны пятеро подозреваемых в ограблении: *A, B, C, D* и *E*. Неопровержимыми уликами доказано, что по крайней мере один из них виновен и никто кроме *A, B, C, D* и *E* в ограблении не участвовал. Есть еще ряд фактов, которые удалось установить.

1. Если *A* — виновен, то виновен и *B*.
2. Виновен либо *D*, либо *E*, либо виновны оба.
3. Виновен либо *B*, либо *C*, но не оба.
4. *D* и *C* всегда действуют только сообща.
5. Если виновен *E*, то только кто-то один — *D* или *B* — виновен обязательно. Но, если *D* — не виновен, а *A* — виновен, то *E* — точно не виновен.

Инспектор уголовного розыска подумал минут десять и отпустил одного из подозреваемых, принеся ему извинения. Итак, чья невиновность не вызывает сомнения?

Задачу можно решить, действуя формально — по алгоритму. Нужно выписать по порядку все противоречия условию задачи. Теперь, просматривая по порядку все варианты — кандидаты на решение — будем исключать негодные. Оставшиеся не исключенными комбинации и будут представлять множество решений задачи. Разумеется, множество может быть и пустым, может состоять из одного элемента. В нашем же случае останутся три вариан-

та. Во всех трех A — невиновен. Его и отпустил инспектор уголовного розыска. Все становится окончательно ясно из табл. 1, табл. 2.

Приведем краткие пояснения. В табл. 1 важна естественность формы записи логических противоречий. Если A — виновен, будем писать $A=1$, либо просто A . Если B — не виновен, то $B=0$ или \bar{B} .

Таблица 1

Номер условия	Противоречие			
	Номер	Логическая форма записи	Двоичная форма записи	Десятичная форма записи
1	1	$A\bar{B}$	***01	1,2
2	2	$\bar{D}\bar{E}$	00***	0,24
3	3	$\bar{B}\bar{C}$	**00*	0,6
3	4	BC	**11*	6,0
4	5	$\bar{D}C$	*01**	4,8
4	6	$D\bar{C}$	*10**	8,4
5	7	$E\bar{D}\bar{B}$	10*0*	16,1
5	8	$\bar{D}AE$	10**1	17,8

Приведем весовые коэффициенты двоичных разрядов K : $K(E)=16$, $K(D)=8$, $K(C)=4$, $K(B)=2$, $K(A)=1$.

Таким образом, получаем восемь противоречий — по одному соответственно для 1-го и 2-го фактов и по два — для оставшихся трех.

В табл. 2 представлены все 32 варианта комбинаций виновности (невиновности) пятерых подозреваемых A , B , C , D и E . Для каждого варианта указан номер по порядку выполняемого противоречия, на основании которого данная комбинация не включается в список решений.

Таким образом, не противоречивых вариантов — три (9-й, 2-й и 29-й). Невинность A — очевидна (см. колонку табл. 2 «вариант двоичной записи»).

Поясним подробнее, то, что должен сделать пользователь для того, чтобы ввести данные в компьютер и получить решение задачи. Запишем логически противоречия условию задачи.

По первому факту делаем одну запись.

1. $A\bar{B}$ — не может быть, чтобы A был виновен, а B — нет.

По второму факту — также одна запись.

2. $\bar{D}\bar{E}$ — не может быть, чтобы D и E были оба не виновны.

По третьему факту сделаем две записи (нумерация сквозная).

3. $\bar{B}\bar{C}$ — не может быть, чтобы B и C были оба не виновны.

4. BC — не может быть, чтобы B и C были оба виновны.

На основании четвертого факта получаем две записи. Когда один — D или C — виновен, а другой — нет.

5. $\bar{D}C$ — не может быть, чтобы D был не виновен, а C виновен.

Таблица 2

Номер	Вариант		Номер противоречия
	Двоичная запись	Десятичная запись	
1	00000	0	2
2	00001	1	1
3	00011	3	2
4	00010	2	2
5	00110	6	2
6	00111	7	2
7	00101	5	1
8	00100	4	2
9	01100	12	-
10	01101	13	1
11	01111	15	4
12	01110	14	4
13	01010	10	6
14	01011	11	6
15	01001	9	1
16	01000	8	3
17	11000	24	3
18	11001	25	1
19	11011	27	6
20	11010	26	6
21	11110	30	4
22	11111	31	4
23	11101	29	1
24	11100	28	-
25	10100	20	5
26	10101	21	1
27	10111	23	4
28	10110	22	4
29	10010	18	-
30	10011	19	8
31	10001	17	1
32	10000	16	3

6. $D\bar{C}$ — не может быть, чтобы D был виновен, а C нет.

И, наконец, делаем еще две записи по пятому факту.

7. $E\bar{D}\bar{B}$ — при виновности E не могут D и B быть не виновны оба.

8. $\bar{D}AE$ — не может быть, чтобы E был виновен, когда D — не виновен, а A — виновен.

Порядок записи противоречий — не принципиален. Однако для ввода в компьютер данных нужно произвести две несложные операции:

1. Задать порядок следования величин при помощи двоичных весовых коэффициентов K (табл. 1):

$A-1, B-2, C-4, D-8, E-16$.

2. Представить противоречия в десятичной форме (табл. 1):

1. — 1,2; 2. — 0,24; 3. — 0,6; 4. — 6,0;
5. — 4,8; 6. — 8,4; 7. — 16,1; 8. — 17,8.

Таким образом, каждое противоречие имеет довольно простой формат — пара целых неотрицательных чисел, разделенных запятой. До запятой — сумма двоичных «весов» для «единиц», после — для «нулей». Если какая-то сумма отсутствует — пишем «0». После ввода данных в компьютер получаем три варианта решений:

	A	B	C	D	E
1	0	0	1	1	0
2	0	0	1	1	1
3	0	1	0	0	1

Во всех трех случаях *A* — не виновен, его и отпустил следователь.

Следует подчеркнуть особо, что пользователь может быть в принципе не знаком ни с двоичной системой (на экран выводятся нули — единицы в порядке слева направо от *A* до *E*), ни с аппаратом формальной логики (мы ничего не говорили о логических операциях и логических уравнениях).

3. Программная реализация алгоритма

В вышерассмотренном алгоритме реализован метод решета, который часто используется в прикладной математике. Широко известен метод поиска простых чисел при вычеркивании («выкалывании» на пергаменте) составных чисел, придуманный древнегреческим ученым Эратосфеном (решето Эратосфена). В нашей задаче ничего самому вычеркивать не нужно. Это автоматически сделает за нас компьютерная программа «Виртуальный логический решатель» (ViLoR). Ниже приведена минимальная версия этой программы.

Программа miniViLoR. Язык программирования — GW-Basic:

```

5  REM miniViLoR
10 CLS: K=0: DIM T1(100), T0(100), T(14)
20 FOR I=0 TO 14: T(I)=2ИЦI: NEXT I
30 INPUT "LOGPEREM.": L:N=2ИЦL-1:
   PRINT "PPOTIVOR:"
40 M=0
50 M=M+1
60 PRINT M; "+,-"
70 INPUT T1(M), T0(M)
80 IF T1(M)>0 OR T0(M)>0 THEN 50 ELSE M=M-1
85 INPUT "ACT.PEREM.": ACT:IFACT>L AND
   ACT<>69 THEN 260
90 FOR I=0 TO N
100 IF I=0 THEN V=0: ED=0: GOTO 140
110 T=((I XOR (I-1))+1)/2
120 W=V XOR T:IF W>V THEN ED=ED+1
   ELSE ED=ED-1
130 V=W
140 IF ACT<>69 AND ED<>ACT THEN 240
150 FL=0
160 FOR P=1 TO M
170 IF (V XOR T1(P))+T1(P) <> V

```

```

OR (V XOR T0(P))-T0(P) <> V THEN 190
180 FL=1:P=M
190 NEXT P
200 IF FL=1 THEN 240 ELSE K=K+1: PRINT K; "-";
210 FOR I=0 TO L-1
220 Q=V XOR T(I):IF Q<V THEN PRINT I;
   ELSE PRINT 0;
230 NEXT I:PRINT "ED="; ED
240 NEXT I:IF K=0 THEN PRINT "PUSTO!!!"
250 BEEP: K=0: GOTO 85
260 END

```

При информационном запросе сначала нужно ввести число логических переменных. В нашем случае их — пять. Затем последовательно вводятся противоречия в десятичной форме записи (табл. 1). Отметим, что это — пары целых неотрицательных чисел, разделенных запятой: до запятой стоят суммы весовых коэффициентов *K* для «единиц» («плюсов»), а после запятой — суммы весовых коэффициентов *K* для «нулей» («минусов»). Если «нули» или «единицы» в данном противоречии отсутствуют, то на соответствующем месте пишем «ноль». Затем нужно ввести число активных переменных («единиц» в решении). В нашем случае оно — не определено, поэтому вводим число «69».

В результате получаем решение в возрастающей последовательности следования логических переменных:

1	0	0	1	1	0
2	0	0	1	1	1
3	0	1	0	0	1

Рассмотрим один из наиболее сложных вариантов известной головоломки «О приглашении на обед».

Нужно создать как можно большее представительство на званном обеде. Задача оказывается не из легких, т. к. из 13-ти кандидатов десять выдвигают определенные требования.

A не возражает против каких-либо приглашений. *B* требует одновременного присутствия *C* и *D*. *C* считает, что если одновременно пригласить *I* и *H*, то присутствие хотя бы одного из двух *F* или *G* — желательно. Но если *I* пригласить, а *H* — нет, то *C* точно не придет, если не будет ни *A*, ни *F*. *D* возражает против каждого из *E*, *G*, *H*. Между тем *E* требует обязательно пригласить кого-либо, одного *G* или *H*, но не обоих. *F* не придет, если не будет *H*. *G* и *I* не возражают против каких-либо приглашений. *H* не придет, если будет *J*. *I* не явится, если не будет *M*. *K*, если не будет *L*, возражает против *I*, а если не будет *I*, возражает против *H*. *L* не придет если будут *F* и *H* одновременно и не желает находиться в одной компании ни с *A*, ни с *J*. Чтобы явился *M* надо пригласить либо *F*, либо *K*. Кроме того *M* не желает при-

существования H без L и не придет, если будет хотя бы кто-то один A или J .

Так какое же минимальное число гостей, и кого именно можно пригласить на обед, чтобы у присутствующих не было претензий к организаторам.

Здесь главное, верно записать последовательно все противоречия. Для однозначности весовые двоичные коэффициенты зададим в возрастающем порядке. Соответственно алфавитному порядку следования логических переменных:

$A - 1, B - 2, C - 4, D - 8, E - 16, F - 32, G - 64, H - 128, I - 256, J - 512, K - 1024, L - 2048, M - 4096.$

Теперь записать однозначно противоречия трудно не составит. Не будем их здесь приводить. Отметим только, что если не вводить «нежестко заданное» противоречие

$$CH\bar{I}\bar{F}\bar{G} \rightarrow 388,96,$$

то при числе активных переменных 13, 12, 11, 10, 9 и 8 решений не будет. Если задать число 7, то получим два решения:

1 — 0010001110111
2 — 0010100110111.

Выбирая первый вариант, выполняем и пожелания S . Итак, на обед нужно пригласить C, G, H, I, K, L, M . Всего — семь гостей.

Заключение

В [3, с. 15] предложено в качестве рабочего следующее определение искусственного интеллекта (ИИ):

ИИ — это одно из направлений информатики, целью которого является разработка аппаратно-про-

граммных средств, позволяющих пользователю — не программисту решать свои, традиционно считающиеся интеллектуальными задачи, общаясь с ЭВМ на ограниченном подмножестве естественного языка.

Учитывая то, что данное определение синтезировано из нескольких десятков источников, можно считать, что предложенная в статье компьютерная программа в определенной степени отвечает требованиям, предъявляемым к средствам ИИ.

В процессе работы над созданием компьютерной программы «Виртуальный логический решатель» мешала традиция, заложенная ещё английским экономистом и логиком Уильямом Стенли Джевонсом (1835–1882 гг.), которая не могла быть рассчитана на высокотехнологичные персональные компьютеры в силу того, что «логическое пианино» и подобное ему устройство были механическими. Желание просто заменить «механические» концепции «электронными» не привело к желаемому результату. Поэтому все, до сих пор составляемые программы, практически требовали индивидуального подхода в силу громоздкости соотношений алгебры логики. На самом деле, проще почти всегда было решить задачу, не прибегая к услугам компьютера, а приобретая некоторые специфические интеллектуальные навыки.

Список литературы: 1. Гарднер М. Математические досуги. М.: «Мир», 1972. — 496 с. 2. Бондарь О.П. Кузнецов С.Т., Столярчук Н.В. Задача о назначениях, критерии совместимости работников и справедливости назначений // Искусственный интеллект. № 4. 2005. — С. 447–456. 3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001. — 384 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2005.