

УДК 62.506.2

*Л. Н. БОНДАРЕВА, А. И. КОВАЛЕВ, Л. С. КРИВОШЕИНА,  
В. А. ЛОВИЦКИЙ, В. А. ЛОГИНОВ*

**ФОРМИРОВАНИЕ «ЗНАНИЙ» УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕШАТЕЛЯ ЗАДАЧ  
С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЙ. СООБЩЕНИЕ I**

При построении систем с искусственным интеллектом важнейшее значение приобретает проблема формирования, хранения, обобщения и использования знаний. Ее решение связано с построе-

нием универсальной системы формирования понятий. Согласно работе [1, с. 12] определим понятие следующим образом.

Понятие — обобщенная информация о множестве объектов, представленных наборами значений признаков, заданных как в явном, так и в неявном виде [2], которая: а) отображает характерные для этого множества логические отношения между отдельными значениями признаков; б) является достаточной для различения с помощью некоторого правила распознавания объектов, принадлежащих множеству, от объектов, не принадлежащих ему.

Формирование знаний у систем с искусственным интеллектом должно осуществляться универсальной системой формирования понятий (УСФП), которая, по нашему мнению, будет включать в себя следующие системы формирования понятий (СФП):

1. Систему формирования индуктивных понятий, как с независимым, так и с зависимым выбором [1—6].

2. СФП, работающую с объектами, обобщенная информация о которых задается путем перечисления самих объектов. Например, понятие «русская гласная буква» формируется путем перечисления букв: А, Е, ..., Я.

3. СФП, обобщающую объекты по аналогии [7; 8, с. 127].

4. СФП, анализирующую объекты, которые заданы путем описания [9]. В этом случае объект может, например, задаваться определением его назначения.

5. СФП, осуществляющая формирование понятия путем переноса. Так, например, ребенок, однажды выделив цвет, форму, величину в предмете, начинает выделять эти признаки и в других сходных предметах при сходных обстоятельствах [10, с. 72].

Очевидно, что УСФП должна обеспечить формирование сходных, смежных и контрастных понятий. В данной работе не будет рассматриваться ни принцип формирования перечисленных понятий, ни конструкции указанных СФП. Нас в первую очередь интересует практический аспект использования УСФП для формирования знаний системы. Поэтому на примере универсального решателя арифметических задач на движение (УРАЗ) рассмотрим систему знаний УРАЗ, формирование которой и должна осуществлять УСФП.

В чем же состоит универсальность такого решателя задач? Предположим, что необходимо построить на базе ЭЦВМ систему, способную решать задачи определенного класса. Можно разработать алгоритм решения каждой задачи из данного класса, записать их на выбранном алгоритмическом языке и составленные таким образом программы решения каждой задачи вложить в ЭЦВМ. После этого достаточно будет указать номер задачи, подлежащей решению, как ЭЦВМ мгновенно найдет соответствующую программу и решит эту задачу. В то же время ЭЦВМ будет бессильна, если предложить ей решить задачу, аналогичную рассмотренным ранее, но для которой не была заранее составлена программа. Простейший пример. ЭЦВМ «научили» находить скорость движе-

ния тела, если известны путь и время, а затем ей предложили найти путь по скорости движения тела и времени, затраченному телом на прохождение этого пути. Вычислительная машина не сможет решить ее по той причине, что она не формирует алгоритм решения задачи, а просто слепо использует алгоритм, вложенный в нее исследователем.

Таким образом, универсальность предлагаемого решателя задач состоит в том, что он не использует заранее составленные алгоритмы, а строит их сам, соотнося с условиями заданных задач.

Разработке подобных решателей задач посвящен ряд работ как советских, так и зарубежных авторов [8—9; 11—14]. Несмотря на кажущееся единство указанных исследований, фактически каждое из них преследует различные цели. Это связано с тем, что проблема построения универсального решателя задач представляет собой комплексную проблему, направленную на изучение и реализацию следующих задач: 1) грамматический анализ условия задачи, заданного на естественном языке, с целью его формализации, т. е. представления условия в виде системы формальных отношений, допускающих простые преобразования; 2) построение семантического базиса (СБ) решателя, представляющего знания системы о понятиях, используемых при решении того или иного класса задач, причем СБ должен быть расширяющимся, т. е. необходимо предусмотреть возможность включения в СБ новых понятий; 3) разработка алгоритма построения дерева цели и подцелей; 4) построение системы преобразования и решения алгоритмических уравнений (для универсальных решателей арифметических задач).

Большое внимание [11, 13] уделяется решению первой из перечисленных задач. При построении систем, способных решать арифметические задачи, центральным был вопрос «понимания» системами словесного условия арифметических задач. Практически разработанные системы могли решать задачи простейшего типа. Например: «У одного человека  $M$  атомов, у второго —  $N$  атомов. Сколько атомов у них вместе?» [13, с. 157].

Вторая и третья задачи рассматриваются авторами в комплексе [8; 9; 12], причем каждый из авторов представляет «знания» системы и алгоритм достижения цели по-разному. Анализ особенностей этих систем не входит в задачу данной статьи.

Система преобразования и решения алгебраических выражений (задача 4), по сути, должна входить в математическое обеспечение современных ЭЦВМ. Разработанные системы, как правило, ориентированы на конкретные вычислительные машины [15], а не на универсальные алгоритмические языки типа ФОРТРАН и ПЛ-1.

Рассмотрим основные принципы построения УРАЗ на конкретной арифметической задаче на движение: «Катер, скорость которого в стоячей воде 15 км/ч, отправился от речного причала вниз по течению реки и, пройдя 36 км, догнал плот, отправленный от того же причала за 10 часов до отправления катера. Найти скорость течения реки».

Для упрощения решения проблемы «понимания» УРАЗ условия задачи, представленного на естественном языке, был введен специализированный русский язык (в рамках данной статьи строгое описание этого языка рассматриваться не будет). Применяя введенный язык, пользователь представляет условие задачи в следующем виде: 1. Катер двигался по течению реки. 2. Катер прошел путь = '36' км, где = 'N' используется для обозначения числовых констант. 3. Скорость катера в стоячей воде = '15' км/ч. 4. Катер догнал плот. 5. Катер вышел через = '10' ч после плота. 6. Найти скорость течения реки.

Для «понимания» такого условия задачи УРАЗ должна обладать определенными знаниями, но что она должна знать, УРАЗ не знает и в этом ей должен помочь человек, определив начальную организацию структуры знаний и функцию их пополнения и коррекции с помощью УСФП. Значения УРАЗ будут представлены семантическим базисом или библиотекой формализованных понятий (БФП). Формирование БФП осуществляется УСФП, или путем перечисления понятий, или путем объяснения УРАЗ их значения в режиме диалога. Пусть путем перечисления понятий была сформирована следующая БФП:

Имена понятий	Семантика
<p>Скорость объекта <i>I</i>  Путь объекта <i>I</i>  Объект <i>I</i> двигался по течению реки  Путь объекта <i>I</i> по течению  Объект <i>I</i> вышел за объектом <i>J</i> из того же пункта и догнал объект <i>J</i>  Время прихода объекта <i>I</i>  Время выхода объекта <i>I</i>  Объект <i>I</i> вышел через <i>X</i> часов после объекта <i>J</i>    Время движения объекта <i>I</i> по течению  Скорость течения  Скорость плота</p>	$VI = SI/TI$ $SI$ $VPI = VI + VT$ $SPI = VPI * TPI$ $SI = SJ$ $TSI = TSJ$ $TSI = TBI + TI$ $TBT$ $TBI = TBJ + X,$ <p>если <i>TBJ</i> неизвестно, то  <math>TBJ = 0</math>, а <math>TBI = X</math>  <math>TPI = TSI = TBI</math>  <math>VT</math>  <math>VPL = VT</math></p>

В БФП имена понятий представлены пирамидальной структурой [16; 17], а семантика — И/ИЛИ-структурой [12]. Эти структуры связаны между собой общими элементами.

«Понимание» задачи УРАЗом сводится к замене словесного описания задачи формальным. Суть этого преобразования связана с формированием четырех массивов: ДАНО, ЗНАЧЕНИЯ, УСЛОВИЕ, ЦЕЛЬ. В массив ДАНО заносятся сокращенные обозначения объектов и обозначения их характеристик, численные значения которых заданы в условии задачи. В массив ЗНАЧЕНИЯ заносятся числовые константы и устанавливаются указатели к соответствующим элементам массива ДАНО. В массив УСЛОВИЕ

записываются формальные описания ситуаций условия задачи, полученные с помощью БФП. В массив ЦЕЛЬ заносится то, что нужно найти или доказать в задаче.

Для рассматриваемой задачи содержимое этих массивов будет следующим: ДАНО:  $K$ ;  $PL$ ;  $VK$ ;  $SPK$ ;  $X$ . ЗНАЧЕНИЯ: —; —; 15; 36; 10. УСЛОВИЕ:  $VPK = VK + VT$ ;  $SPK = VPK * TPK$ ;  $SK = SPL$ ;  $TSK = TSPL$ ;  $SK = SPK$ ;  $TBK = TBPL + X$ . ЦЕЛЬ:  $VT$ .

«Понимание» условия задачи УРАЗОм осуществляется в двух режимах. Работая в первом режиме, УРАЗ «старается» самостоятельно «понять» описание ситуации. Так, прочитав описание ситуации «Катер двигался по течению реки», УРАЗ, работая с пирамидальной структурой БФП, находит имя понятия («Объект  $I$  двигался по течению реки») и делает вывод, что «Объект  $I$ » — это «катер». На основании данного вывода, во-первых, формируется обозначение объекта « $K$ » и вводится в массив ДАНО, во-вторых, определяется правило замены:  $I \rightarrow K$  (символ  $\rightarrow$  читается как « $I$  заменяется  $K$ »), — с помощью которого выражение  $VPI = VI + VT$  преобразуется в  $VPK = VK + VT$ , а затем преобразованная семантическая интерпретация анализируемой ситуации заносится в массив УСЛОВИЕ.

Переход ко второму режиму работы (режиму диалога) происходит в том случае, когда одной и той же ситуации соответствуют в равной степени несколько (не менее двух) имен понятий или когда УРАЗ «не уверен», что найденное имя понятия соответствует рассматриваемой ситуации. Например, при анализе ситуации «Катер догнал плот» УРАЗ находит в БФП имя понятия: «Объект  $I$  вышел за объектом  $J$  из того же пункта и догнал объект  $J$ ». Зная, что «объект  $I$ » — это «катер», УРАЗ делает вывод, что «объект  $J$ » — это «плот». Тогда найденное имя понятия будет преобразовано следующим образом: «Катер вышел за плотом из того же пункта и догнал плот». Поскольку УРАЗ не располагает информацией о том, откуда вышли «катер» и «плот», он задает пользователю вопрос: «Катер вышел за плотом из того же пункта?» При положительном ответе УРАЗ полностью идентифицирует данное имя понятия и, осуществив соответствующие замены ( $I \rightarrow K$ ,  $J \rightarrow \rightarrow PL$ ), заносит в массив УСЛОВИЕ выражения  $SK = SPL$  и  $TSK = = TSPL$ .

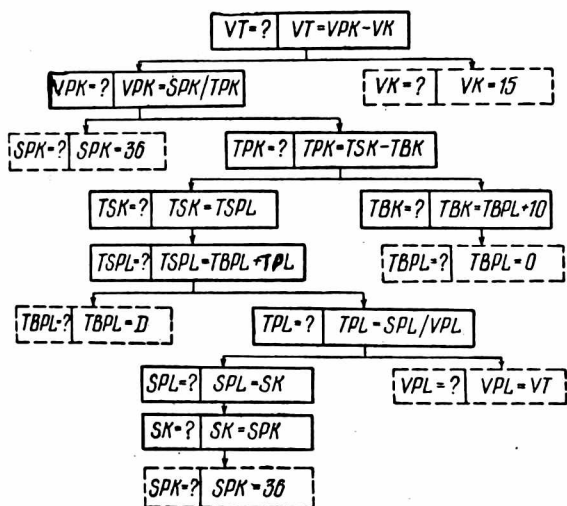
Более совершенный УРАЗ, перед тем как задать вопрос пользователю, просматривает описания всех ситуаций до конца, чтобы найти ответ на поставленный самому себе вопрос, и только в случае неудачи обращаемся за помощью к пользователю.

К режиму диалога УРАЗ прибегает при построении дерева цели и подцелей в случае, когда какая-либо величина оказывается неопределенной (так, тот факт, что  $SK = SPK$ , сообщается системе пользователем). Для простоты данное утверждение заранее включено в массив УСЛОВИЕ.

Заметим, что семантическая интерпретация не для всех имен понятий БФП задана в явном виде. Например, для определения

семантики понятия, имя которого «Путь объекта  $I$ », программы, обслуживающие БФП, найдут, что для этого нужно преобразовать формулу  $VI = SI/II$ . С этой целью к работе будет подключен блок алгебраических преобразований (БАП), в результате работы которого  $ST$  будет определено как  $VI * II$ .

После анализа словесного описания всех ситуаций, составляющих условие задачи, и окончания формирования содержимого массивов — ДАНО, ЗНАЧЕНИЯ, УСЛОВИЕ, ЦЕЛЬ — УРАЗ переходит к поиску решения задачи. В основу поиска положен известный метод, идея которого состоит в «размышлении в обратном направлении от задачи, которую предстоит решить, с тем чтобы выделить подзадачи, подподзадачи и т. д., пока, наконец,



первоначальная задача не будет сведена к набору тривиальных элементарных задач» [12, с. 91]. В данном случае под элементарной задачей будем понимать выражение вида  $a = S$ , где  $a$  — переменная;  $S$  — арифметическое выражение (например, определенное по правилам ФОРТРАН), у которого  $S$  или не содержит неизвестных величин, или неизвестная величина в  $S$  представляет собой цель. Кроме того, вводится понятие условно элементарной задачи. Данная задача будет иметь место, если в  $S$  будет входить одно или несколько неизвестных, не являющихся целью, для разрешения которых не могут быть заданы подзадачи.

Реализация метода редукции задачи, или сведения задачи к совокупности подзадач приводит к построению И/ИЛИ-графа [12]. Начальная вершина такого графа соответствует цели исходной задачи. Цель процесса поиска решения, осуществляемого на И/ИЛИ-графе, — показать, что начальная вершина разрешима. Определение разрешимости и неразрешимости вершин в И/ИЛИ-графе приведено в работе [12]. На рисунке показан И/ИЛИ-граф

решения данной задачи. В двойных рамках указаны элементарные задачи. Если при построении И/ИЛИ-графа какая-либо подзадача не может быть сформулирована на основании содержимого массива УСЛОВИЕ, то УРАЗ обращается к БФП.

После доказательства разрешимости или неразрешимости начальной вершины построение И/ИЛИ-графа считается законченным. В первом случае УРАЗ, используя указатели возврата, определяет результирующее выражение для цели: 1)  $TPL = 36/VT$ ; 2)  $TRK = 36/VT - 10$ ; 3)  $VPK = 36/(36/VT - 10)$ ; 4)  $VT = 36/(36/VT - 10) - 15$ .

Практически УРАЗ вначале получает результирующее выражение в общем виде, а затем блок алгебраических преобразований приводит результирующее выражение к виду  $XVT^2 + XVKVT - VKSPK = 0$ . Если заданы численные значения переменных, блок подстановки осуществляет соответствующие замены и производит возможные сокращения:  $VT^2 + 15VT - 54 = 0$ , и наконец, блок решения алгебраических уравнений получает результат  $VT = 3$  км/ч. Специальный блок унификации (БУ) следит за соблюдением соответствия между единицами измерения заданных численных значений переменных. Так, если скорость задана в км/ч, а расстояние — в м, то БУ преобразует последнюю величину таким образом, чтобы она тоже измерялась в км. Если конкретные значения переменных не заданы, уравнение решается в общем виде.

УСФП реализована на языках ФОРТРАН и АСЕМБЛЕ и ориентирована на ЕС ЭВМ, а УРАЗ полностью описан на языке ФОРТРАН-4.

Список литературы: 1. *Гладун В. П.* Эвристический поиск в сложных средах. Киев, Наукова думка, 1977. 166 с. 2. *Ловицкий В. А.* Система формирования понятий для объектов, заданных неявным набором признаков.— Проблемы бионики. Харьков, 1977, вып. 18, с. 73—81. 3. *Бонгард М. М.* Проблемы узнавания. М., Наука, 1967. 320 с. 4. *Бенерджи Р.* Теория решения задач. М., Мир, 1972. 224 с. 5. *Хант Э., Марин Дж., Стоун Ф.* Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине. М., Мир, 1970. 301 с. 6. *Погосян Э. М.* К теории автоматического синтеза понятий.— Семантика и информатика. М., 1977, вып. 8, с. 125—152. 7. *Рейтман У.* Познание и мышление. М., Мир, 1968. 400 с. 8. *Слейгл Дж.* Искусственный интеллект. М., Мир, 1973. 319 с. 9. *Тыгу Э., Унт М.* Эксперименты с решателем вычислительных задач.— В кн.: Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, кн. 3. М., Изд-во АН СССР, 1976, с. 3.172—3.182. 10. *Катаева А. А., Ким С. Г.* Восприятие и обобщение величин умственно отстающих дошкольников.— Дефектология, 1976, № 6, с. 72—77. 11. *Kazuya S., Masao J., Hideo J.* A system solving arithmetic problems on a computer.— Scientific and Engineering Review Doshisha University, 1973, v. 1, No 4, p. 175—193. 12. *Нильсон Н.* Искусственный интеллект. М., Мир, 1973. 301 с. 13. *Мальковский М. Г.* Программа APRIL, решающая арифметические задачи в словесной формулировке.— Алгоритмы и алгоритмические языки. М., Мир, 1973, вып. 6, с. 113—159. 14. *Кац Б. Г.* Арифметические задачи на движение.— Автоматика и телемеханика, 1972, № 2, с. 109—112. 15. *Аксельрод И. Р., Белоус Л. Ф.* Входной язык системы автоматического программирования «Сириус». Харьков, Изд-во ХГУ, 1969. 68 с. 16. *Khalil T. M., Lovitsky V. A.* Structure of memory in concept formation. — In: IEEE Conference on Systems