

УДК 519.685:510

## Планирование на семантических таблицах решений

*Минаев К.В., преподаватель  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
отдел КВ УВЦ*

*Жуков Р.В., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Федоров Д.Б., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Белоус К.С., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Научный руководитель: Старчак С.Л., д.т.н., доцент, профессор отдела №1УВЦ ВИ  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный консультант: Григоренко В.М., к.т.н., доцент, начальник направления НИЦ  
(РКО) ФГКУ «4 ЦНИИ» МО РФ  
[starchak@bmstu.ru](mailto:starchak@bmstu.ru)*

### Введение

Согласно [1], автоматическое планирование — это область задач искусственного интеллекта, касающаяся выполнения стратегии или последовательности действий для достижения поставленной задачи или состояния. В настоящий момент данная область информационных технологий востребована, а решения, обеспечивающие автоматическое планирование применяются в широком спектре задач: от коммерческого планирования до действий марсохода при потере связи с командным центром. Автоматическое планирование может применяться и в военных целях для оптимизации действий различных типов вооружения и военной техники в боевых действиях, или для автоматизации действий в различных системах предупреждения и контроля.

В настоящее время наиболее широко применяется иерархическое планирование, однако оно обладает рядом недостатков. Поэтому востребован поиск других подходов к

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/620694.html>

планированию, одним из которых является планирование на семантических таблицах решений.

### Семантические таблицы решений

У типичного планировщика три входа: описание начальных условий, описание желаемой цели и множество возможных действий [1].

Данные входные параметры можно представить в виде следующей семантической модели:

$$M = (A, \Omega, O),$$

Где  $A = (a_1, \dots, a_n)$  – конечное множество атрибутов модели,  $\Omega = (\Omega_1, \dots, \Omega_n)$  – множество их значений;  $O = (o_1, \dots, o_k)$  – множество экземпляров отношений, связывающих эти атрибуты. Такую модель удобно представлять внутримашинно в виде двух матриц  $R^0$  и  $r^0$  размером  $n \times k$ , элементы которых определяются следующими отношениями:

$$r_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{ый атрибут является входным для } j - \text{го отношения} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$
$$R_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{ый атрибут является выходным для } j - \text{го отношения} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$
$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, k}$$

Эти множества образуют матрицу размерности  $2n \times k$ , которую будем называть семантической таблицей решения (СТР). По существу, СТР представляет собой булеву матрицу.

### Планирование на семантических таблицах решений

На основе предложенной семантической модели может быть сформулирована следующая задача.

Пусть  $U^0, W^0$  – непересекающиеся множества атрибутов модели. Необходимо инициализировать все атрибуты из  $W^0$  путем разрешения отношений модели, если инициализированы все атрибуты из множества  $U^0$ .

Под инициализацией следует понимать присвоение атрибуту какого-либо значения из его множества значений.

Множества  $U^0$  и  $W^0$  можно представить в виде векторов с компонентами:

$$U_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i \in U^0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$
$$W_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i \in W^0 \\ 0, & \text{иначе, } i = \overline{1, n} \end{cases}$$

Введем вспомогательные матрицы  $A, B$  размерностью  $n \times k$  и вектора  $g$  и  $h$ , причем:

$$A_j = r_j^0 \wedge \overline{U^0}, B_j = 0; j = \overline{1, n}$$

$$g = \overline{U^0} \wedge \left( \bigvee_{j=1}^k r_j^0 \right); h = \overline{U^0} \wedge \left( \bigvee_{j=1}^k R_j^0 \right)$$

Вначале следует провести проверку на разрешимость поставленной задачи:

**Для t цикл**

**Для j цикл**

$$R_j^t := R_j^{t-1} \wedge h; r_j^t := r_j^{t-1} \wedge g;$$

$$\text{Если } P_j, \text{ то } U^t := U^{t-1} \vee R_j^t; B_j := B_j \vee R_j^t$$

**Повторить по j;**

$$W^t := W^{t-1} \wedge \overline{U^t}; g := g \wedge \overline{U^t}; h := h \wedge \overline{U^t};$$

**Повторить по t;**

Здесь t – номер итерации, а  $P_j$  – предикат разрешимости.

В простейшем случае его значение определяется выражением

$$((\text{число единиц в } r_j^t) == 0 \vee ((\text{число единиц в } r_j^t) == 1 \wedge (r_j^t \wedge R_j^t) != 0)).$$

Для общего случая возможны и другие, более сложные выражения.

При этом, можно доказать, что задача инициализации  $W$  разрешима тогда и только тогда, когда существует  $t \leq k$ , такой что  $W^t = 0$ .

Вторым этапом планирования является алгоритм «прополки», который формирует цепочку систем отношений  $\Phi_i$  и атрибутов  $X_i$ , которые могут быть получены из отношений  $\Phi_i$ , причем отношения из этого множества могут решаться параллельно:

**Для i цикл**

$$A_i := A_i \wedge \overline{B_i} \text{ (конъюнкция столбцов матриц A и B)}$$

**Повторить по i;**

$$X_1 := W^0$$

**Для i от 1 до k пока  $X_i \neq 0$  цикл**

$$\Phi_i := B^T \wedge X_i;$$

$$X_{i+1} := A \wedge \Phi_i$$

**Повторить по i.**

В общем виде функционально-логическая схема имеет вид, представленный на рисунке 1.

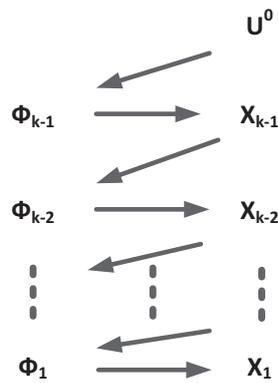


Рис. 1. Вид функционально-логической схемы

### Пример планирования на семантических таблицах решений

Рассмотрим работу алгоритма на простой задаче.

Пусть предметная область описывается следующими атрибутами:  $f, m, a, \Delta v, \Delta t, v, \Delta s, v_1, v_2, \Delta E, E_1, E_2, t_1, t_2$ . В предметной области справедливы следующие отношения:

- 1)  $f = m * a$ ;
- 2)  $\Delta v = a * \Delta t$ ;
- 3)  $\Delta s = v * \Delta t$ ;
- 4)  $2v = v_1 + v_2$ ;
- 5)  $\Delta E = f * \Delta s$ ;
- 6)  $\Delta v = v_1 - v_2$ ;
- 7)  $\Delta E = E_2 - E_1$ ;
- 8)  $\Delta t = t_2 - t_1$ ;
- 9)  $E_1 = m * v_1^2 / 2$ ;
- 10)  $E_2 = m * v_2^2 / 2$ ;
- 11)  $a = (v_2 - v_1) / \Delta t$ .

Для заданной модели формулируется задача: вычислить  $v_1, \Delta E, s$  если известны  $m, \Delta t, a, v_2$ . Графически, предметная область может быть представлена графом, изображенным на рисунке 2 (атрибуты представлены в виде прямоугольников, а отношения в виде овалов). Искомые атрибуты выделены серым цветом, а известные – жирным контуром.

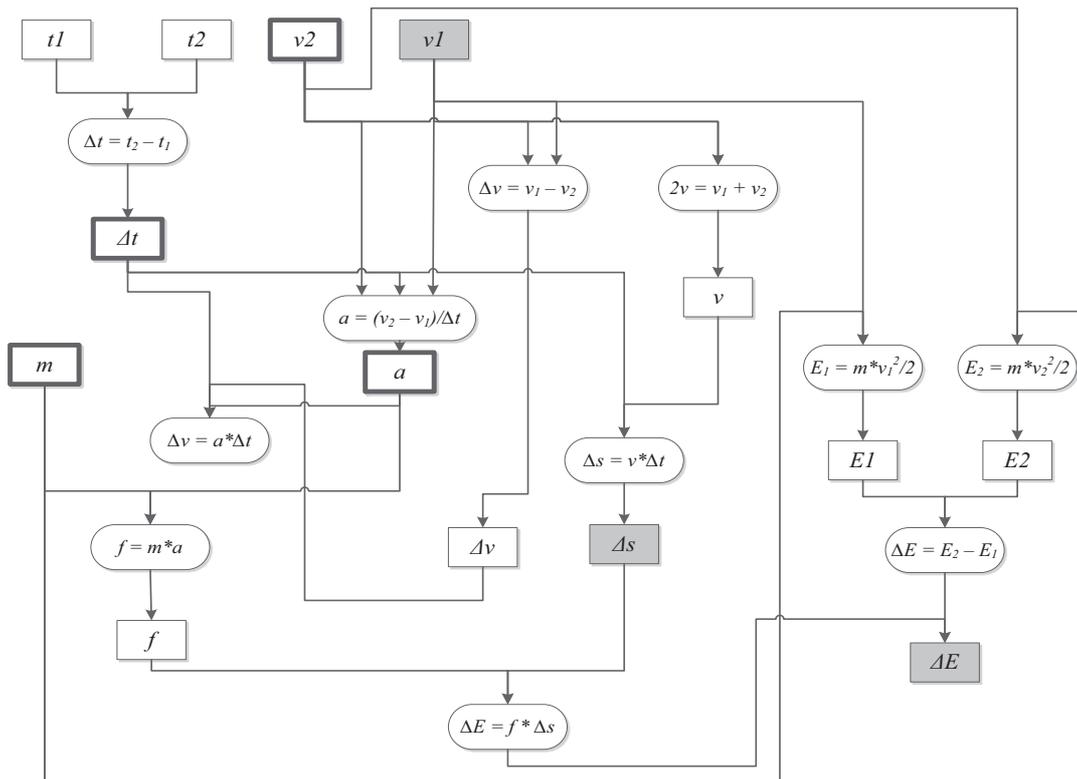


Рис. 2. Графическое представление предметной области

Семантические таблицы решений для данной предметной области (нули специально опущены, для лучшего понимания) будут заданы следующим образом:

$r^0$	$f = m*a$	$\Delta v = a*\Delta t$	$\Delta s = v*\Delta t$	$2v = v_1 + v_2$	$\Delta E = f * \Delta s$	$\Delta v = v_1 - v_2$	$\Delta E = E_2 - E_1$	$\Delta t = t_2 - t_1$	$E_1 = m*v_1^2/2$	$E_2 = m*v_2^2/2$	$a = (v_2 - v_1)/\Delta t$
$f$					1						
$m$	1								1	1	
$a$	1	1									
$\Delta v$											
$\Delta t$		1	1								1
$v$			1								
$\Delta s$					1						
$v_1$				1		1			1		1
$v_2$				1		1				1	1
$\Delta E$											
$E_1$							1				
$E_2$							1				
$t_1$								1			
$t_2$								1			

$R^0$	$f = m*a$	$\Delta v = a*\Delta t$	$\Delta s = v*\Delta t$	$2v = v_1 + v_2$	$\Delta E = f * \Delta s$	$\Delta v = v_1 - v_2$	$\Delta E = E_2 - E_1$	$\Delta t = t_2 - t_1$	$E_1 = m*v_1^2/2$	$E_2 = m*v_2^2/2$	$a = (v_2 - v_1)/\Delta t$
$f$	1										
$m$											
$a$											1
$\Delta v$		1				1					
$\Delta t$							1				
$v$				1							
$\Delta s$			1								
$v_1$											
$v_2$											
$\Delta E$					1		1				
$E_1$								1			
$E_2$									1		
$t_1$											
$t_2$											

В результате работы алгоритма планирования на СТР вычисляются следующие векторы:

$$X_1^T = (00000010010000);$$

$$\Phi_1^T = (00100010000);$$

$$X_2^T = (00000100001100);$$

$$\Phi_2^T = (00010000110);$$

$$X_3^T = (00000001000000);$$

$$\Phi_3^T = (00000000001).$$

Как видно, задача решается за 3 итерации. При первой итерации из выражения «11» (вектор  $\Phi_3$ ) находится атрибут «8» (вектор  $X_3$ ), то есть, из  $a = (v_2 - v_1)/\Delta t$  находится  $v_1$  по известным  $\Delta t$ ,  $a$  и  $v_2$ . Далее, из отношений «4», «9» и «10» находятся атрибуты «6», «11» и «12» (из  $2v = v_1 + v_2$ ,  $E_1 = m*v_1^2/2$  и  $E_2 = m*v_2^2/2$  находятся  $v$ ,  $E_1$  и  $E_2$ ), причем эти действия можно проводить параллельно. Наконец, при третьей итерации из отношений «3» и «7» находятся атрибуты «7» и «10», то есть  $\Delta E$  и  $\Delta s$  из  $\Delta s = v*\Delta t$  и  $\Delta E = E_2 - E_1$ .

### Заключение

В данной работе был рассмотрен алгоритм планирования на семантических таблицах решения, которые представляют собой булевы матрицы. Двоичное представление модели предметной области, описанной семантическими таблицами решений, позволяет эффективно хранить и обрабатывать их на ЭВМ, а так же позволяет повысить производительность алгоритма при машинном вычислении за счёт оптимизации поразрядных операций. В результате исследований алгоритм реализован на языке

высокого уровня C++ в виде автономного программного модуля планирования, который может быть интегрирован в автоматизированную систему реального времени.

### Список литературы

1. Автоматическое планирование и диспетчеризация [Электронный ресурс] // URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Automated\\_planning\\_and\\_scheduling](http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_planning_and_scheduling) (дата обращения: 13.06.2013г.).
2. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. Дискретная математика. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. -744 с.
3. Вышинский В. А., Фурман И. А. Об использовании булевых матриц и операций над ними для построения быстродействующих программируемых устройств логического управления // Управляющие системы и машины. 1986. №2. С. 12-16.
4. Отчет о НИР по теме: «Поисковые исследования методов обеспечения контроля за потоками информации в распределённых АСУ специального назначения» (шифр «Скаут-АСУ») / МГТУ. Минаев К.В., Жуков Р.В., Федоров Д.Б., Белоус К.С.[и др.] - М., 2012.