

## ЗАДАЧА ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЙ СИСТЕМЫ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

А.Н. Твердохлеб

(представил д.т.н., проф. Х.А. Турсунходжаев)

В статье рассматриваются вопросы планирования и прогнозирования действий некоторой системы в пространстве состояний с использованием методов автоматического доказательства теорем.

Функционирование многих систем различного назначения носит целенаправленный характер. Типичным актом такого функционирования является решение задачи планирования пути достижения нужной цели из некоторой фиксированной начальной ситуации. Результатом решения задачи должен быть план действий – частично -упорядоченная совокупность действий.

Считается заданным некоторое пространство ситуаций. Описание ситуаций включает состояние внешнего мира и состояние системы, характеризуемое рядом параметров. Ситуации образуют некоторые обобщенные состояния, а действия системы или изменения во внешней среде приводят к изменениям актуализированных в данный момент состояний. Среди обобщенных состояний можно выделить начальные состояния (обычно одно) и конечные (целевые) состояния. Поиск плана действий состоит в поиске пути, ведущего из начального состояния в одно из конечных.

Представление задач в пространстве состояний предполагает задание ряда описаний: состояний, множества операторов и их воздействий на переходы между состояниями, целевых состояний [1]. Каждое состояние системы описано некоторой совокупностью признаков. Анализ признаков позволяет выявлять состояния системы, в том числе и целевые. Каждый оператор определяется некоторым действием или последовательность действий, переводящих систему из текущего состояния в последующее.

Всю совокупность действий можно разделить на два класса. Первый класс составляют действия, источником которых является система и которые целенаправленно переводят систему из начального состояния в задан-

ное целевое состояние. Второй класс составляют действия, источником которых является внешняя среда. Наличие действий внешней среды приводит к появлению нестандартных ситуаций в системе, для которых нет заранее известной последовательности действий, приводящей к необходимому целевому состоянию. Кроме того, в случае решения задачи планирования и прогнозирования действий сил и средств группировок войск, когда имеется вооруженное противостояние и в качестве внешней среды выступает противник, действия внешней среды могут препятствовать достижению заданного целевого состояния. Если элементы первого класса действий полностью известны и известны переходы между состояниями под воздействием этих действий, то элементы второго класса действий могут быть неизвестны. Кроме того, могут быть неизвестны состояния системы, к которым приводят эти действия.

Так как при вооруженном противостоянии, когда в качестве внешней среды выступает противник, действия внешней среды направлены на то, чтобы препятствовать достижению системой заданного целевого состояния, то при функционировании системы возможно возникновение состояний, из которых целевое состояние системой не может быть достигнуто. Такие состояния называются тупиковыми. Наличие тупиковых состояний приводит к необходимости выбора такой последовательности действий (плана), которая позволяла бы избежать возникновения тупиковых состояний, не зависимо от поведения внешней среды.

Таким образом, решение задачи планирования действий состоит в построении частично-упорядоченной последовательности действий, приводящей систему из начального состояния в целевое состояние, которая позволила бы избежать возникновения тупиковых ситуаций. При этом полученный план должен быть оптимальным в смысле затрачиваемых ресурсов, должен выполняться ряд ограничений, к которым относятся ограничения на параметры управления, временные, пространственные ограничения и т. д.

Пространство состояний системы можно представить в виде графа, вершины которого помечены состояниями, а дуги - операторами переходов. Пример такого графа представлен на рисунке 1. Состояние  $Q_{41}$  является начальным, состояния  $Q_{12}$  и  $Q_{13}$  являются целевыми, состояния  $Q_{11}$  и  $Q_{14}$  являются тупиковыми состояниями системы. Множество  $\{s_1, \dots, s_{13}\}$  является множеством операторов, переводящих систему из текущего состояния в последующее. Операторы  $\{s_2, \dots, s_4, s_6, \dots, s_{13}\}$  обусловлены действиями системы, операторы  $\{s_1, s_5\}$  обусловлены действиями внешней среды.

Так как каждое состояние  $Q_{ij}$  характеризуется некоторым набором признаков, то состояние  $Q_{ij}$  можно рассматривать как составной объект. Для распознавания состояния  $Q_{ij}$  целесообразно использовать многозначную логику присутствия [2].

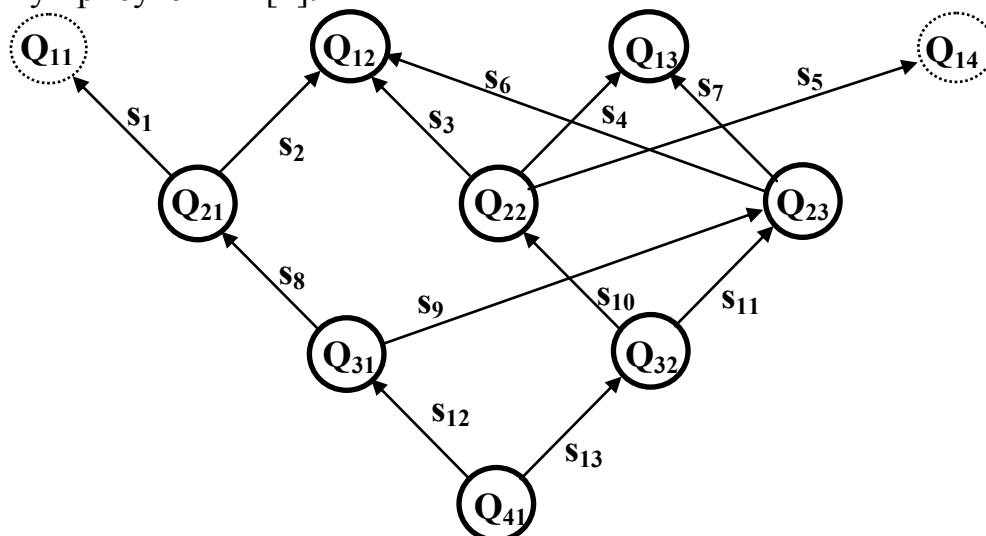


Рисунок 1 - Граф состояний системы

Переход системы из текущего состояния в последующее под действием некоторого оператора  $s_k$  можно представить в виде графа (рис.2), где  $d_k$  - некоторое действие;  $l_k$  - условия, необходимые для выполнения действия  $d_k$ ;  $r_k$  - ресурсы, необходимые системе для выполнения действия  $d_k$ .

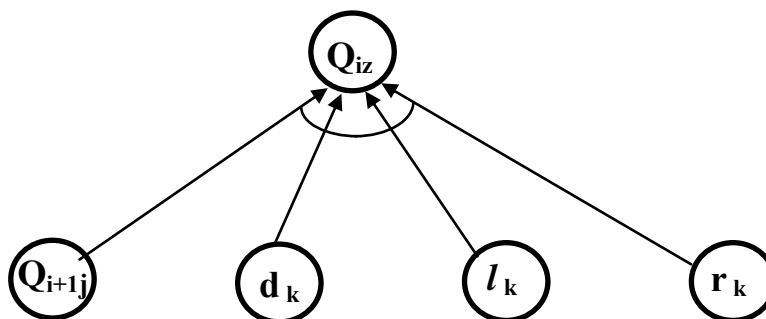


Рисунок 2 - Граф достижимости состояния  $Q_{iz}$  из состояния  $Q_{i+1j}$

Достижимость системой состояния  $Q_{iz}$  из состояния  $Q_{i+1j}$  можно представить выражением булевой алгебры:  $Q_{i+1j} \cap l_k \cap d_k \cap r_k \rightarrow Q_{iz}$ . Тогда для приведенного примера база правил по функционированию системы будет иметь вид:

$$Q_{21} \cap l_1 \cap d_1 \cap r_1 \rightarrow Q_{11};$$

$$\begin{aligned}
& (Q_{22} \cap l_4 \cap d_4 \cap r_4) \cup (Q_{23} \cap l_7 \cap d_7 \cap r_7) \rightarrow Q_{13}; \\
& (Q_{21} \cap l_2 \cap d_2 \cap r_2) \cup (Q_{22} \cap l_3 \cap d_3 \cap r_3) \cup (Q_{23} \cap l_6 \cap d_6 \cap r_6) \rightarrow Q_{12}; \\
& Q_{22} \cap l_5 \cap d_5 \cap r_5 \rightarrow Q_{14}; \quad Q_{31} \cap l_8 \cap d_8 \cap r_8 \rightarrow Q_{21}; \\
& \quad Q_{32} \cap l_{10} \cap d_{10} \cap r_{10} \rightarrow Q_{22}; \\
& (Q_{31} \cap l_9 \cap d_9 \cap r_9) \cup (Q_{32} \cap l_{11} \cap d_{11} \cap r_{11}) \rightarrow Q_{23}; \\
& Q_{41} \cap l_{12} \cap d_{12} \cap r_{12} \rightarrow Q_{31}; \quad Q_{41} \cap l_{13} \cap d_{13} \cap r_{13} \rightarrow Q_{32}.
\end{aligned}$$

Для решения задачи планирования действий системы целесообразно использование методов автоматического доказательства теорем. При этом базу знаний системы будут составлять правила, представленные в виде продукций и определяющие переходы между состояниями системы, и первичные факты, в качестве которых выступают ресурсы, доступные системе, а так же условия, определяющие возможность выполнения действий.

Результатом решения задачи будет одна или несколько последовательностей действий с соответствующими параметрами управления, реализация каждой из которых позволит достичь заданного целевого состояния из начального. Если результатом решения задачи будет несколько последовательностей действий, то в качестве плана необходимо выбрать ту, которая при минимальном расходе ресурсов позволит избежать возникновения тупиковых ситуаций, независимо от поведения внешней среды. Использование методов автоматического доказательства теорем для решения задач планирования действий системы в пространстве состояний позволяет автоматизировать процесс планирования.

Применение рассмотренного подхода для автоматизации логико - аналитической деятельности органов управления всех уровней позволяет разрабатывать и использовать интеллектуальные системы планирования действий, в рамках которых важное место занимают методы и методики решения задач планирования и прогнозирования действий сил и средств группировок войск.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ярушек В.Е., Прохоров В.П., Судаков Б.Н. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления. - ХВУ, 1993. - С. 361 - 364.
2. Прохоров В.П., Твердохлеб А.Н., Володин М.И. Использование логического подхода для принятия решений в условиях неопределенности. //

Системы обработки информации. Сб. научных трудов. - Харьков: ХВУ, 1998. - С. 53 - 58.