

УДК 623.004.67

И.В. Толок¹, А.В. Коваль²¹Генеральный штаб Вооруженных Сил Украины, Киев²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ПОСТРОЕНИЕ РАСПИСАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АКТИВНЫХ СРЕДСТВ

В статье рассмотрена методология составления оперативных планов расписания функционирования системы поддержки принятия решений посредством описания активного расписания, которое соответствует графу системы без параллельных приборов, основанные на теории графов.

Ключевые слова: расписание функционирования системы поддержки принятия решений, теория графов.

Введение

Постановка задачи. Поддержание высокого уровня постоянной готовности к применению активных средств Министерства обороны Украины при сложившемся уровне материально-технической базы в значительной степени зависит от эффективности принятия решения лицом, принимающим решение. При этом особое место в повышении эффективности принятия решения отводится системе поддержки принятия решений, неотъемлемой частью которой является оперативное управление. Оперативное управление информацией для автоматизированной системы управления активными средствами, на основе теории графов, представляет собой важную научно-техническую задачу, актуальность которой определяется поддержанием активных средств противодействующих сторон в состоянии постоянной готовности к применению.

Анализ литературы. В известной литературе, посвящённой математическому моделированию проектирования систем поддержки принятия решений [1 – 5], описываются элементы основ теории управления войсками [1], известные математические методы и модели в управлении [2], существующие модели и методы проектирования информационного обеспечения АСУ [3], используемые системы поддержки принятия решений при проектировании, применении, оценки эффективности сложной системы [4], а также возникающие проблемы, парадоксы и перспективы при развитии моделей принятия решений [5].

Однако в этих работах не рассматриваются вопросы построения расписания функционирования системы поддержки принятия решения для активных средств противодействующих сторон на основе теории графов.

Целью статьи является построения активного расписания, соответствующее графу сетевого представления информации системы поддержки принятия решений без параллельных приборов для активных средств противодействующих сторон.

Основной материал

Особое место в повышении эффективности и качества работы системы поддержки принятия решения для активных средств противодействующих сторон отводится оперативному управлению процессами управления, неотъемлемой частью которого является составление оперативных планов основой которых является построение расписания функционирования системы поддержки принятия решений для активных средств противодействующих сторон [3]. При этом ограничения на порядок выполнения операций могут быть описаны посредством задания, так называемого взвешенного смешанного графа $G = (Q, U, V)$ [4]. При этом возможны различные варианты систем поддержки принятия решений. Рассмотрим случай обслуживающей системы, каналы которой состоят из единственного поста так называемые системы без параллельных приборов. В этом случае допустимое относительно графа $G = (Q, U, V)$ расписание должно удовлетворять следующим условиям:

$$1) \underline{t}_j - \underline{t}_i \geq a_{ij} \text{ для всех } (i, j) \in U; \quad (1)$$

$$2) \underline{t}_j - \underline{t}_i \geq a_{ij} \text{ либо } \underline{t}_i - \underline{t}_j \geq a_{ji} \text{ для всех } [i, j] \in V.$$

Если дано некоторое допустимое расписание, то для каждого ребра $[i, j] \in V$ известно, какое именно из двух указанных в условии (1) неравенств имеет место. Если справедливо первое неравенство, то заменим ребро $[i, j]$ дугой (i, j) , приписав ей вес a_{ij} . В противном случае заменим ребро $[j, i]$ дугой (j, i) , приписав ей вес a_{ji} .

Обозначим через $\tilde{P}(G)$ множество всех ориентированных графов, порожденных смешанным графом $G = (Q, U, V)$ в результате замены каждого ребра $[i, j] \in V$ дугой (i, j) весом a_{ij} или дугой (j, i) с весом a_{ji} .

Каждое допустимое относительно G расписание однозначно определяет некоторый граф из множества $\tilde{P}(G)$. Обратное, вообще говоря, неверно. Для существования расписания, допустимого относительно некоторого графа (Q, U') из $\tilde{P}(G)$, необходимо и достаточно, чтобы этот граф не содержал контуров положительного веса (необходимо учесть, что весом контура или пути во взвешенном графе называется сумма весов дуг, входящих в этот контур или путь).

Для каждого графа (Q, U') , не содержащего контура положительного веса, однозначно определяется так называемое активное расписание, при котором выполнение операций начинается в наиболее ранние сроки и, следовательно, оно является наилучшим среди всех допустимых относительно графа (Q, U') расписаний.

Активное расписание, соответствующее графу (Q, U') , строится при помощи следующей процедуры.

Этап 1. Для каждой упорядоченной пары вершин (i, j) необходимо выделить все пути из вершины i в вершину j и выбрать среди них путь наибольшего

веса. Этот вес обозначается через V_{ij} . Если в графе (Q, U') не существуют пути из i в j , то положим $V_{ij} = -\infty$. Поскольку в графе (Q, U') не содержится контуров положительного веса, то значение $V_{ij} < \infty$ для всех пар вершин $i, j \in Q$.

Этап 2. Для каждой вершины i положим $t_i = \max_{1 \leq j \leq q} \{0, V_{ji}\}$. Значения $t_i, i = 1, \dots, q$, очевидно, удовлетворяют условиям $t_j - t_i \geq a_{ij}$ для каждой дуги $(i, j) \in U'$ и тем самым определяется искомое расписание.

Если предположить, что граф, изображенный на рис. 1 соответствует системе без параллельных приборов, т.е. первый канал включает только один пост.

Тогда один из графов $(Q, U') \in \tilde{P}(G)$ имеет вид, изображенный на системе без параллельных приборов.

Соответствующее активное расписание задано в табл. 1 и изображено в виде графика на рис. 3.

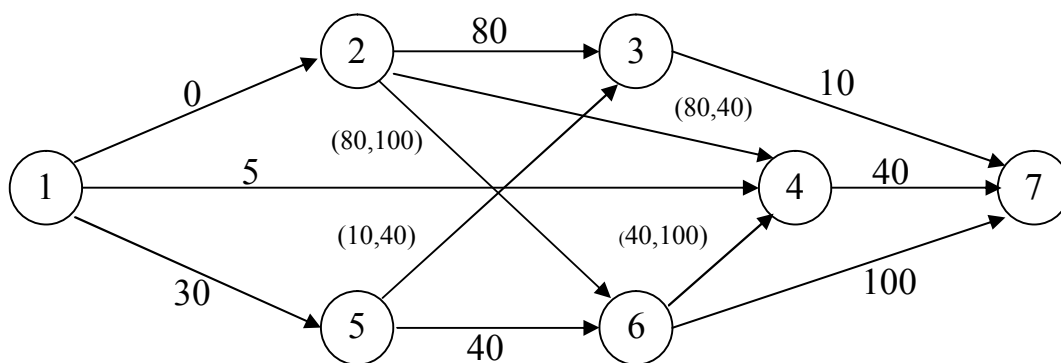


Рис. 1. Граф системы без параллельных приборов

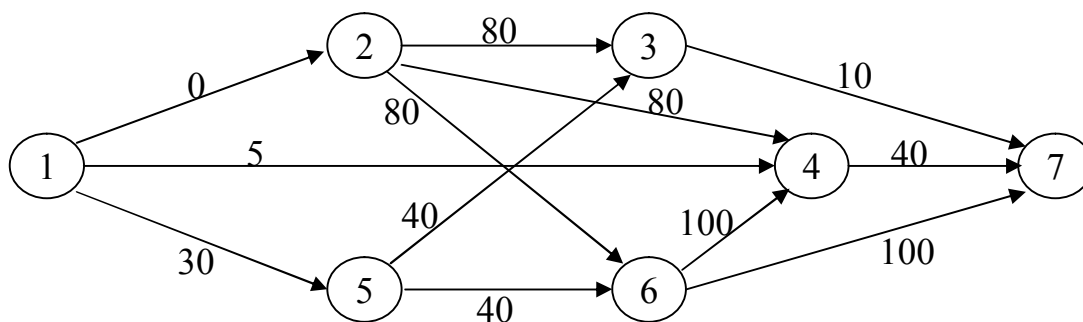


Рис. 2. Граф системы без параллельных приборов, где первый канал включает только один пост

Таблица 1

Активное расписание системы без параллельных приборов

Номер операции i	1	2	3	4	5	6	7
Момент начала операции t_i	0	0	80	180	30	80	220

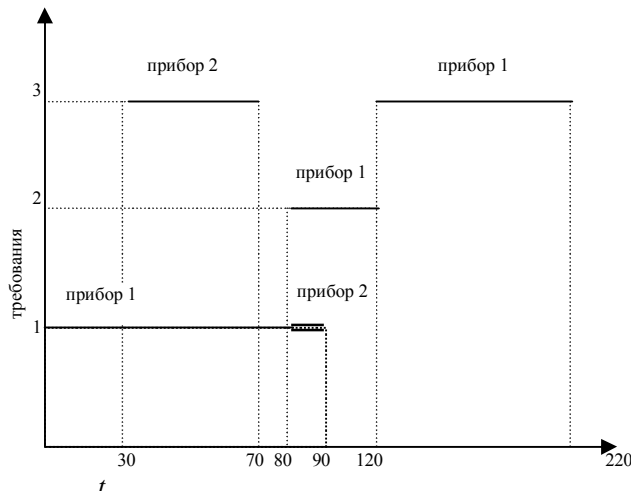


Рис. 3. График активного расписания соответственно таблице 1

Графу (Q, U') соответствует матрица

$$\{V_{ij}\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 80 & 180 & 30 & 80 & 220 \\ -\infty & X & 80 & 180 & -\infty & 80 & 220 \\ -\infty & -\infty & X & -\infty & -\infty & -\infty & 150 \\ -\infty & -\infty & -\infty & X & -\infty & -\infty & 40 \\ -\infty & -\infty & 40 & 140 & X & 40 & 180 \\ -\infty & -\infty & -\infty & 100 & -\infty & X & 140 \\ -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & X \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Оптимальное по тому или иному критерию $F(x_1, \dots, x_n)$ расписание строится при помощи направленного перебора элементов множества $\tilde{P}(G)$ с использованием, как правило, одной из разновидностей метода ветвей и границ [2]. Трудоемкость построения оптимального расписания зависит от размера задачи: числа вершин, дуг и ребер графа G , т.е. количества требований, числа операций по их обслуживанию, числа обслуживающих приборов, количества ограничений на последовательность выполнения операций. Вычислительные трудности позднее будут обсуждаться подробнее.

Для рассматриваемого примера различные варианты перестройки смешанного графа $G = (Q, U, V)$ в ориентированный граф (Q, U') можно получить, выбирая одну из двух возможных ориентации каждого из четырех ребер графа G , т.е. $2^4 = 16$ вариантов. Из них не содержат контуров только 9 (для графов с положительными весами a_{ij} для всех i и j отсутствие контуров положительного веса эквивалентно отсутствию всяких контуров). Им соответствуют активные расписания, длина которых изменяется в пределах от 220 до 300 единиц времени. Наряду с расписанием из табл. 1 оптимальным по быстродействию является расписание, задаваемое таблицей 2, изображенное на рис. 4.

Соответствующий ориентированный граф (Q, U') изображен на рис. 5. От графа, изображенного на рис. 2, он отличается только ориентацией ребра [4, 6].

Для этого расписания суммарное время пребывания требований в системе равно

$$t_{\Sigma} = 90 + 115 + 190 = 395. \quad (3)$$

Для расписания табл. 2

$$t_{\Sigma} = 90 + 215 + 150 = 455. \quad (4)$$

Таким образом, равноценные по критерию быстродействия расписания оказались далеко не равноценными по критерию суммарного пребывания заявок в системе. Обычно оптимальное по одному из критериев решение не совпадает с оптимальным по иному критерию решением. Если требуется планировать техническое обслуживание с минимальными потерями времени из-за невыхода автомобилей в рейс, то следует минимизировать $t_{\text{сум}}$. Если же важнее повышение интенсивности работы ремонтных служб, то следует строить оптимальное по быстродействию расписание.

Таблица 2

Активное расписание системы без параллельных приборов

Номер операции i	1	2	3	4	5	6	7
Момент начала операции t_i	0	0	80	80	30	120	220

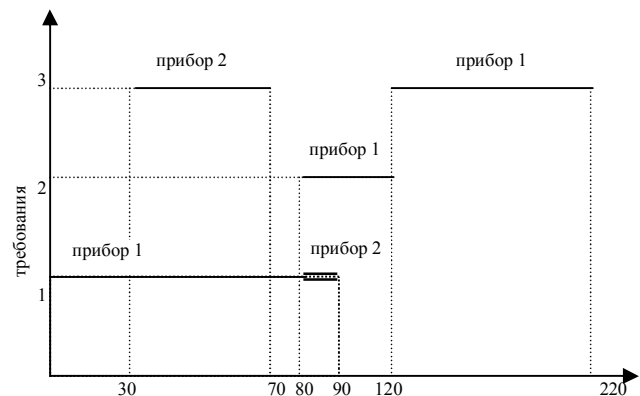


Рис. 4. График активного расписания соответственно таблице 2

И в том, и в другом случае у отдельных требований возможны большие промежутки времени между последовательными операциями, что может быть нежелательно (например, могут быть превышены некоторые нормативы). Или же возможны длительные промежутки, на протяжении которых отдельные приборы не заняты обслуживанием (простаивают).

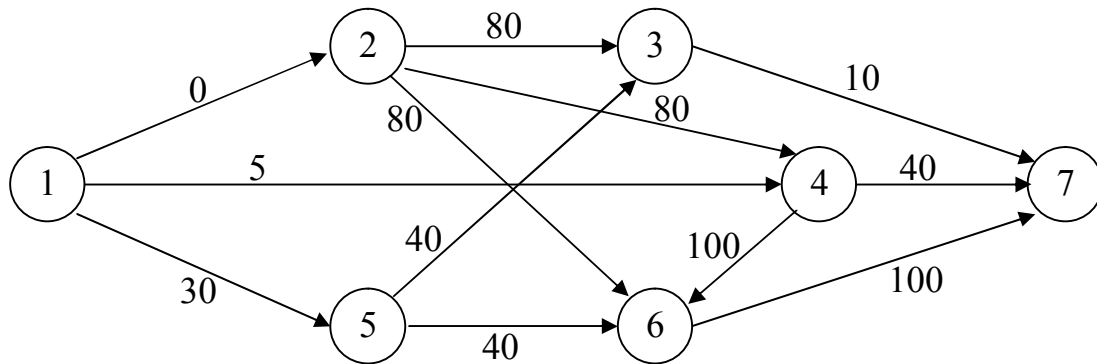


Рис. 5. Граф системы без параллельных приборов, соответственно таблице 2

Для исключения подобных аномалий можно учесть при составлении расписаний директивные сроки окончания обслуживания всех или некоторых требований, а также ограничить.

Следует, однако, заметить, что если среди a_{ij} есть отрицательные и имеются контуры неположительного веса, то задача проверки существования допустимого решения является значительно более трудной с вычислительной точки зрения, чем задача для неотрицательных a_{ij} .

Выводы

1. В статье рассмотрена методология составление оперативных планов, основой которых является построение расписания функционирования системы поддержки принятия решений для активных средств противоборствующих сторон, при ограничении на задании, взвешенного смешанного графа системы без параллельных приборов для активных средств противоборствующих сторон.

2. Предложена процедура, описывающая активное расписание, соответствующее графу системы без параллельных приборов.

3. Методология составление оперативных планов, процедура, описывающая активное расписание, соответствующее графу системы без параллельных приборов основанные на теории графов может

быть учтена при построении системы поддержки принятия решений автоматизированной системы управления активными средствами противоборствующих сторон.

Список литературы

1. Алтухов П.К. Основы теории управления войсками / П.К. Алтухов, И.А. Афонский, А.Е. Татарченко; под ред. П.К. Алтухова. – М.: Воениздат, 1984. – 221 с.
2. Шикин Е.В. Математические методы и модели в управлении / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М.: Дело, 2000. – 440 с.
3. Мамиконов А.Г. Модели и методы проектирования информационного обеспечения АСУ / А.Г. Мамиконов, А.Н. Пискунов, А.Д. Цвиркун. – М.: Статистика, 1978. – 221 с.
4. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач; под ред. Б.М. Герасимова. – Севастополь: Издательский центр СНИЯЭиП, 2004. – 319 с.
5. Максимов В. Развитие моделей принятия решений: проблемы, парадоксы и перспективы. / В. Максимов // Банковские технологии. – № 3. – С. 13-18.

Поступила в редколлегию 14.02.2011

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.Б. Кононов, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПОБУДОВА РОЗКЛАДУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ АКТИВНИХ ЗАСОБІВ

I.V. Tolok, O.V. Koval

В статті розглядається методологія складання оперативних планів розкладу функціонування системи підтримки прийняття рішень завдяки опису активного розкладу, яке відповідає графу системи без паралельних приладів, що засновано на теорії графів

Ключові слова: розклад функціонування системи підтримки прийняття рішень, теорія графів.

CONSTRUCTION OF CURRICULUM OF FUNCTIONING SYSTEMS OF SUPPORT OF DECISION-MAKING FOR ACTIVE FACILITIES

I.V. Tolok, A.V. Koval

In the article methodology of drafting of operative plans of curriculum of functioning of the system of support of decision-making is considered by means of description of active time-table, which corresponds a count systems without parallel devices, based on the theory of the graphs

Keywords: curriculum of functioning of the system of support of decision-making, theory of the graphs.