ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. С. М. КИРОВА

Том 223 1972

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Н. ЕФИМОВ, В. И. КИЗЕВ, $\boxed{\text{В. И. НЕВРАЕВ}}$, П. А. СЕДЕЛЬНИКОВ

(Представлена научным семинаром УВЛ)

В автоматизированных системах планирования и управления дискретным производством, использующих сетевую модель при формировании календарного плана запуска-выпуска возникает следующая задача.

Имеется ориентированный граф $G = (I, U)$ без контуров [1], содержащий $|I|$ вершин и $|U|$ дуг. Каждой дуге $(i, j) \in U$, ведущей из вершины i в вершину j, соотносится число $R_{ij} > 0$, имеющее смысл применяемости продукта i в одной партии продукта j. Каждой вершине $j \in I$ графа G ставятся в соответствии числа

$$m_j > 0,\ T_j > 0,\ \Delta_j > 0\ \sigma_j > 0,$$

где: m_j — величина партии выпуска продукта j;

T_j — длительность производственного цикла изготовления продукта j;

Δ_j — количество продукта j, имеющееся в наличии в момент времени T_0, соответствующий началу планируемого периода;

σ_j — количество продукта j, находящееся в производстве в момент времени T_0.

Очевидно, что множество

$$S = \{s_j\}_{j=\overline{1, |I|}},$$

где $S_j = \Delta_j + \sigma_j$,
определяет объем незавершенного производства в количественном выражении.

Для вершин графа G, соответствующих выпускаемым продуктам (готовым изделиям), задаются директивные планы выпуска в виде дискретных функций $f_j(t)$. Отметим, что директивный план может быть задан и любой непрерывной функцией, которая затем квантуется. Так что введение дискретной функции $f_j(t)$ директивного плана не нарушает общности дальнейших рассуждений.

Основываясь на вышеперечисленных данных, требуется трансформировать директивные планы вершин графа, соответствующих выпускаемым продуктам, в частные планы всех остальных вершин (продуктов).

Обозначим через $q^{\text{в}}_{\lambda}$ количество продукта j, выпускаемого в момент времени $t^{\text{в}}_{\lambda}$. Тогда под планом выпуска продукта, соответствующего вершине j, будем понимать конечную совокупность пар

$$P^{\text{В}}_j(t) = \{q^{\text{В}}_{\lambda},\ t^{\text{В}}_{\lambda}\}_{\lambda=\overline{1,\mu}}.$$

Каждая пара

$$p^{\text{в}}_{\lambda} = q^{\text{в}}_{\lambda},\ t^{\text{в}}_{\lambda}$$

составляет элемент плана выпуска.

Аналогично для плана запуска

$$P^{з}j(t) = \{q^{з}_{\lambda},\ t^{з}_{\lambda}\}_{\lambda=\overline{1,\nu}};$$

$$p^{з}_{\lambda} = q^{з}_{\lambda},\ t^{з}_{\lambda};\ \ p^{з}_{\lambda} \in P^{з}_{j}(t).$$

Пусть I' — множество тех вершин графа G, для которых заданы директивные планы выпуска. Тогда для $j \in I'$

$$P^{\text{в}}j(t) = f_j(t).$$

Поэтому основная задача формирования календарного плана — расчет $P^{з}_{j}(t)$ для каждого $j \in I$ и $P^{\text{в}}_{j}(t)$ для $j \in I/I'$. Для расчета $P^{з}_{j}(t)$ по известному $P^{\text{в}}_{j}(t)$ воспользуемся соотношением [1[.

$$P^{з}j(t - Tj) \geqslant P^{\text{в}}j(t) - s_j,$$

выражающим основной принцип поддержания синхронной работы всех подразделений предприятия. Чтобы выполнить это соотношение для всех $j \in I$, необходимо запускать j-й продукт в количестве $q^{з}_{\lambda} = km$ (k — целое положительное число) тогда, и только тогда, когда его имеющееся количество становится меньше планового потребления за период Tj, необходимый для его воспроизводства. Расчет планов выпуска производится по формуле

$$P^{\text{в}}_{i}(t) = \sum_{j \in \Gamma_i} P^{з}_{j}(t) \cdot R_{ij}.$$

Отсюда следует, что $P^{\text{в}}i\ (t)$ для $i \in \Gamma^{-1}_{j}$ можно рассчитать лишь только после того, как рассчитаны все планы запуска для $j \in \Gamma_i$. Поэтому исходную информацию, характеризующую вершины графа, следует упорядочить по слоям, используя, например, методику [2]. Тогда работа предлагаемого алгоритма расчета планов сведется к следующему.

1. Выполнить

$$\{P^{\text{в}}_{j}(t)\}_{j \in I/I'} := \varnothing.$$

Взять первую вершину $j \in I$ из упорядоченной исходной информации.

2. Выполнить $Q := s_j$

Взять первый элемент плана $P^{\text{в}}_{j}(t)$.

3. Выполнить $Q := Q - q_{\lambda}$

4. Проверить, $Q \geqslant 0$? Да. Выполнить шаг 5.

Нет. Выполнить шаг 11.

5. Проверить, все ли элементы плана $P^{\text{в}}_{j}(t)$ рассмотрены. Да. Выполнить шаг 7. Нет. Выполнить шаг 6.

6. Взять следующий элемент плана $P^{\text{в}}_{j}(t)$ и выполнить шаг 3.

7. План $P^{з}_{j}(t) = \{q^{з}_{\lambda}, t^{з}_{\lambda}\}_{\lambda=\overline{1,\nu}}$ сформирован.

Для каждого $i \in \Gamma^{-1}_{j}$ найти частный план выпуска.

$$P^{\text{вч}}_{i}(t) := P^{\text{вч}}_{i}(t) + P^{з}_{j}(t) \cdot R_{ij}.$$

Так как исходная информация упорядочена по слоям, то к моменту использования $P^{\text{в}}_{i}(t)$ для расчета $P^{з}_{i}(t)$ формируемый план

$$P^{\text{вч}}i(t) = P^{\text{в}}i(t).$$

8. Проверить все ли вершины $j \in I$ обработаны. Да. Выполнить шаг 10. Нет. Выполнить шаг 9.

9. Взять следующую вершину j из упорядоченной исходной информации и выполнить шаг 2.

10. Прекратить вычисления, так как все планы рассчитаны.

11. Сформировать очередной элемент плана запуска

$$t_\lambda^{з} = t_\lambda^{в} - T_j;$$

$$q_\lambda^{з} = E\left(\frac{|Q|}{m_j}\right) \cdot m_j,$$

где $E\left(\frac{|Q|}{m_j}\right)$ — минимальное целое число, превышающее отношение $\frac{|Q|}{m_j}$.

12. Выполнить $Q := Q + q_\lambda^{з}$ и перейти к 5.

Нетрудно видеть, что при расчете плана $P_i^{з}(t)$ для некоторой вершины $i \in I$ графа G на плановый период $T^{п}$ необходимо иметь $P_\lambda^{в}(t)/j \in \Gamma_i$ на период $(T^{п} + T_j)$. Отсюда, план $P_v^{в}(t)$ для любой вершины $v \in I$ должен быть рассчитан на период $(T^{п} + t_v)$, где

$$t_v = \max_{l_v \in L_v} \sum_{j \in l_v} T_j,$$

l_v — множество вершин графа G, составляющих путь, предшествующий вершине v, а максимум берется по всему множеству предшествующих путей L_v. Соответствующим образом задаются и директивные планы выпуска готовых изделий, для которых (планов) t_v равно длительности производственного цикла изготовления этих изделий.

Описанный алгоритм реализован на ЭВМ Урал-11Б. Исходная упорядоченная информация для каждого $j \in I$ представлялась в следующей форме:

$$\begin{aligned} & j,\ x_j,\ T_j,\ y_j,\ m_j,\ \rho_j'; \\ & i_1,\ R_{1j}; \\ & i_2,\ R_{2j}; \\ & \cdots\cdots\cdots \\ & i_\rho,\ R_{\rho j}, \end{aligned}$$

где $i \in \Gamma_j^{-1}$;

ρ_j' — число дуг, входящих в вершину j (локальная степень графа в вершине j [2]);

x_j, y_j — адреса, по которым рассылаются соответствующие выходные документы.

Расчет планов запуска и планов выпуска оформлен в виде соответствующих стандартных подпрограмм, связь между которыми осуществляется сервисной программой. Сервисная программа производит и всю необходимую подготовку для расчета планов (последовательный просмотр исходной упорядоченной информации, запись в НФ или НМЛ полученных планов, поиск в НФ или НМЛ необходимых планов для дальнейшего счета. Поиск планов осуществляется следующим образом: по адресу $(a + j)$ (a — const, j — восьмеричный номер вершины графа) в таблице информации (ТИ) находится строка, в которой по содержимому знакового разряда определяется местоположение искомого плана — НФ или НМЛ; следующие 7 двоичных разрядов содержат количество элементов плана и остальные 5 разрядов — начальный адрес плана, если он находится в НФ, или номер зоны, если он записан в НМЛ.

Полученный в процессе счета $P_i^{вч}(t)$ заносится либо в НФ, если достаточно места в оперативном поле планов, либо на НМЛ. В любом случае информация о местонахождении записанного плана и количестве его элементов заносится в ТИ в адресной форме.

Отметим, что план $P_j^{\text{в}}(t)$, по которому уже рассчитаны планы $P_i^{\text{з}}(t)$ для $i \in \Gamma_j^{-1}$, согласно алгоритму в дальнейших вычислениях не участвует и исключается из поля планов. Освободившееся место памяти машины используется для хранения вновь полученных планов $P_i^{\text{вч}}(t)$.

В сервисной программе формируется таблица оперативных зон (ТОЗ), позволяющая сократить время работы с НМЛ. При чтении планов $(P_j^{\text{в}} t)$ из НМЛ соответствующие номера зон заносятся в ТОЗ с тем, чтобы последующие полученные планы записывать именно в эти зоны. Такое многократное обращение к небольшому числу зон сокращает время поиска нужной информации в НМЛ.

Таким образом, в результате работы программы формируются планы запуска-выпуска для всех вершин графа. Относительное время t_λ переводится в календарные даты, печатается календарный план запуска-выпуска, разнесенный по адресам x_j, y_j. Полученный из ЭВМ план является документом, который утверждается и принимается к исполнению.

Общее время расчета планов и печати входных документов для сетевой модели, имеющей 700 вершин и коэффициент сложности 3 при числе элементов директивного плана $\mu = 150$, составило около 2 часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Седельников, Ю. Н. Ефимов. Алгоритм упорядоченной перекодировки графа. Настоящий сборник.

2. О. Оре. Теория графов. М., Изд-во «Наука», 1968.