

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАБОТ

И.С. Кущева¹, Е.С. Хухрянская²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

²ФГБОУ ВПО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

В представленном материале рассматривается возможность планирования и управления оптимизацией загрузки производственного оборудования предприятия путем целенаправленного пошагового отбора анализируемых вариантов на основе метода ветвей и границ.

Ключевые слова: теория расписаний, оптимальная последовательность, алгоритм, динамическое программирование, станок.

SCHEDULING OF THE OPERATIONS OPTIMAL SEQUENCE

I.S. Kushcheva¹, E.S. Khukhryanskaya¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

²Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin

The presented material considers the possibility of management planning the optimization of the load of the production equipment of the enterprise by step-by-step sorting-through of the analyzed options based on branch-and-bound procedure.

Keywords: schedule theory, optimum sequence, solution algorithm, dynamic programming, machine tool.

Планирование является одной из функций управления предприятия, заключающейся в определении оптимальной последовательности комплекса работ при учете достижения конкретных целей и возможностей использования

заявленных ресурсов на текущий или перспективный временной период, и осуществляется в виде прогнозирования и программирования [1]. Задачи планирования, разнообразные по форме и содержанию, представляют собой, как правило, сложные многокритериальные задачи, определяющие характер и степень влияний входных режимных параметров на выходные технико-экономические показатели с учетом нерегулируемых факторов [2].

Для любого вида производства имеются свои задачи этого типа. В мебельном производстве актуально установление, в какой последовательности будет происходить обработка необходимых деталей, в лесопилении – определение очередности запуска партий пиловочного сырья с разными характеристиками, а также нахождение их оптимального размера [3].

Методики нахождения оптимальной последовательности выполнения заданного набора заявок на обработку, задействовав имеющийся комплект обслуживающих приборов/станков, исследуются достаточно давно в рамках теории расписаний, согласно которой в общем случае множество вариантов решения при последовательной обработке n деталей m станками оценивается сверху как $(n!)^m$. Подобного рода задачи дискретной математики являются NP -полными, нахождение точного решения которых за приемлемое время имеются только для частных, ставших классическими, случаев, например, алгоритм Джонсона для двух станков.

Применение эвристических алгоритмов и процедур способствует сокращению числа анализируемых вариантов в задачах полиномиальной сложности путем целенаправленного отбора. Тем не менее, и формализация процедуры такого отбора часто является трудоемкой. Приведем эвристический алгоритм, описание математической модели которого представлено в [4], где представлена одна из схем итерационной генерации оптимальной последовательности Q^* запуска n деталей множества $N = \{1, \dots, n\}$ m станками (приборами). Искомый порядок выстраивается последовательно за счет улучшения на каждом шаге частичного ряда σ обработки требований до полной последовательности Q обслуживания всех требований из множества N .

Для решения данной задачи введем следующие обозначения: требование k обслуживается первым станком в течение a_{1k} единиц времени, соответственно, j -ым станком в течение a_{jk} , ($j=1, \dots, m$).

Для расчета момента времени, в течение которого станок с номером j завершит обслуживание заявок подмножества \tilde{N} ($\tilde{N} \subset N$), оценим как

$$T_j(\sigma) = \max_{1 \leq u_1 \leq u_2 \leq \dots \leq r} \left[\sum_{k=1}^{u_1} a_{1,i_k} + \dots + \sum_{k=u_{j-1}}^r a_{j,i_k} \right], \quad (1)$$

тогда общее время удовлетворения всех требований получим как

$$T(\sigma, \sigma') = \max_{1 \leq u_1 \leq u_2 \leq \dots \leq n} \left[\sum_{k=1}^{u_1} a_{1,i_k} + \dots + \sum_{k=u_{m-1}}^n a_{m,i_k} \right]. \quad (2)$$

Если заявки подмножества \tilde{N} множества N обслуживаются в последовательности $\sigma = (i_1, i_2, \dots, i_r)$, где за r принята мощность множества \tilde{N} , а оставшиеся, соответственно, в последовательности $\sigma' = (i_{r+1}, i_{r+2}, \dots, i_n)$, то можно рассчитать времена по формулам (1) и (2), а также произвести оценку $\gamma(\sigma)$, являющуюся максиминной оценкой времен окончания работ:

$$\gamma(\sigma) = \max_{j \in M} \left[T_j(\sigma) + \sum_{k \in N \setminus \tilde{N}} a_{jk} + \min_{k \in N \setminus \tilde{N}} [a_{j+1,k} + \dots + a_{mk}] \right]. \quad (3)$$

Поиск оптимального решения заключается в построении частичных последовательностей обхода дерева работ, их последующую оценку, затем отбор для последующей итерации лучшей на данном этапе частичной последовательности, таким образом, производится разбиение множества всех $n!$ возможных перестановок на подмножества при вычислении нижней оценки значений целевой функции на каждой итерации. Алгоритм представлен на рисунке 1.

На начальном шаге определяется n множеств перестановок вида (σ, σ') , $\sigma = (k), k = \overline{1, n}$. Здесь σ' - произвольная перестановка элементов подмножества $N \setminus \{k\}$. Число транспозиций, для нахождения которых применяем метод динамического программирования [5], в каждом из множеств равно $(n-1)!$. Решением является множество значений времен $T_j(\sigma), j = \overline{1, m}$.

Количество этапов в соответствии с методом динамического программирования оценивается как $m+r$, где m и r число станков и требований, соответственно. Отметим, что в двоичном дереве возможно максимум два перехода в последующий этап из предыдущего этапа. Эффективность отдельного шага определяется временем обслуживания (1), соответствующему состоянию этапа.

В схеме алгоритма, приведенном выше, приняты следующие обозначения: j - номер текущего состояния станка на этапе, p - номер и q - общее количество состояний текущего этапа, соответственно. Значения длительностей обслуживания a_{ik} считаются детерминированными. На схеме во избежание лишних индексов последовательность $\sigma = (i_1, i_2, \dots, i_r)$ заменена $\sigma = (1, 2, \dots, r)$.

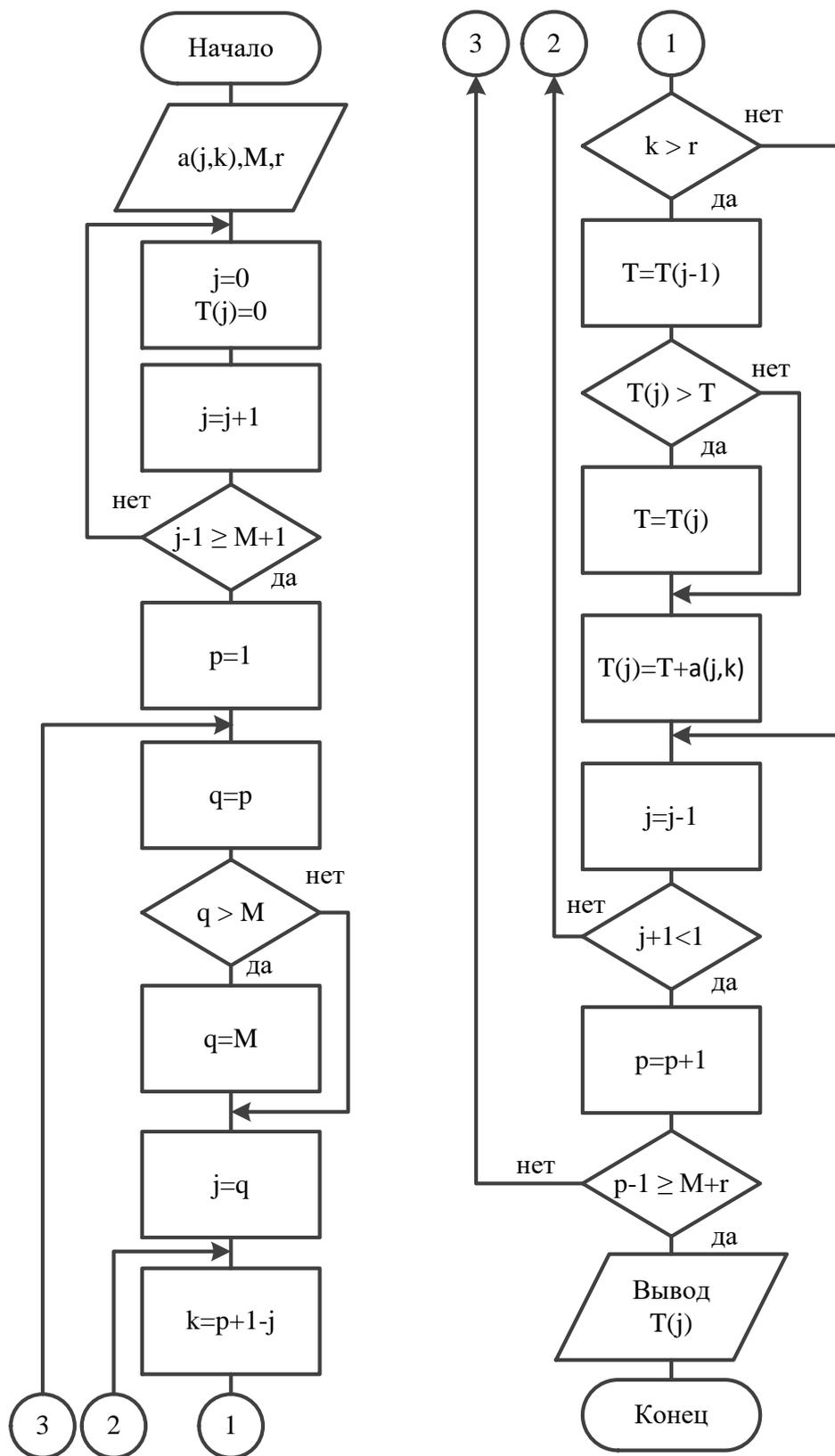


Рисунок 1 – Алгоритм определения очередности загрузки оборудования

Использование этой методики позволяет оптимизировать загрузку производственного оборудования и таким образом снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Юров, А.Н. Проектирование автоматизированной системы производственных планировок / А.Н. Юров // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 87-93.
2. Оксюта, О.В. Модель системы планирования и оперативного управления экономическим объектом / О.В. Оксюта, А.Л. Курина // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 60-64.
3. Кущева, И.С. Специфика некоторых оптимизационных моделей в задачах упаковки в подотраслях лесного комплекса / И.С. Кущева, Е.С. Хухрянская // Моделирование систем и процессов. – 2017. - Т. 10, № 3. – С.10-18.
4. Хухрянская, Е.С. Анализ возможностей применения методов теории расписаний к задачам деревообрабатывающих производств и их формализация / Е.С. Хухрянская, Н.Ю. Юдина, Е.В. Ющенко // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 3(3). – С. 37-40.
5. Вентцель, Е.С. Элементы динамического программирования. / Е.С. Вентцель. – М. : Изд-во "Наука", 1964. – 176 с.