Э. А. Мамаев, Е. А. Чеботарева (Ростов-на-Дону, РГУПС). **Эвристический алгоритм календарного планирования работ специального типа.**

Задача возникает при планировании отгрузки и подвода грузовых составов к припортовой железнодорожной станции для их перегрузки на отдельно взятое судно. Целевой функционал определяет затраты железнодорожного транспорта в вагоно-часах непроизводительного простоя.

Известны M — множество станций, производящих отгрузку на указанное судно, $i = 1, 2, \ldots, |M|$; u_i — число вагонов в составе из i-й станции, t^i_{out} — время выгрузки маршрута из i-й станции. Варианты прибытия поезда на припортовую станцию определяются нитками графика движения поездов, т. е. множеством G_i свободных ниток графика в графике движения поездов от станции формирования маршрута i до припортовой станции, t^{ki}_{in} — время прибытия по k-й нитке графика маршрута i, где $k = 1, 2, \ldots, |G_i|$, T_0 — время начала перегрузки груза из железнодорожных составов на судно.

Требуется определить $\mathbf{T} = \{T^{ki}_l \mid T^{ki}_l \in \|t^{ki}_{in}\|\}$ — множество времен назначения маршрутов i прибытием на припортовую станцию и их порядковый номер обработки l, $1 \leqslant l \leqslant |M|$, так, чтобы суммарное время ожидания составов переработки на припортовой станции было минимальным,

$$Z(\mathbf{T}) = \sum_{i=1}^{|M|} (T^{ki}_l - t^{ok}_{l-1}) u_i \to \min_{\mathbf{T}}, \quad t^{ok}_{l-1} = T_0 + \sum_{k=1}^{l-1} t^k_{out},$$

где t^{ok}_{l-1} — время завершения переработки маршрутов, предшествующие l-му по порядку обрабатываемому маршруту.

Пусть $z^-_i(t)$ — затраты, связанные с завершением работ i-го маршрута до наступления момента времени t, и $T^-_i(t)$ — время завершения работ; $z^+_i(t)$ — затраты, связанные с выполнением работ i-го маршрута после момента t, $T^+_i(t)$ — время завершения работ, $T^+_i(t) = t + t^i_{out}$.

Для определенной перестановки из $|M|$ чисел — порядок подвода составов — по итерационной формуле определим:

$$Z^-_{i+1}(t) = \min \begin{cases} Z^-_i(t - t^{i+1}_{out}) + z^+_{i+1}(t - t^{i+1}_{out}), & \text{если } t - t^{i+1}_{out} > T_0, \\ z^-_{i+1}(T_0 + t^{i+1}_{out}) + Z^+_i(T_0 + t^{i+1}_{out}), & \text{если } t > t^S_i + t^{i+1}_{out} + T_0, \end{cases}$$

$$Z^+_{i+1}(t) = \min\{z^+_{i+1}(t) + Z^+_i(t + t^{i+1}_{out}), Z^+_i(t) + z^+_i(t + t^S_i)\}, \quad t^S_i = \sum_{k=1}^{i} t^k_{out}.$$

Оптимальные затраты для заданной перестановки равны $Z^-_{|M|}(t) = \min\{t^S\}$, где $t^S = \sum_{k=1}^{|M|} t^k_{out}$.

Сложность алгоритма расчетов $z^-_i(t)$, $z^+_i(t)$, $Z^-_{i+1}(t)$ и $Z^+_{i+1}(t)$ равна $O(|M|\,|T|)$, где $|T|$ — число расчетных моментов времени, т. е. алгоритм позволяет получить рациональное решение с полиномиальной сложностью.

Поскольку эффективность решения зависит от выбранной перестановки работ, выбор перестановки можно производить по двум вариантам.

1. Упорядочить проекты в порядке возрастания значений $|G_i|$, полученный порядок определить порядок рассмотрения работ.

2. Для каждого момента времени t определим K_t — работы, которые могут выполняться в этот момент времени без непроизводительных простоев. Каждой станции присвоим вес $\alpha_i = \sum_{t=1}^{t^S} |K_t|^{-1}$, порядок которых определяет расчетную перестановку.