УДК 681.518 (045)

Жолдаков О.О.

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Національний авіаційний університет

Вирішення задачі призначення часу початку операцій по технічному обслуговуванню повітряних суден (ТО ПС) є наступним кроком після задач визначення порядку виконання робіт і призначення виконавців ТО на які розбивається загальна задача оптимізації ТО ПС. Її математична модель являє собою задачу лінійного програмування. Оптимальність результатів програмної реалізації алгоритму вирішення цієї задачі не в останню чергу залежить від вхідних даних, які повинні відповідати характеру реальних процесів.

Вступ

Оперативне технічне обслуговування (ТО) являє собою комплекс робіт, що виконуються на повітряному судні (ПС) після кожної посадки та перед вильотом для оцінки технічного стану ПС після польоту, виконання робіт з підготовки ПС до стоянки, забезпечення справності та працездатності ПС та його систем на землі і в повітрі. Комплекс робіт на ПС за оперативними формами, пов'язаними із безпосередньою їх підготовкою до польоту, виконує цех (цехи) оперативного ТО.

Цех оперативного ТО ПС працює по графіку, розробленому і затвердженому начальником авіатехнічної бази (АТБ). Цей графік охоплює весь комплекс робіт, що виконуються при ТО кожною службою підприємства і чітко визначає час початку і кінця кожної операції у відповідності до розкладу руху. Загальний технологічний графік роботи усіх служб, що приймають участь у підготовці ПС до польотів, розробляється центрально-диспетчерською службою аеропорту (ЦДА) і затверджується керівником підприємства. При розробці загального технологічного графіку роботи усіх служб використовуються типові технологічни графіки, які складаються з номограм вибору основних параметрів процесу підготовки, вихідних технологічних графіків і таблиць параметрів операцій по усім варіантам організації підготовки літака до вильоту.

Номограми вибору основних параметрів процесу підготовки літаків до вильоту служать для:

– встановлення оптимальної тривалості стоянки літака при складанні розкладу;

– вибору варіанту організації підготовки літака, що забезпечує регулярне відправлення літака по діючому розкладу;

– визначення часу на заправку літака і розвантаження вантажу при заданій тривалості стоянки літака;

– визначення потрібного часу на заправку літака в залежності від об'єму палива і потужності застосовуємих засобів заправки;

– визначення потрібного часу на розвантаження і завантаження вантажу в залежності від маси вантажу і його розміщення по багажним відділенням.

Формальний опис задачі

Процедура побудови послідовності робіт виконавця ТО ПС на виділеному фрагменті мережевої моделі зводиться до відшукання на ізоморфному йому підграфі орієнтованих послідовностей без повторюваних дуг.

Критерії оптимальності послідовностей робіт формально виражаються у виді наступних функцій:

$$f_1(x)=\sum_{l\in L^o}\sum_{p\in P_l} x_{lp}\rightarrow \min\ ;$$

$$f_2(x)=\sum_{j\in J^o}\sum_{l\in L^o_j}\sum_{p\in P^o_{jl}} x_{lp}\rightarrow \min\ ;$$

$$f_3(x,y)=\sum_{j\in J^o}\sum_{l\in L^o}\sum_{p\in P^o_{jl}} x_{lp}\left(t_j-t_j^{н}\right)\to\min\ ;$$

де $t_j^{н}$ - нормативний час початку виконання j-ої операції.

Значення функції $f_1(x)$ характеризує кількість виконавців, що зможуть виконати операції по p-й послідовності робіт вчасно. Значення функцій $f_2(x)$ і $f_3(x,y)$ визначають, відповідно, кількість і сумарну тривалість затримки виконання операцій (які будуть виконані в розглянутий період часу).

Задачу призначення виконавців для виконання послідовностей робіт пропонується вирішувати в два етапи [ссылка на предыдущую статью]. Діаграмма послідостей вирішення задачі наведена на Рис. 1.

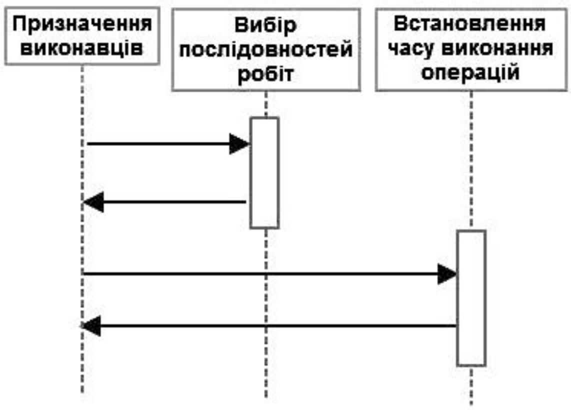

Рис. 1. Діаграмма послідовності виконання задачі призначення виконавців

На першому етапі здійснюється вибір послідовності робіт без обліку тимчасових характеристик. У результаті рішення цього етапу задачі визначиться склад можнини L^* виконавців, що зможуть виконати операції вчасно:

$$L^*=\left\{l : x_{lp}=1,\ p\in P_l\right\}.$$

Це дозволить визначити склад множини J^* операцій, що будуть виконані на протязі розглянутого періоду часу:

$$J^*=\bigcup_{l\in L^*} J_l^*.$$

На другому етапі встановлюються моменти початку і закінчення виконання операцій. У якості шуканих змінних виступають величини, $y_j\geq 0$, $j\in J^*$, значення яких характеризують тривалість простою виконавця перед виконанням кожної j-ої операції.

Модель призначення часу початку операцій

Час початку виконання операцій визначається як функція шуканих змінних:

$$t_j=t_{l_j}^{н}+\sum_{j^*\in J^*(j)}\left(\tau_{j^*}+y_{j^*}\right)+y_j,\ j\in J^*,$$

де t_j - час початку виконання j-ої операції;

$t_l^{н}$ - час початку виконання операцій l-им виконавцем;

l_j - виконавець який буде виконувати j-у операцію;

$J^*(j)$ - множина операцій у послідовності робіт l-го виконавця, що передують j-ї операції.

Цільова функція $f(y)$ задачі призначення часу початку виконання операцій є спрощеним вираженням функції $f_3(x,y)$ і може бути представлена у виді:

$$f(y)=\sum_{j\in J^*}\left(t_j-t_j^{норм}\right)\to\min$$

До складу системи обмежень входять співвідношення:

1) що відображають тимчасові характеристики:

$$t_j\geq\max\left\{t_j^*,t_j^{норм}\right\},\ j\in J^* \qquad (1)$$

2) що накладаються на тривалість міжопераційних простоїв виконавців:

$$\sum_{j\in J_l^*} y_j\leq\left(t_l^k-t_l^{н}\right)-T_{p_l},\ l\in L^* \qquad (2)$$

Задача призначення часу початку виконання операцій відноситься до класу задач лінійного програмування. У формальній постановці вона зводиться до відшукання вектора невід'ємних значень перемінних y_j, $j\in J^*$, що зводять до мінімуму цільову функцію $f(y)$ при дотриманні обмежень (1), (2).

Алгоритм рішення задачі призначення часу початку виконання операцій

Задачі відноситься до класу задач лінійного програмування. Шляхом нескладних перетворень її математичну модель можна представити у канонічному вигляді:

$$\max\left(c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n\right), \qquad (3)$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n = b_n,$$

$$x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_n \ge 0,$$

або у матричній формі

$$\max\left\langle c,\ x\right\rangle \qquad (4)$$

$$Ax = b, x \ge 0.$$

Для розв’язання цієї задачі застосовується модифікований симплексний алгоритм.

Процес обчислень організується наступним чином.

Маємо початковий опорний план x^0, його базис $a^{i_1}, a^{i_2}, ..., a^{i_m}$ і матрицю A_0^{-1}.

Етап 1. Обчислюється p^0 – план задачі, двоякої до (4), за формулами:

$$p^0 = \left(A_0^{-1}\right)' c^0,$$

Етап 2. Знаходиться число Δ_j по формулі:

$$\Delta_j = \left\langle a^j,\ p^0\right\rangle - c_j,\ j = 1,2,\cdots,n,$$

$$j \notin \sigma\left(\sigma = \{i_1, i_2, ..., i_m\}\right).$$

Якщо $\Delta_j < 0$, то приймається $j = k$ і переходимо до наступного етапу.

Якщо $\Delta_j \ge 0$, то обирається наступний вектор a^j, $j \notin \sigma$. На цьому шляху або знайдеться такий k, $k \notin \sigma$, що $\Delta_k < 0$, або виявиться, що усі $\Delta_j \ge 0$. Останнє значить, що план x^0 оптимальний і обчислення припиняться.

Етап 3. Обчислюється вектор $\alpha^k = A_0^{-1}a^k$, де

$$a^k = \begin{pmatrix} \Delta_k \\ \alpha^k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{Ok} \\ \alpha^k \end{pmatrix}$$

$$\alpha^k = \left(\alpha_{i_1k}, \alpha_{i_2k}, ..., \alpha_{Sk}, \alpha_{i_mk}\right).$$

Якщо вектор a^k вводиться у базис (тобто $\Delta_k > 0$), то розглядається вектор α^k і обираються ті індекси $i \in \sigma$ (де $\sigma = \{i_1, i_2, ..., i_m\}$), для яких $\alpha_{ik} > 0$. Співставляються співвідношення $\dfrac{x_i^0}{\alpha_{ik}}$ для усіх таких i.

Нехай

$$\theta = \min_{\alpha_{ik} > 0} \frac{x_i^0}{\alpha_{ik}},\ i \in \sigma,$$

і індекс s такий, що $\dfrac{x_S^0}{\alpha_{Sk}} = \theta$, тоді вектор виводиться з базису. Якщо $\Delta_k < 0$ і $\alpha_{ik} \le 0$, то задача (3.6) не має розв’язку.

Етап 4. Матриця A_0^{-1} і вектор α^0 перетворюються по формулам

$$A_1^{-1} = Q^{-1}A_0^{-1},\ \overline{\alpha^0} = Q^{-1}\alpha^0$$

де Q – матриця переходу, стовпцями якої є координати векторів нового базису у їх розкладі по векторам старого.

Обчислюються лише $\overline{\alpha_{ij}}$, $i \in \sigma^1$.

Повернення до першого етапу.

Якщо ця умова не виконується, то необхідно перейти до наступного етапу розв’язку задачі.

Блок-схему алгоритму наведено на рис. 2.

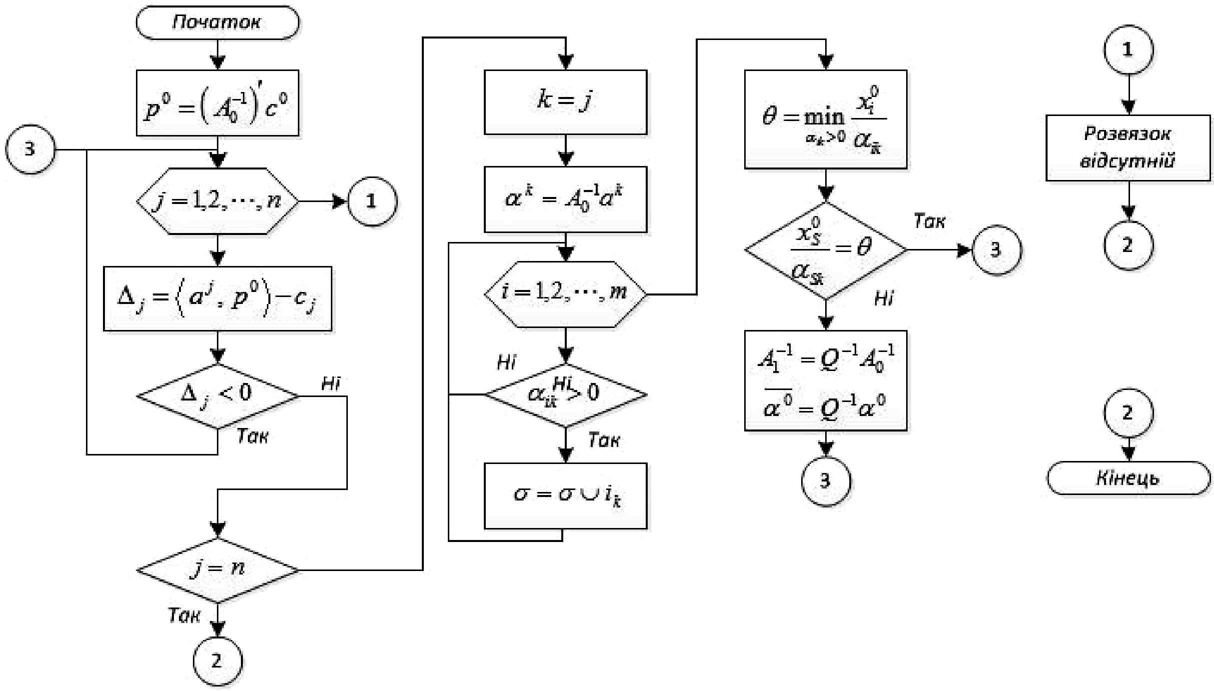

Рис. 2. Блок-схема алгоритму рішення задачі призначення часу початку виконання операцій ТО ПС

Висновки

У результаті задача оперативного планування ТО ПС декомпонована на три задачі.

Перша задача – побудова допустимих послідовностей робіт кожного виконавця. Вона відноситься до класу екстремальних комбінаторних задач з лінійною структурою. Для розв'язку цієї задачі використовується спеціально розроблений алгоритм побудови ланцюжків заданої довжини (довжина – це кількість операцій у ланцюжку).

Друга задачі – призначення виконавців для виконання послідовностей робіт, також відноситься до класу екстремальних комбінаторних задач з лінійною структурою і розв'язується методом направленого перебору варіантів.

Третя задача – призначення часу початку виконання операцій є однією з різновидів задач лінійного програмування. Вона розв'язується за допомогою модифікованого симплексного алгоритму.

Таким чином, описана декомпозиція задачі оперативного управління ТО ПС дозволила звести проблему не лінійності математичної моделі до рішення трьох задач з лінійною структурою і застосувати до їх розв'язування комбінаторні методи, які мають на увазі скінченну множину розв'язків і дають можливість отримання розв'язків задач за припустимий час.

Список літератури

1. *Литвиненко А.Е.* Метод направленного перебора в системах управления и диагностирования. – К., 2007. – 328 с.

2. *Жолдаков О.О.*. Алгоритм побудови множини припустимих послідовностей робіт для виконавців технічного обслуговування повітряних суден. Проблеми інформатизації та управління. Збірник наукових праць: Випуск 2 (34) – К.: НАУ, 2011. – 148с.