

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕТАПІ РЕІНЖИНІРИНГУ

Ханджян В. В., Безкоровайний В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Ефективність виробничих технологічних ТП багато в чому визначається рішеннями, які приймаються на етапах їхнього проектування та реінжинірингу. Синтез варіантів побудови виробничих ТП передбачає розв'язання множини задач їхньої структурної, топологічної та параметричної оптимізації за множиною функціональних і вартісних показників (собівартість продукції, її якість, завантаження устаткування, продуктивність тощо) [1-3]. Це обумовлює актуальність науково-прикладних задач удосконалення технологій, математичних моделей і методів їх системної оптимізації. Однією з актуальних при цьому вважається задача структурно-параметричної оптимізації у процесі реінжинірингу ТП.

Об'єктом дослідження є лінійний ТП, що включає n фаз (операцій), на кожній з яких використовується m_i , $i = \overline{1, n}$ одиниць обладнання (наприклад, старих СВ чи нових НВ верстатів) j -го типу, $j = \overline{1, j_i}$ (рис. 1).

Обладнання кожної з фаз ТП характеризується показниками продуктивності p_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, j_i}$, якості виконання операцій q_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, j_i}$ та наведеними витратами на його придбання, встановлення й експлуатацію c_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, j_i}$.

Необхідно знайти найкращий варіант побудови ТП з множини допустимих $x \in X$, що визначається кількістю обладнання на кожній з фаз $M = [m_i]$, $i = \overline{1, n}$ і його типом $x = [x_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, J}$ (де $J = \max_{1 \leq i \leq n} \{j_i\}$), який з обмеженими наведеними витратами забезпечує необхідні обсяги випуску продукції та її якість:

$$k_1(x, M) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{j_i} c_{ij} m_i x_{ij} \rightarrow \min_{x, M}, \quad k_1(x, M) \leq k_1^*, \quad (1)$$

$$k_2(x, M) = \min_j \{ m_{ij} p_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \max_{x, M}, \quad k_2(x, M) \geq k_2^*, \quad (2)$$

$$k_3(x, M) = \min_j \{ q_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \max_{x, M}, \quad k_3(x, M) \geq k_3^*, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = \overline{1, J}, \quad \sum_{j=1}^J x_{ij} = 1 \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де $k_1(x, M)$, $k_2(x, M)$, $k_3(x, M)$ – функції часткових критеріїв витрат, продуктивності та якості; $x = [x_{ij}]$ – булева матриця (елемент якої $x_{ij} = 1$, якщо на i -ій фазі використовується обладнання j -го типу; $x_{ij} = 0$ – в інших випадках, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, J}$).

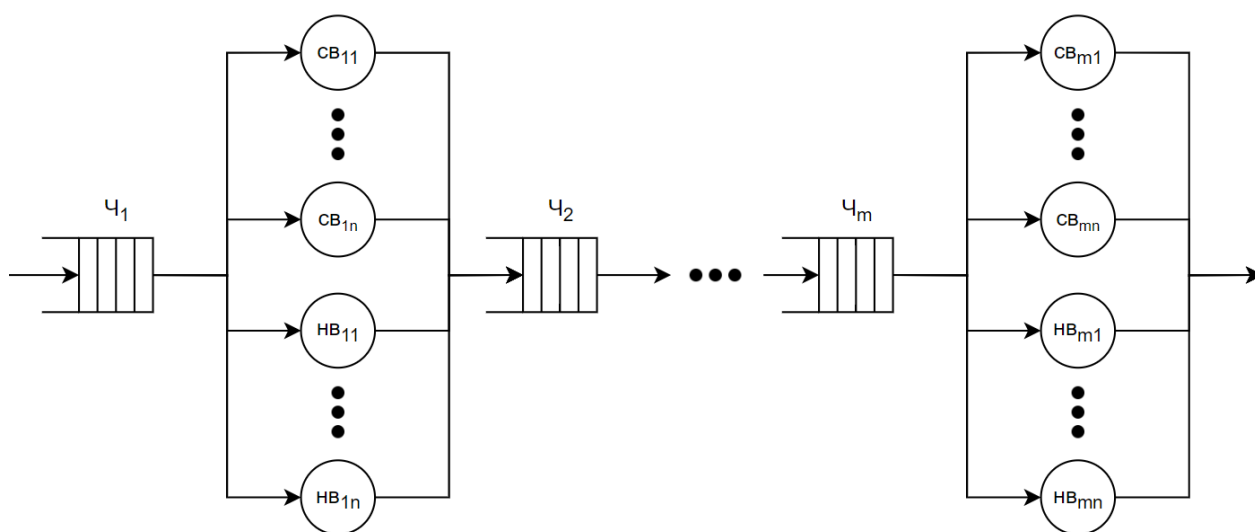


Рисунок 1 – Структурна схема технологічного процесу

Частковими випадками загальної задачі (1) – (4) є задачі оптимізації ТП за окремими показниками чи їх підмножинами: витрат $k_1(x, M)$ в умовах обмежень на показники продуктивності й якості; витрат і продуктивності $k_1(x, M)$, $k_2(x, M)$ в умовах обмежень на показник якості; витрат і якості $k_1(x, M)$, $k_3(x, M)$ в умовах обмежень на показник продуктивності; продуктивності й якості $k_2(x, M)$, $k_3(x, M)$ в умовах обмежень на витрати $k_1(x, M) \leq k_1^*$.

Для скалярного кількісного оцінювання варіантів пропонується використати універсальну функцію, побудовану на основі полінома Колмогорова-Габора [5]:

$$P(x, M) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i \xi_i(x, M) + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i}^3 \lambda_{ij} \xi_i(x, M) \xi_j(x, M) + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i}^3 \sum_{l=j}^3 \lambda_{ijl} \xi_i(x, M) \xi_j(x, M) \xi_l(x, M), \quad (5)$$

де $\lambda_i, \lambda_{ij}, \lambda_{ijl}$ – вагові коефіцієнти часткових критеріїв та їх добутоків; $\xi_i(x, M), \xi_j(x, M), \xi_l(x, M)$ – відповідно функції корисності часткових критеріїв $k_1(x, M), k_2(x, M), k_3(x, M)$.

Для оцінки корисності варіантів за частковими критеріями пропонується використати одне з множини відомих співвідношень [2-3]:

$$\xi_i(x, M) = \left\{ [k_i(x, M) - k_i^-] / [k_i^+ - k_i^-] \right\}^{\alpha_i}, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (6)$$

де $k_i(x, M)$ – значення i -го часткового критерію для варіанта (x, M) ; k_i^+, k_i^- – найкраще та найгірше значення i -го критерію, $i = \overline{1, 3}$; α_i – параметр, що визначає конкретний вид залежності (лінійна, увігнута чи опукла).

Для отримання наближених оцінок можна скористатися класичною адитивною моделлю, що є частковим випадком моделі (5):

$$P(x, M) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i \xi_i(x, M). \quad (7)$$

Задача параметричного синтезу функцій узагальненої корисності (5) та (7) зводиться до визначення вектора вагових коефіцієнтів $[\lambda_i]$, $i = \overline{1, N}$, який задовольняє сформованій системі нерівностей на основі переваг особи, що приймає рішення, та

нормуючим умовам: $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = \overline{1, N}$. Така задача може бути розв'язання

методами експертного оцінювання чи компараторної ідентифікації, які набули широкого розповсюдження в практиці автоматизації проектування й управління виробничими системами.

Запропоновані узагальнена схема лінійного виробничого ТП як системи масового обслуговування та формалізована постановка задачі його структурно-параметричної оптимізації за показниками наведених витрат, продуктивності та якості продукції.

Використання в моделі скалярного оцінювання полінома Колмогорова-Габора дозволяє підвищити точність визначення переваг особи, що приймає рішення і на цій основі підвищувати ефективність рішень з проєктування та реінжинірингу виробничих ТП.

Література:

1. М. Н. Молдабаева, Автоматизация технологических процессов и производств. Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
2. V. Beskorovainyi, L. Petryshyn and O. Shevchenko, "Specific subset effective option in technology design decisions", Applied Aspects of Information Technology, Vol. 3., No.1, pp. 443-455, 2020
3. V. Beskorovainyi, "Combined method of ranking options in project decision support systems", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No 4 (14), pp. 13-20, 2020.
4. Н. В. Везуб, Е. В. Островерх и А. А. Симонова, Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов. Харьков, 2012.
5. В. Безкоровайний та В. Ханджян, «Математична модель багатокритеріальної задачі структурно-параметричної оптимізації виробничих технологічних процесів», Виробництво & Мехатронні Системи 2022: матеріали VI Міжнародної конференції, Харків, 2022, с. 133-135.