

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОЦЕДУРИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Готовська А. В., Безкоровайний В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Характерною особливістю сучасних виробничих технологічних процесів є широке застосування засобів автоматизації та робототехніки. Концепції наступного етапу розвитку виробництва в рамках технологічної революції Industry 4.0 полягають у комп'ютеризації виробничих процесів з використанням концепцій робототехніки, кібер-фізичних систем та IoT [1].

Ефективність роботизованих технологічних процесів (РТП) визначається рішеннями, що приймаються на етапах їхнього проектування. Оптимізація РТП полягає у виборі найкращого варіанта з множини допустимих $s \in S$, які задовольняють усім функціональним і вартісним обмеженням (якість, собівартість, продуктивність тощо) [2].

Проблему системної оптимізації РТП доцільно розглядати як деяку метазадачу *MetaTask*, що складається з множини задач різних ієрархічних рівнів $\{Task_i^l\}$ з їх зв'язками за вхідними даними $InDat_i^l$ та результатами розв'язання $OutDat_i^l$, $l = \overline{0,2}$, $i = \overline{1,6}$ [3]:

$$MetaTask = \{Task^l\}, Task^l = \{Task_i^l\}, Task_i^l : InDat_i^l \rightarrow OutDat_i^l. \quad (1)$$

Комплекс задач проектування РТП як територіально (просторово) розподіленого об'єкта на мікрорівні $l=2$ охоплює коло задач: $Task_1^2$ – визначення принципів побудови РТП; $Task_2^2$ – вибір структури (кількості і схеми сполучення обладнання); $Task_3^2$ – визначення місць розміщення обладнання; $Task_4^2$ – вибір алгоритмів функціонування обладнання; $Task_5^2$ – визначення параметрів обладнання; $Task_6^2$ – оцінка ефективності та вибір найкращого варіанту побудови РТП.

За результатами декомпозиції логічна схема системної оптимізації РТП визначається упорядкованою п'ятіркою множин [3]:

$$L_{SOS} = \langle Tasks, InDat, Res, DesDec, ProcDec \rangle, \quad (2)$$

де $InDat$ – множина вхідних даних задач проблеми; Res – множина обмежень задач; $DesDec$ – множин оптимізаційних рішень; $ProcDec$ – вирішальна процедура, що ставить кожній парі вхідних даних і обмежень $\langle InDat_i^2, Res_i^2 \rangle$ непорожню підмножину оптимізаційних рішень $\{ DesDec_i^2 \}$, $i = \overline{1,6}$.

Схема узагальненого методу автоматизованого проєктування РТП виготовлення MEMC-акселерометрів подана на рис. 1 [4].

Задачі прийняття рішень за множинами різномірних показників розв'язуються на кожному з етапів проєктування РТП. Найбільш загальним є випадок прийняття рішень у процесі оцінки ефективності та вибору найкращого варіанту побудови РТП $Task_6^2$. Така задача є складною, неповністю формалізованою та розглядається як деяка окрема проблема, розв'язання якої передбачає розв'язання своєї множини задач [5]: $Task_6^2 = \{ Task_{6i}^2 \}$, $i = \overline{1,6}$ (де $Task_{6,1}^2$ – формалізація мети проєктування РТП; $Task_{6,2}^2$ – формування універсальної множини проєктних рішень S^U ; $Task_{6,3}^2$ – виділення множини допустимих рішень $S \subseteq S^U$; $Task_{6,4}^2$ – виділення підмножини ефективних рішень $S^E \subset S \subset S^U$; $Task_{6,5}^2$ – ранжування рішень $s \in S^E$; $Task_{6,6}^2$ – вибір найкращого варіанту побудови РТП $s^o \in S^E$).

Задача формалізації мети $Task_{6,1}^2$ полягає у встановленні множини і важливості локальних критеріїв ефективності $k_i(s)$, $i = \overline{1,m}$, які характеризують варіанти побудови РТП $s \in S$. Задача $Task_{6,2}^2$ передбачає генерацію всіх можливих варіантів побудови РТП S^U . Задача $Task_{6,3}^2$ полягає у вилученні з універсальної множини варіантів побудови РТП S^U підмножини варіантів $\bar{S}$, які не задовольняють обмеженням задачі (вимогам до РТП) $S = S^U \setminus \bar{S}$. Суть задачі $Task_{6,4}^2$ полягає у вилученні з множини допустимих підмножини неефективних варіантів $\bar{S} \subset S$. Варіант

побудови РТП $s^E \in S^E$ називається ефективним, якщо на множині допустимих не існує варіанта $s \in S$, кращого (негіршого) за нього за всією множиною показників $k_i(s)$, $i = \overline{1, m}$.

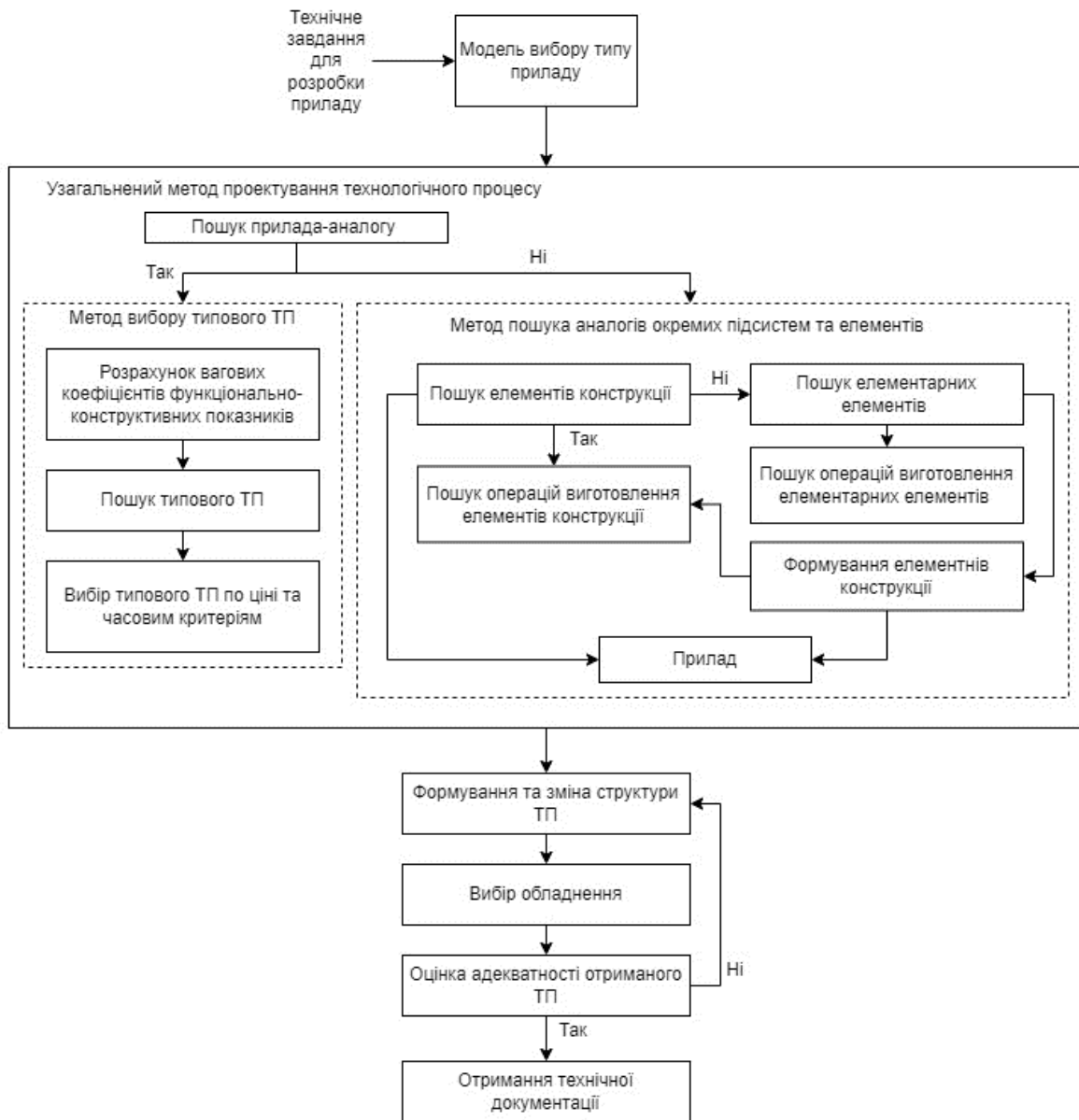


Рисунок 1 – Схема методу автоматизованого проектування РТП [4]

Розв’язання задач ранжування варіантів $Task_{6,5}^2$ і вибору найкращого серед них $Task_{6,6}^2$ здійснюється на основі парадигми максимізації їх корисності у рамках ординалістичного чи кардиналістичного підходів.

При використанні ординалістичного підходу впорядкування варіантів $s \in S^E$ здійснюється особою, що приймає рішення (ОПР). При використанні

кардиналістичного підходу для вибору найкращого варіанту формується узагальнений критерій ефективності $P(s)$:

$$s^0 = \arg \max_{s \in S^E} P(s). \quad (3)$$

Для підтримки прийняття проєктних рішень щодо варіантів побудови РТП пропонується використати метод аналізу ієрархії (МАІ), який передбачає реалізацію таких етапів (рис. 2) [6]: визначення проблеми та цілі; визначення основних критеріїв для оцінки варіантів; побудова ієрархії (дерево від цілі через критерії до варіантів); побудова матриць попарних порівнянь та оцінка порівнянь по бальній шкалі; аналіз отриманих матриць; визначення вагових коефіцієнтів для варіантів у системі ієрархії.

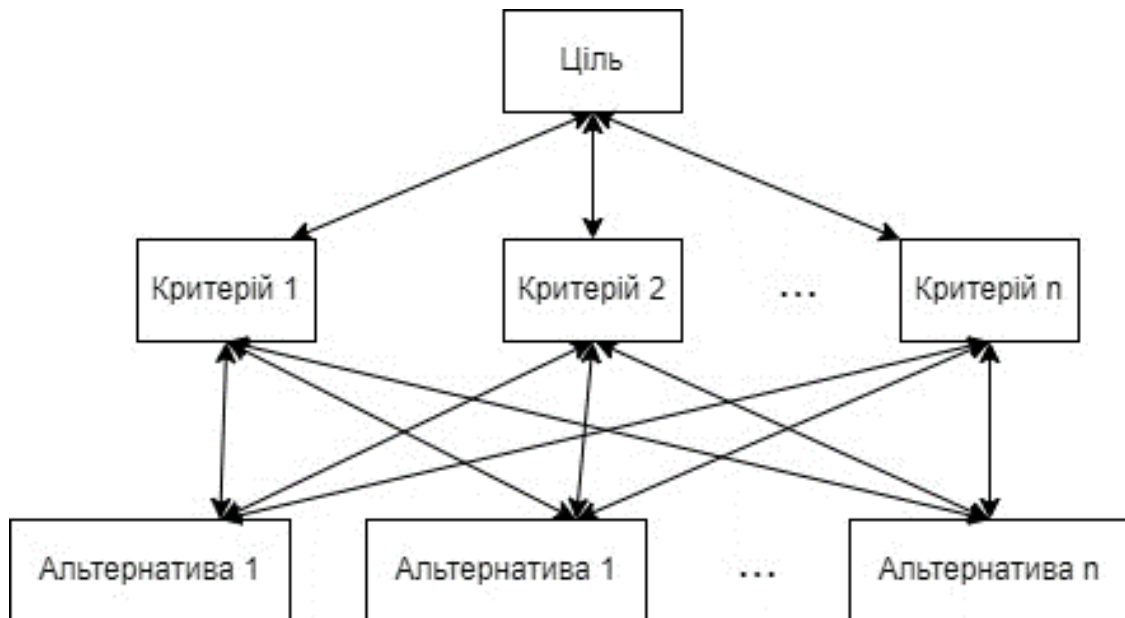


Рисунок 2 – Схема ієрархії від цілі через критерії до варіантів [6]

Для побудови матриць використовується співвідношення: $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ (де a_{ij} – відношення критерію або варіанту i до критерію або варіанту j відповідно, $a_{ii} = 1$, $i = \overline{1, n}$).

Після нормування матриць визначається сума елементів кожного з їх стовбців $A_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$, $j = \overline{1, n}$ та нормовані значення $A_{ij} = a_{ij} / A_j$, $i, j = \overline{1, n}$. Проводимо цю операцію для матриць попарного порівняння варіантів по кожному з критеріїв та для

матриць попарного порівняння по критеріям. Після цього отримуємо вектори вагових коефіцієнтів варіантів порівняння у відповідності до окремих критеріїв [6]. Для отримання вагових коефіцієнтів для варіантів $P(s)$, $s \in S^E$ необхідно провести операцію множення отриманого вектора ваги критеріїв та матриці попарного порівняння варіантів по кожному з критеріїв.

Система підтримки прийняття рішень, розроблена на основі методу аналізу ієрархій, дозволить прискорити процес вибору найкращого варіанту побудови РТП на підмножині ефективних $s^o \in S^E$.

Література:

1. В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич та Д. П. Власенков, «Аналіз концепції Industry 4.0 в технології ІІОТ», Технологія приладобудування, вип. 1, с. 64-68, 2020.
2. Л. Р. Ладієва Оптимізація технологічних процесів: навч. посіб, Київ, Україна: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
3. V. Beskorovainyi and Z. Imanhulova «Technology of large-scale objects system optimization», ECONTECHMOD, vol. 06, no. 4, pp. 3-8, 2017.
4. I. Sh. Nevliudov, K. L. Khrustalev and V. O. Bortnikova «Generalized method of computer-aided design of technological processes for MEMS accelerometers manufacturing», Doklady BGUIR, vol. 113, no. 3, pp. 94-99, 2018.
5. 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.
6. Методи та моделі прийняття рішень в умовах багатокритеріальності та невизначеності: монографія / Е. Г. Петров, Н. А. Бринза, Л. В. Колесник та О. А. Писклакова, Харків, Україна: ХНУРЕ, 2013.