УДК 621.81.001.66(075.8)

МЕТОДИКА ВИБОРУ ПЕРСПЕКТИВНИХ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ІЗ МНОЖИНИ ЇХ СИНТЕЗОВАНИХ ВАРІАНТІВ В УНІФІКАЦІЙНОМУ СИНТЕЗІ

Васильків В.В. к.т.н, доцент, Бабарика С.Ф.

(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, Ковельський промислово-економічний коледж Луцького державного технічного університету)

Робота присвячена питанням підвищення ефективності вибору перспективних нових технічних рішень із множини їх синтезованих варіантів шляхом розробки нового методу їх оцінювання на ранніх стадіях технологічної підготовки виробництва. Представлено приклад використання такого методу.

Постановка питання. Нові конструкторські і технологічні рішення визначають конкурентноспроможність товарів і послуг на внутрішньому і зовнішньому ринках. Технологічні інновації відіграють важливу роль в економічній і військовій безпеці України. Принципово рівень конкурентноздатності технологічних інновацій закладається на початкових стадіях проектування, коли формується концепція технологічних виробів. Тому важливою фундаментальною проблемою є створення нових методів та способів високоефективного створення технологічних інновацій у машинобудуванні.

У процесі вибору перспективних нових технічних рішень із множини їх синтезованих варіантів доводиться приймати рішення, які не завжди враховують умови реалізації синтезованої технічної системи, а також їх вплив на економічну ефективність такої технічної системи. Це пояснюється багатоманітністю і невизначеністю факторів, які впливають на функціонування технічної системи. У зв’язку з цим необхідно користуватися критерієм по прийняттю рішення, який би полегшив цей процес і надав кінцевому рішенню більшої точності.

Аналіз результатів досліджень.

Одним із варіантів прийняття рішень є використання методів кваліметрії в теорії уніфікаційного синтезу. Одним із них є геометричний спосіб А.Н. Репетова. Згідно цього методу оцінкові функції характеристик (ОФХ) можна виразити рівняннями у векторній формі. Такий геометричний спосіб вимагає значних геометричних побудов, і може використовуватися для випадку наявності 4-х характеристик технічних систем.

Наведені у праці технічні рішення не враховують можливих комбінацій властивостей типу. Одним із шляхів вирішення вказаної проблеми є моделювання розглядуваних об'єктів у вигляді ієрархічних структур, основні принципи створення яких описані в праці [1].

Метою роботи є впровадження нових підходів у пошуковому проектуванні оригінальних високоефективних машинобудівних конструкцій та розробка наукових основ для створення системи автоматизованого уніфікаційного синтезу високоефективних технологічних інновацій.

Робота виконана у відповідності із завданнями досліджень за планами й фінансуванням Міністерством освіти і науки України науково-дослідних робіт ВУЗів України в рамках теми "Система автоматизованого уніфікаційного синтезу високоефективних технологічних інновацій" (номер держреєстрації 0107U009227, грант №Ф25.4/190 Державного фонду фундаментальних досліджень МОН України).

Припустимо існує ієрархічна структура, елементи ієрархії якої описують прототип *A0* і альтернативи *A*1-*Am*, що розміщенні на даному рівні ієрархії, тобто:

$$S = \begin{array}{c} \\ \end{array}\begin{array}{ccccccc} A0 & A1 & A2 & \ldots & Ak & \ldots & Am \\ \left\| J_1 J^M \right. & J_2 J^M & J_3 J^M & \ldots & J_i J^M & \ldots & \left. J_{m+1} J^M \right\| \end{array} \quad (1)$$

де k – порядковий номер технічного рішення альтернативи або прототипу;

$J_i J^M$ – елемент ієрархії розміщений на *J*-ому ієрархічному рівні; *i* – порядковий номер розміщення елемента на *J*-ому ієрархічному рівні: $i = k + 1$; m – кількість альтернатив.

Кожна альтернатива і прототип характеризуються технічними характеристиками. Таким чином номенклатуру характеристик *J*-ого ієрархічного рівня можна подати у формі матриці:

$$P = \left\| PJ_1 \quad PJ_2 \quad PJ_3 \quad \ldots \quad PJ_j \quad \ldots \quad PJ_\rho \right\|^T. \tag{2}$$

де j – порядковий номер характеристики;

ρ – кількість характеристик.

Числові значення характеристик елементів ієрархії альтернатив та прототипу можна подати у формі матриці:

$$P\left(PJ_j\left(J_i J^M\right)\right) = \left\| \begin{matrix} PJ_1\left(J_1J^M\right) & PJ_1\left(J_2J^M\right) & \cdots & PJ_1\left(J_iJ^M\right) & \cdots & PJ_1\left(J_{m+1}J^M\right) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ PJ_j\left(J_1J^M\right) & PJ_j\left(J_2J^M\right) & \cdots & PJ_j\left(J_iJ^M\right) & \cdots & PJ_j\left(J_{m+1}J^M\right) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ PJ_\rho\left(J_1J^M\right) & PJ_\rho\left(J_2J^M\right) & \cdots & PJ_\rho\left(J_iJ^M\right) & \cdots & PJ_\rho\left(J_{m+1}J^M\right) \end{matrix} \right\| =$$

$$= \left\| \begin{matrix} PJ_1(A0) & PJ_1(A1) & \cdots & PJ_1(Ak) & \cdots & PJ_1(Am) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ PJ_j(A0) & PJ_j(A1) & \cdots & PJ_j(Ak) & \cdots & PJ_j(Am) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ PJ_\rho(A0) & PJ_\rho(A1) & \cdots & PJ_\rho(Ak) & \cdots & PJ_\rho(Am) \end{matrix} \right\|, \tag{3}$$

де $PJ_j\left(J_i J^M\right)$ – позначення характеристики PJ_j для елементу $J_i J^M$.

Запис, наведений у формі матриці (3) має зміст для випадку розміщення елементів ієрархії альтернатив і прототипу на одному ієрархічному рівні.

Для спрощення процедури кодування матрицю (3) можна подати у формі блочної матриці:

$$
\begin{array}{llll}
S \backslash P & A0 & A1 & \dots \\
 & J_1J^M & J_2J^M & \dots \\
PJ_1 & PJ_1(J_1J^M) & PJ_1(J_2J^M) & \dots \\
PJ_2 & PJ_2(J_1J^M) & PJ_2(J_2J^M) & \dots \\
\dots & \dots & \dots & \dots
\end{array}
=
\begin{array}{l|lll}
S \backslash P & A0 & A1 & \dots \\
 & J_1J^M & J_2J^M & \dots \\
\hline
PJ_1 & PJ_1(A0) & PJ_1(A1) & \dots \\
PJ_2 & PJ_2(A0) & PJ_2(A1) & \dots \\
\dots & \dots & \dots & \dots
\end{array}
\qquad (4)
$$

Із наведених вище матриць, в залежності від технічного завдання, вибирають ТР, яке характеризується максимальними або мінімальними значеннями комплексу необхідних характеристик. Наприклад, якщо існують такі характеристики як витрата потужності, металомісткість, витрата праці, питомі експлуатаційні затрати тощо, то із матриці вибирають варіант з найменшими числовими значеннями таких характеристик.

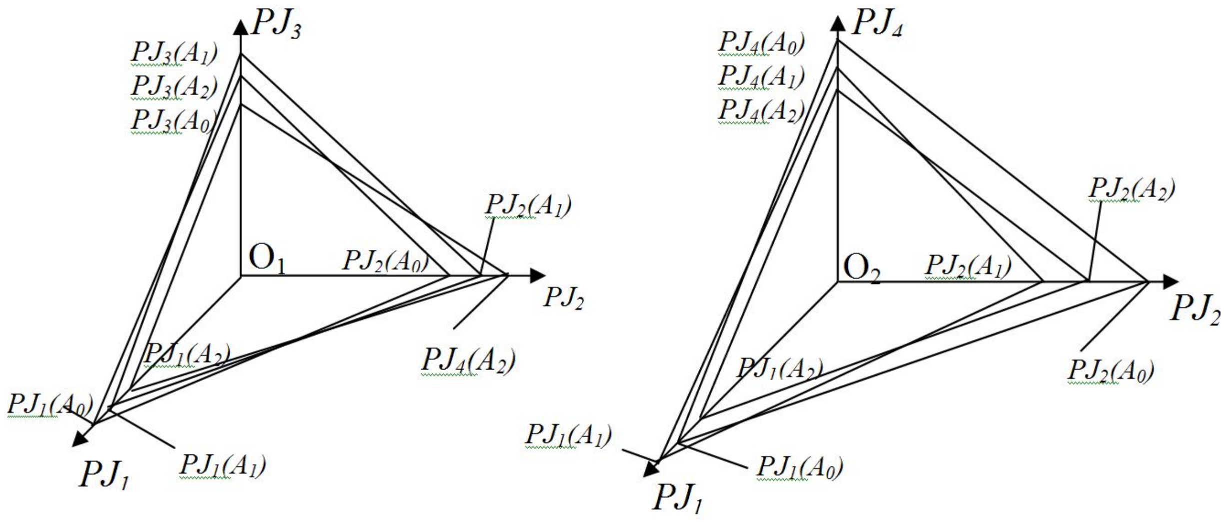
При цьому припускається, що пріоритетність характеристик є рівнозначною, а отже критерії вибору ТР – рівноцінні.

Згідно методу А.Н. Репетова для випадку наявності чотирьох характеристик ОФХ можна подати так:

$$\overrightarrow{V_1} = \overrightarrow{PJ_1} + \overrightarrow{PJ_2} + \overrightarrow{PJ_3}; \quad \overrightarrow{V_2} = \overrightarrow{PJ_1} + \overrightarrow{PJ_2} + \overrightarrow{PJ_4}; \qquad (5)$$

де V_1, V_2 – функції характеристик; PJ_1, PJ_2, PJ_3, PJ_4 – характеристики.

Величини вихідних даних відкладають в трьохмірному просторі з неоднорідними координатами. При цьому ОФХ представляють у формі сум об’ємів трикутних пірамід (рис.1). Найменший, або найбільший сумарний об’єм двох пірамід для одного із технічних рішень характеризує оптимальну структуру технічної системи, для умови відповідно мінімізації або максимізації характеристик.



а) *б)*

Рис. 1. Діаграми ОФХ прототипу $A0$ та альтернатив $A1$ і $A2$: а) за показниками PJ_1, PJ_2, PJ_3; б) за показниками PJ_1, PJ_2, PJ_4

Однак вирази (5) не враховують наявності інших діаграм, внаслідок можливих комбінацій властивостей PJ_1, PJ_2, PJ_3, PJ_4.

Припустимо, що для побудови діаграм усі характеристики прототипу відкладаються на діаграмі відрізками, які рівні довільній величині θ. Тобто на діаграмах позначатимемо

$$\theta = PJ_1(A0);\ \ \theta = PJ_2(A0);\dots \theta = PJ_\rho(A0). \tag{6}$$

Тоді величини характеристик альтернатив на діаграмі відкладатимуться з урахуванням масштабних коефіцієнтів

$$\mu_{\rho J_1} = \theta / PJ_1(A0);\ \mu_{\rho J_2} = \theta / PJ_2(A0);\dots \mu_{\rho J_\rho} = \theta / PJ_\rho(A0). \tag{7}$$

Таким чином матрицю (3) в однорідних координатах можна подати так

$$\begin{Vmatrix} \theta & PJ_1(A1)\mu_{\rho J_1} & \dots & PJ_1(Ak)\mu_{\rho J_1} & \dots & PJ_1(Am)\mu_{\rho J_1} \\ \theta & PJ_2(A1)\mu_{\rho J_2} & \dots & PJ_2(Ak)\mu_{\rho J_2} & \dots & PJ_2(Am)\mu_{\rho J_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \theta & PJ_j(A1)\mu_{\rho J_j} & \dots & PJ_j(Ak)\mu_{\rho J_j} & \dots & PJ_j(Am)\mu_{\rho J_j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \theta & PJ_\rho(A1)\mu_{\rho J_\rho} & \dots & PJ_\rho(Ak)\mu_{\rho J_\rho} & \dots & PJ_\rho(Am)\mu_{\rho J_\rho} \end{Vmatrix} =$$

$$
= \left\| \begin{matrix} 1,0 & \frac{PJ_1(A1)}{PJ_1(A0)} & \cdots & \frac{PJ_1(Ak)}{PJ_1(A0)} & \cdots & \frac{PJ_1(Am)}{PJ_1(A0)} \\ 1,0 & \frac{PJ_2(A1)}{PJ_2(A0)} & \cdots & \frac{PJ_2(Ak)}{PJ_2(A0)} & \cdots & \frac{PJ_2(Am)}{PJ_2(A0)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1,0 & \frac{PJ_j(A1)}{PJ_j(A0)} & \cdots & \frac{PJ_j(Ak)}{PJ_j(A0)} & \cdots & \frac{PJ_j(Am)}{PJ_j(A0)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1,0 & \frac{PJ_\rho(A1)}{PJ_\rho(A0)} & \cdots & \frac{PJ_\rho(Ak)}{PJ_\rho(A0)} & \cdots & \frac{PJ_\rho(Am)}{PJ_\rho(A0)} \end{matrix} \right\|. \tag{8}
$$

Для побудови діаграми використовують три параметри. Для будь-яких трьох параметрів $\frac{PJ_1(Ak)}{PJ_1(A0)}$; $\frac{PJ_2(Ak)}{PJ_2(A0)}$; $\frac{PJ_3(Ak)}{PJ_3(A0)}$ для альтернативи *Ак* об’єм піраміди:

$$
V_1(Ak) = \frac{1}{6} \times \left\| \begin{matrix} \frac{PJ_1(Ak)}{PJ_1(A0)} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{PJ_2(Ak)}{PJ_2(A0)} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{PJ_3(Ak)}{PJ_3(A0)} \end{matrix} \right\| = \frac{1}{6} \times \frac{PJ_1(Ak)}{PJ_1(A0)} \times \frac{PJ_2(Ak)}{PJ_2(A0)} \times \frac{PJ_3(Ak)}{PJ_3(A0)}. \tag{9}
$$

Таким чином за параметрами альтернатив прототипу визначають об’єми пірамід які можна подати у формі матриці

$$
V_\varphi = \left\| V_\varphi(A0) \quad V_\varphi(A1) \quad \ldots \quad V_\varphi(Ak) \quad \ldots \quad V_\varphi(Am) \right\| == \frac{\theta}{6} \left\| \begin{matrix} 1,0 \\ \frac{PJ_t(A1)}{PJ_t(A0)} \times \frac{PJ_n(A1)}{PJ_n(A0)} \times \frac{PJ_\delta(A1)}{PJ_\delta(A0)} \\ \cdots \\ \frac{PJ_t(Ak)}{PJ_t(A0)} \times \frac{PJ_n(Ak)}{PJ_n(A0)} \times \frac{PJ_\delta(Ak)}{PJ_\delta(A0)} \\ \cdots \\ \frac{PJ_t(Am)}{PJ_t(A0)} \times \frac{PJ_n(Am)}{PJ_n(A0)} \times \frac{PJ_\delta(Am)}{PJ_\delta(A0)} \end{matrix} \right\|^T. \tag{10}
$$

де φ – порядковий номер комбінацій характеристик: приймає значення в межах інтервалу $1 \ldots \varphi_{max}$; t, n, δ – позначення порядкових номерів характеристик.

Тобто для кількості параметрів, що рівні величині ρ необхідно здійснити комбінування характеристик із ρ по три з наступним перемноженням значень цих характеристик в межах трійки. В результаті одержимо множину об’ємів пірамід

$$V_\rho^3 = \left\{ V_1,\ V_2,\ V_3,\ ...V_\varphi ... V_{\varphi_{max}} \right\}, \tag{11}$$

де φ_{max} – кількість комбінацій із ρ по три: $\varphi_{\max} = C_\rho^3 = (\rho!)/(3!(\rho-3)!)$; $V_1 = \left\| V_1(A0)\, V_1(A2) ... V_1(Ak) ... V_1(Am) \right\|$; … $V_{\varphi_{max}} = \left\| V_{\varphi_{max}}(A0)\ ... V_{\varphi_{max}}(Ak) ... V_{\varphi_{max}}(Am) \right\|$

Тоді ОФХ можна геометрично представити у вигляді суми об’мів пірамід, кількість яких $\nu = \rho - 2$. Кількість ОФХ λ_{max} рівна кількості комбінацій із φ_{max} по ν: $\lambda_{\max} = C_{\varphi_{\max}}^{\nu} = (\varphi_{\max}!)/(\nu!(\varphi_{\max} - \nu)!)$

$$V_{\varphi_{max}}^{\nu} = \left\{ V_I,\ V_{II},\ V_{III},\ ...V_\lambda ... V_{\lambda_{max}} \right\}, \quad V_\lambda = \sum_{(g)}^{\nu} V_g\ , \tag{12}$$

де g – змінні, які набувають значень з інтервалу $1 \ldots \varphi_{max}$;

$$V_I = \left\| V_I(A0)\, V_I(A2) ... V_I(Ak) ... V_I(Am) \right\|;\ \ldots\ V_{\lambda_{max}} = \left\| V_{\lambda_{max}}(A0)\ ... V_{\lambda_{max}}(Ak) ... V_{\lambda_{max}}(Am) \right\|.$$

Наприклад, якщо ρ=4, то ν=2, φ_{max}=2, $V_I = V_1 + V_2;\, V_{II} = V_1 + V_3;\, ...$

Вибір технічного рішення зводиться до визначення найменшого значення із множини $V_{\varphi_{max}}^{\nu}$

$$\mu(V_I) = min\left\{ V_I(A0), V_I(A2), ... V_I(Ak), ... V_I(Am) \right\};\ \ldots$$

$$\mu\left(V_{\lambda_{max}}\right) = min\left\{ V_{\lambda_{max}}(A0),\ ... V_{\lambda_{max}}(Ak), ... V_{\lambda_{max}}(Am) \right\}. \tag{13}$$

Потім здійснюють вибір мінімального значення із множини $\mu(V_I)$, … $\mu\left(V_{\lambda_{max}}\right)$:

$$\mu(V_{\min}) = \min\left\{ \mu(V_I), \mu(V_{II}), \mu(V_{III}), ... \mu(V_\lambda), ... \mu\left(V_{\lambda_{\max}}\right) \right\}. \tag{14}$$

За знайденим $\mu(V_{\min})$ визначають найефективніше технічне рішення. Результати розрахунків зручно подавати у формі таблиці 1.

Таблиця 1. Результати дослідження ефективності альтернатив

Позначення ТР	*A0*	*A1*	…	*Ak*
Позначення елементу ієрархії	$J_1 J^M$	$J_2 J^M$	…	$J_i J^M$
Характеристики рівня	Матриця $PJ_i(PJ_i(J_j J^M))$			

PJ_i				
PJ_1	$PJ_1(J_1J^M)$	$PJ_1(J_2J^M)$	…	$PJ_1(J_jJ_o)$
PJ_2	$PJ_2(J_1J^M)$	$PJ_2(J_2J^M)$	…	$PJ_2(J_iJ^M)$
PJ_j	$PJ_j(J_2J^M)$	$PJ_j(J_2J^M)$	…	$PJ_j(J_iJ_o)$
Матриця в однорідних координатах				
$(PJ_1)_b$	1,0	$\frac{PJ_1(J_2J^M)}{PJ_1(J_1J^M)}$	…	$\frac{PJ_1(J_iJ^M)}{PJ_1(J_1J^M)}$
$(PJ_2)_b$	1,0	$\frac{PJ_2(J_2J^M)}{PJ_2(J_1J^M)}$	…	$\frac{PJ_2(J_iJ^M)}{PJ_2(J_1J^M)}$
...	…	…	…	…
$(PJ_j)_b$	1,0	$\frac{PJ_j(J_2J^M)}{PJ_j(J_1J^M)}$	…	$\frac{PJ_j(J_iJ^M)}{PJ_j(J_1J^M)}$
Розрахунок φ_{max} та елементів множини V_ρ^3				
$V_1=(PJ_1)_b\times(PJ_2)_b\times(PJ_3)_b$; $V_2=(PJ_1)_b\times(PJ_2)_b\times(PJ_4)_b$;… $V_{\varphi_{max}}=\ldots$	$V_1=\{1{,}0, V_1(A1), V_1(A2), \ldots V_1(Ak)\}$; $V_2=\{1{,}0, V_2(A1), V_2(A2), \ldots V_2(Ak)\}$; … $V_{\varphi_{max}}=\ldots$			
Розрахунок ν, λ_{max} та елементів множини $V_{\varphi_{max}}^{\nu}$				
V_I, V_{II}, … $V_{\lambda_{max}}$	$V_I=\{\nu,\ V_I(A1),\ V_I(A2),\ \ldots\ V_I(Ak)\}$; $V_{II}=\{\nu,\ V_{II}(A1),\ V_{II}(A2),\ \ldots\ V_{II}(Ak)\}$; …			
$\mu(V_I)$	$\mu(V_I)=\min\{\nu,\ V_I(A1),\ V_I(A2),\ \ldots\ V_I(Ak)\}$			
$\mu(V_{II})$, …	$\mu(V_{II})=\min\{\nu,\ V_{II}(A1),\ V_{II}(A2),\ \ldots\ V_{II}(Ak)\}$; …			
$\mu(V_{\min})$	$\mu(V_{\min})=\min\{\mu(V_I),\mu(V_{II}),\ldots\}$			
Результати розрахунків	На основі $\mu(V_{\min})$ визначається елемент ієрархії, а отже найефективніша альтернатива.			

Розглянемо приклад використання методу оцінювання ефективності для пошуку перспективної конструкції машини для поверхневого внесення органічних добрив.

Вихідні дані. Для розкидання органічних добрив використовують машину, яка характеризується такими технічними характеристиками: витрата потужності – 27 кВ/(га/год); металомісткість – 1950 кг/(га/год); витрати праці – 0,97 люд./(га/год); питомі експлуатаційні витрати – 57 грн/год;

З метою вдосконалення такої машини експертами запропоновано 4 варіанти модернізованих конструкцій таких машин, технічні характеристики яких наведено в таблиці 2. Необхідно визначити, яка машина характеризується оптимальною ефективністю.

Таблиця 2. Технічні характеристики проектних машин для поверхневого внесення органічних добрив

Номер варіанту технологічного обладнання	Технічні характеристики обладнання			
	Витрата потужності, кВ/(га/год)	Металомісткість, кг/(га/год)	Витрати праці, люд./(га/год)	Питомі експлуатаційні витрати, грн/год
1	20,7	1670	0,77	56
2	17,4	2520	0,63	54
3	14,2	2560	0,81	48
4	27,8	2840	0,72	56

Розв’язок: Позначимо базову машину (прототип) – символом *A0*, а альтернативні варіанти машин відповідно – *A1, A2, A3, A4.*

Нехай ієрархічна структура розглядуваної системи описується матрицею:

$$\begin{array}{cccccc} & A0 & A1 & A2 & A3 & A4 \\ S = & \| 2_1 1_0 & 2_2 1_0 & 2_3 1_0 & 2_4 1_0 & 2_5 1_0 \| \end{array},$$

де $2_1 1_0$ – елемент ієрархії прототипу *A0*; $2_2 1_0$, $2_3 1_0$, $2_4 1_0$ і $2_5 1_0$ – елементи ієрархії відповідно альтернатив *A1, A2, A3, A4*.

Тобто усі елементи розміщенні на 2-ому ієрархічному рівні.

Характеристики 2-го ієрархічного рівня описуємо матрицею:

$$P1_i = \| P1_1 \quad P1_2 \quad P1_3 \quad P1_4 \|^T,$$

де $P1_1$ – витрати потужності; $P1_2$ – матеріаломісткість; $P1_3$ – витрати праці; $P1_4$ – питомі експлуатаційні витрати.

Таким чином матрицю, яка кодує інформацією про характеристики 2-го ієрархічного рівня, можна подати так:

$$\begin{array}{c|ccccc} & A0 & A1 & A2 & A3 & A4 \\ & 2_1 1_o & 2_2 1_o & 2_3 1_o & 2_4 1_o & 2_5 1_o \\ \hline P1_1 & P1_1(2_1 1_o) & P1_1(2_2 1_o) & P1_1(2_3 1_o) & P1_1(2_4 1_o) & P1_1(2_5 1_o) \\ P1_2 & P1_2(2_1 1_o) & P1_2(2_2 1_o) & P1_2(2_4 1_o) & P1_2(2_4 1_o) & P1_2(2_5 1_o) \\ P1_3 & P1_3(2_1 1_o) & P1_3(2_2 1_o) & P1_3(2_4 1_o) & P1_3(2_4 1_o) & P1_3(2_5 1_o) \\ P1_4 & P1_4(2_1 1_o) & P1_4(2_2 1_o) & P1_4(2_4 1_o) & P1_4(2_4 1_o) & P1_4(2_5 1_o) \end{array} = \begin{array}{c|c} & S \\ \hline P1_i & P1_i(P1_i(2_j 1_o)) \end{array}$$

де $P1_1(2_1 1_o)$ – позначення величини витрат потужності для прототипу *A0*, $P1_1(2_1 1_o)$=27; $P1_1(2_2 1_o)$ – позначення величини металомісткості альтернативи *A1*, $P1_1(2_2 1_o)$ = 1670 і т.п.

$$P\left(P1_i\left(2_j 1_0\right)\right)=\begin{Vmatrix} 27 & 20,7 & 17,4 & 14,2 & 27,8 \\ 1950 & 1670 & 2520 & 2560 & 2840 \\ 0,97 & 0,77 & 0,63 & 0,81 & 0,72 \\ 57 & 56 & 54 & 48 & 56 \end{Vmatrix}.$$

Перетворивши таку матрицю згідно формули (8), одержимо:

$$P\left(P1_i\left(2_j 1_0\right)\right)=\begin{Vmatrix} 1,0 & \frac{P1_1(2_2 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} & \frac{P1_1(2_3 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} & \frac{P1_1(2_4 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} & \frac{P1_1(2_5 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} \\ 1,0 & \frac{P1_2(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} & \frac{P1_2(2_3 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} & \frac{P1_2(2_4 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} & \frac{P1_2(2_5 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \\ 1,0 & \frac{P1_3(2_2 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} & \frac{P1_3(2_3 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} & \frac{P1_3(2_4 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} & \frac{P1_3(2_5 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \\ 1,0 & \frac{P1_4(2_2 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} & \frac{P1_4(2_3 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} & \frac{P1_4(2_4 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} & \frac{P1_4(2_5 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 1,0 & \frac{20,7}{27} & \frac{17,4}{27} & \frac{14,2}{27} & \frac{27,8}{27} \\ 1,0 & \frac{1670}{1950} & \frac{2520}{1950} & \frac{2560}{1950} & \frac{2840}{1950} \\ 1,0 & \frac{0,77}{0,97} & \frac{0,63}{0,97} & \frac{0,81}{0,97} & \frac{0,72}{0,97} \\ 1,0 & \frac{56}{57} & \frac{54}{57} & \frac{48}{57} & \frac{56}{57} \end{Vmatrix}$$

Потім визначаємо матриці V_1 - V_4, та як, згідно формули (11) $\varphi_{max}=C_4^3=(4!)/(3!(4-3)!)=4$ та загальнооцінкові функції характеристик $V_I - V_{VI}$, так як, згідно формули (12) $\lambda_{\max}=(4!)/(2!(4-2)!)=6$:

$$V_1=\begin{Vmatrix} \frac{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0)}{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0)} \\ \frac{P1_1(A1)\times P1_2(A1)\times P1_3(A1)}{P1_1(A0)\times P1_1(A0)\times P1_1(A0)} \\ \frac{P1_1(A2)\times P1_2(A2)\times P1_3(A2)}{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0)} \\ \frac{P1_1(A3)\times P1_2(A3)\times P1_3(A3)}{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0)} \\ \frac{P1_1(A4)\times P1_2(A4)\times P1_3(A4)}{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0)} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 1,0 \\ \frac{P1_1(2_2 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}\times\frac{P1_2(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}\times\frac{P1_3(2_2 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_3 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}\times\frac{P1_2(2_3 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}\times\frac{P1_3(2_3 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_4 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}\times\frac{P1_2(2_4 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}\times\frac{P1_3(2_4 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_5 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}\times\frac{P1_2(2_5 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}\times\frac{P1_3(2_5 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 1,0 \\ 0,522 \\ 0,540 \\ 0,576 \\ 1,11 \end{Vmatrix};$$

$$V_2 = \left\| \begin{matrix} 1,0 \\ \frac{P1_2(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_3(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_2 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_2(2_3 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_3(2_3 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_3 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_2(2_4 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_3(2_4 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_4 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_2(2_5 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_3(2_5 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_5 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} 1,0 \\ 0,667 \\ 0,795 \\ 0,923 \\ 1,062 \end{matrix} \right\|; V_3 = \left\| \begin{matrix} 1,0 \\ \frac{P1_1(2_2 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} \times \frac{P1_2(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_2 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_3 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} \times \frac{P1_2(2_3 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_3 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_4 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} \times \frac{P1_2(2_4 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_4 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \\ \frac{P1_1(2_5 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)} \times \frac{P1_2(2_5 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)} \times \frac{P1_4(2_5 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} 1,0 \\ 0,64 \\ 0,78 \\ 0,58 \\ 1,47 \end{matrix} \right\|;$$

$$V_4 = \|1 \quad 0,59 \quad 0,39 \quad 0,39 \quad 0,75\|^T; \; V_I = V_1 + V_2 = \|2,0 \quad 1,19 \quad 1,33 \quad 1,5 \quad 2,17\|^T;$$

$$V_{II} = V_1 + V_3 = \|2,0 \quad 1,16 \quad 1,33 \quad 1,16 \quad 2,58\|^T; V_{III} = V_2 + V_3 = \|2,0 \quad 1,31 \quad 1,58 \quad 1,50 \quad 2,53\|^T;$$

$$V_{IV} = V_1 + V_4 = \|2,0 \quad 1,12 \quad 0,93 \quad 0,94 \quad 1,86\|^T; V_V = V_3 + V_4 = \|2,0 \quad 1,24 \quad 1,18 \quad 0,95 \quad 2,22\|^T;$$

$$V_{VI} = V_2 + V_4 = \|2,0 \quad 1,2658 \quad 1,916 \quad 1,2928 \quad 1,8128\|^T \; .$$

Аналіз числових значень елементів матриць A_I, A_{II}, A_{III} показав, що матриця V_{II} містить елемент ОФХ якого рівна 0,9365, що відповідає альтернативі *A3*. Таким чином максимальною ефективністю характеризується обладнання, яке закодоване символом *A3*. Результати розрахунків зручно представити у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 Результати дослідження ефективності альтернатив

1	Позначення ТР		*A0*	*A1*	*A2*	*A3*	*A4*
2	Позначення елемента		$2_1 1_o$	$2_2 1_o$	$2_3 1_o$	$2_4 1_o$	$2_5 1_o$
3	Харак-теристики рівня $P1_i$	$P1_1$	$P1_1(2_1 1_o)$= 27	$P1_1(2_1 1_o)$=20,7	$P1_1(2_j 1_o)$=17,4	$P1_1(2_j 1_o)$=14,2	$P1_1(2_j 1_o)$=27,8
		$P1_2$	$P1_2(2_1 1_o)$=1950	$P1_2(2_2 1_o)$=1670	$P1_2(2_2 1_o)$=2520	$P1_2(2_2 1_o)$=2560	$P1_2(2_2 1_o)$=1840
		$P1_3$	$P1_3(2_1 1_o)$=0,97	$P1_3(2_3 1_o)$=0,77	$P1_3(2_3 1_o)$=0,63	$P1_3(2_3 1_o)$=0,81	$P1_3(2_3 1_o)$=0,72
		$P1_4$	$P1_4(2_1 1_o)$=57	$P1_4(2_4 1_o)$=56	$P1_4(2_4 1_o)$=54	$P1_4(2_4 1_o)$=48	$P1_4(2_4 1_o)$=56
			Перетворена матриця $P1_i(AK)$				
	$(P1_1)_b$		1,0	$\frac{P1_1(2_2 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}=\frac{20,7}{27}$	$\frac{P1_1(2_3 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}=\frac{17,4}{27}$	$\frac{P1_1(2_4 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}=\frac{14,2}{27}$	$\frac{P1_1(2_5 1_0)}{P1_1(2_1 1_0)}=\frac{27,8}{27}$
	$(P1_2)_b$		1,0	$\frac{P1_2(2_2 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}=\frac{1670}{1950}$	$\frac{P1_2(2_3 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}=\frac{2520}{1950}$	$\frac{P1_2(2_4 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}=\frac{2560}{1950}$	$\frac{P1_2(2_5 1_0)}{P1_2(2_1 1_0)}=\frac{2840}{1950}$
	$(P1_3)_b$		1,0	$\frac{P1_3(2_2 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)}=\frac{0,77}{0,97}$	$\frac{P1_3(2_3 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)}=\frac{0,63}{0,97}$	$\frac{P1_3(2_4 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)}=\frac{0,81}{0,97}$	$\frac{P1_3(2_5 1_0)}{P1_3(2_1 1_0)}=\frac{0,72}{0,97}$
	$(P1_4)_b$		1,0	$\frac{P1_4(2_2 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)}=\frac{56}{57}$	$\frac{P1_4(2_3 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)}=\frac{54}{57}$	$\frac{P1_4(2_4 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)}=\frac{48}{57}$	$\frac{P1_4(2_5 1_0)}{P1_4(2_1 1_0)}=\frac{56}{57}$
	φ_{max}, $\lambda_{\max}$		$\varphi_{max}=4$; $\lambda_{\max}=6$				
4	V_I		$V_I=\{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_3(A0); P1_1(A1)\times P1_2(A1)\times P1_3(A1)\ldots\}=\{1,0 \quad 0,522 \quad 0,540 \quad 0,576 \quad 1,11\}$				
5	V_2		$V_2=\{P1_2(A0)\times P1_3(A0)\times P1_4(A0); P1_2(A1)\times P1_3(A1)\times P1_4(A1)\ldots\}=\{1,0 \quad 0,6679 \quad 0,795 \quad 0,923 \quad 1,062081\}$				
6	V_3 ...		$V_3=\{P1_1(A0)\times P1_2(A0)\times P1_4(A0); P1_1(A1)\times P1_2(A1)\times P1_4(A1)\ldots\}=\{1,0 \quad 0,645 \quad 0,788 \quad 0,581 \quad 1,473\}$, …				
7	V_I, V_{II}, V_{III}, V_{IV}, V_V, V_{VI}		$V_{I=}$ $V_1+V_2=\{2,0 \quad 1,189 \quad 1,336 \quad 1,5 \quad 2,175\}$; $V_{II=}$ $V_1+V_3=\{2,0 \quad 1,166 \quad 1,329 \quad 1,157 \quad 2,588\}$; $V_{III=}$ $V_2+V_3=\{2,0 \quad 1,312 \quad 1,584 \quad 1,504 \quad 2,535\}$; …				
8	$\mu(V_I)$, $\mu(V_{II})$,		$\mu(V_I)=min\{2,0 \quad 1,189 \quad 1,336 \quad 1,5 \quad 2,175\}=1,189$; $\mu(V_{II})=min\{2,0 \quad 1,166 \quad 1,329 \quad 1,157 \quad 2,588\}=1,157$				
9	$\mu(V_{III})$, $\mu(V_{IV})$, $\mu(V_V)$, $\mu(V_{VI})$		$\mu(V_{III})=\min\{2,0 \quad 1,312 \quad 1,584 \quad 1,504 \quad 2,535\}=1,15$; $\mu(V_{IV})=0,9365$; $\mu(V_V)=0,9512$; $\mu(V_{VI})=1,1916$				
10	$\mu(V_{\min})$		$\mu(V_{\min})=\min\{\mu(V_I),\mu(V_{II}),\mu(V_{III}),\mu(V_{IV}),\mu(V_V),\mu(V_{VI})\}=0,9365$				

11	Результати розрахунків	Значення відповідає добутку $P1_2(A3) \times P1_3(A3) \times P1_4(A3) = 0,9365$, що відповідає альтернативі $A3$

Список літератури

1. Васильків В.В. Методика кодування структури і основних конструктивно-технологічних особливостей об’єктів уніфікаційного синтезу на основі їх графових моделей // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – Вид-во ХНТУСГ.-2007.-Т.1.-С.245-251.

2. Васильків В.В. Класифікація гвинтових розкидальних пристроїв як передумова генерування нових конструкцій розкидачів органічних добрив / В.В. Васильків, С.Ф. Бабирика // Матеріали 8-ої молодіжної наук.-техн. конф. ЛДТУ, Луцьк: ЛДТУ- 2008.- С. 81-83.

Аннотация

Методика выбора перспективных новых технических решений из множественного числа их синтезированных вариантов в уннификационном синтезе

Васылькив В.В., Бабырыка С.Ф.

Работа посвящена вопросам повышения эффективности выбора перспективных новых технических решений из множества их синтезированных вариантов путем разработки нового метода их оценки на ранних стадиях технологической подготовки производства. Представлен пример использования такого метода.

Abstract

Method of choice of perspective new technical decisions from the plural of their synthesized variants in unification synthesis.

V. Vasylkiv, S. Baburuka

The article deals with problems of effective increase in the selection of promising new technologies from a variety of synthetic options through the development of a new

method for evaluating the early stages of technological preparation of production. The example of such a method is presented.