пром-сть, 1971. 5. Крагельский И. В. Основы расчетов на трение и знос / Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. — М., Машиностроение, 1977. 6. Топольницький П. В. Дослідження різального інструмента на зносостійкість / П. В. Топольницький // Поліграфія і видавнича справа. — 1998. — № 34. — С. 84–87.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ ВЫСЕКАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАСКЛАДОК КАРТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Предлагается математическая модель определения износостойкости высекательных инструментов для изготовления картонних изделий упаковочного производства.

MATHEMATICAL MODEL OF PROCESS OF WEAR OF CUTTING INSTRUMENTS IS FOR MAKING OF INVOLUTES OF CARDBOARD WARES

The mathematical model of determination of wearproofness of cutting instrument is offered for making of cardboard wares of packing production.

Стаття надійшла 15.04.09

УДК 655.59:686.12

В. М. Сеньківський, Р. І. Федишин, С. В. Терницький

Українська академія друкарства

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПАРАМЕТРІВ ШТАНЦЮВАННЯ КАРТОННИХ РОЗГОРТОК НА ПЛОСКОЦИЛІНДРОВИХ ПРЕСАХ

Досліджено та розв'язано задачу моделювання зв'язків між параметрами, які впливають на якість роботи штанцювальних форм для виготовлення картонних розгорток. Синтезовано ієрархічну графічну модель пріоритетності впливу вибраних параметрів на якість обрізування. Модель оптимізовано за головним власним значенням вектора пріоритетів.

Модель параметрів, штанцювання, картонна розгортка, плоскоциліндровий прес, оптимізація

Важливою проблемою пакувальної індустрії є виготовлення якісної та конкурентоздатної тари для продуктів і виробів різного призначення. Оскільки для продукування картонних паковань використовується в основному імпортне обладнання, актуальними є дослідження щодо встановлення чинників впливу на якість виготовлення картонних розгорток. У цьому напрямі досліджено та науково обґрунтовано раціональні параметри технологічного процесу ножичного різання матеріалу картону [3, 8]. Однак відсутні роботи, що стосуються системного аналізу чинників, які впливають на ефективність процесу штанцювання розгорток, розроблення моделей зв'язків між ними та адекватного відтворення пріоритетності дії через дотримання достовірної інформації на основі опрацювання експертних даних.

Серед відомих груп факторів, які визначають ефективність операцій, систем або процесів, зокрема, якість, умови функціонування та способи використання, розглянемо проблему якості роботи плоскоциліндрового преса як результат взаємодії у складному технологічному процесі різнорідних операцій. При цьому використаємо нетрадиційні для подібних задач засоби теорії графів і математичного моделювання.

Множина параметрів щодо якості роботи плоскоциліндрового преса породжує значну кількість зв'язків між ними. Тому первинним завданням є встановлення мінімально повної кількості параметрів, достатньої для адекватної оцінки їх інтегрального впливу на якість штанцювання.

Дослідження процесу виготовлення розгорток та узагальнені експертні оцінки уможливили вибрати із загальної множини $Z = \{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$ підмножину $Z_1 \in Z$ найбільш суттєвих параметрів, а саме:

z_1 — точність позиціювання заготовок відносно інструментів плоскої форми (за умови попереднього друку);

z_2 — стан робочих поверхонь інструментів;

z_3 — якість підготовки штанцювальної форми;

z_4 — вид технологічного інструменту (висікальний, бігувальний, перфорувальний, рицювальний);

z_5 — вид використовуваного картону;

z_6 — гострота різального інструмента;

z_7 — швидкість перекочування натискного циліндра;

z_8 — конфігурація розгорток паковання;

z_9 — величина технологічного навантаження;

z_{10} — тираж паковання.

Параметри підмножини Z_1 та можливі зв'язки між ними подамо у вигляді орієнтованого графа (рис. 1) [4, 5].

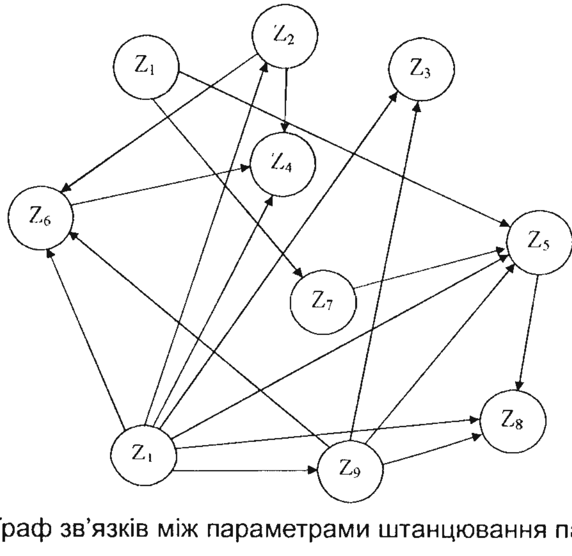

Рис. 1. Граф зв'язків між параметрами штанцювання паковання

На рис. 1 дуга (ребро) графа направлене до параметра (вершини), який має вплив на параметр, звідки виходить дуга. Наступний крок — побудова бінарної матриці залежності С для множини вершин Z_1 за викладеним нижче бінарним логічним правилом [2]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, \text{якщо критерій (вершина) і залежить від критерію (вершини) j} \\ 0, \text{якщо критерій (вершина) і не залежить від критерію (вершини).} \end{cases}$$

З попереднього запису випливає, що така матриця відображає наявність або відсутність зв'язку між сусідніми вершинами вихідного графа. Зрозуміло, що діагональні елементи матриці залежності — нулі. Матрицю зобразимо у вигляді таблиці, приєднавши до неї для більшої наочності інформаційний рядок і стовпець скорочених позначень параметрів.

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
z_1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
z_2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
z_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z_5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
z_6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
z_7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
z_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z_9	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
z_{10}	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1

Матриця С стає основою для побудови так званої матриці досяжності В. При цьому використовується бінарна матриця І+С, де І — одинична матриця. Матриця досяжності повинна задовольняти умову

$$(I+C)^{k-1} \le (I+C)^k = (I+C)^{k+1}.$$

Алгоритм визначення бінарних елементів матриці досяжності можна записати у вигляді наступного логічного правила:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{якщо з і можна попасти в j} \\ 0, \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Іншими словами, вершина z_j досягається з вершини z_i, якщо в графі (рис. 1) існує шлях, який приводить з вершини z_i до вершини z_j. Така вершина називається досягнутою. Позначимо підмножину подібних вершин через

$S(z_i)$. Неважко встановити, що діагональні елементи у такій матриці-таблиці матимуть одиничні значення.

У результаті реалізації описаних вище дій одержимо наступну бінарну матрицю досяжності вершин-параметрів.

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}
z_1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
z_2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
z_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
z_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
z_5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
z_6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
z_7	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
z_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
z_9	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
z_{10}	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Вершина z_i є попередницею вершини z_j, якщо вона досягається з цієї вершини. Нехай сукупність вершин-попередниць утворює деяку підмножину $P(z_i)$. Остаточно перетин підмножин вершин досягнутих і вершин-попередниць, тобто підмножина

$$(I+C)^{k-1} \le (I+C)^{k} = (I+C)^{k+1}, \qquad (1)$$

вершини якої не досягаються з будь-якої з вершин множини Z_t, що залишилися, визначає певний рівень ієрархії пріоритетності дії параметрів, віднесених до цих вершин. Додатковою умовою при цьому є забезпечення рівності

$$P(z_i) = R(z_i). \qquad (2)$$

Виконання сукупності вищенаведених дій почергово визначає рівні ієрархії параметрів, починаючи з найнижчого рівня. Для їх ідентифікації на основі попередньої матриці будуємо вихідну таблицю наступного змісту. У другий стовпець таблиці заносимо підмножину номерів досягнутих вершин або номери одиничних елементів відповідних рядків матриці досяжності, у третій — номери одиничних елементів стовпців цієї матриці. У цьому випадку рівність (2) означатиме виконання умови рівності номерів параметрів, заданих у другому і третьому стовпцях таблиці, у результаті чого утворюється певний рівень ієрархії параметрів у результуючій графічній моделі. Перша з ітераційного ряду таблиця матиме такий вигляд:

Таблиця 1

i	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i)\cap P(z_i)$
1	1,5,7,8	1	1
2	2,4,6	2,10	2
3	3	3,9,10	3
4	4	2,4,6,9,10	4
5	5,8	1,5,7,9,10	5
6	4,6	2,6,9,10	6
7	5,7,8	1,7	7
8	8	1,5,7,8,9,10	8
9	3,4,5,6,8,9	9,10	9
10	2,3,4,5,6,8,9,10	10	10

Рівність (2) виконується для критеріальних елементів з номерами 1 (точність позиціювання заготовок відносно інструментів плоскої форми) і 10 (тираж паковання). Це параметри, які згідно з описаними вище зауваженнями вважатимемо найнижчими за рівнем пріоритетності впливу на якість висікання картонної розгортки.

Відповідно до методу [1], з табл.1 вилучаємо перший і десятий рядки, а в другому і третьому стовпцях викреслюємо цифри 1 і 10. Одержимо табл. 2, яка є основою для обчислення наступної ітерації знаходження номерів параметрів, що визначають черговий рівень ієрархії.

Таблиця 2

i	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i)\cap P(z_i)$
2	2,4,6	2	2
3	3	3,9	3
4	4	2,4,6,9	4
5	5,8	5,7,9	5
6	4,6	2,6,9	6
7	5,7,8	7	7
8	8	5,7,8,9	8
9	3,4,5,6,8,9	9	9

Друга ітерація забезпечує виконання рівності (2) для параметрів з номерами 2 (стан робочих поверхонь інструментів), 7 (швидкість перекочування натискного циліндра) і 9 (величина технологічного навантаження). Вони утворюють наступний рівень ієрархії. Дотримуючись задекларованого правила, викидаємо з табл. 2 другий, сьомий і дев'ятий рядки, а в другому і третьому стовпцях викреслюємо цифри 2, 7 і 9 і отримуємо табл. 3.

Таблиця 3

i	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i) \cap P(z_i)$
3	3	3	3
4	4	4,6	4
5	5,8	5	5
6	4,6	6	6
8	8	5,8	8

Як видно з табл. 3, ця ітерація виокремлює параметри 3 (якість підготовки штанцювальної форми), 5 (вид використовуваного картону) і 6 (гострота різального інструмента). Далі викидаємо з останньої таблиці третій, п'ятий, шостий рядки, а в другому і третьому стовпцях викреслюємо цифри 3, 5, 6 і дістаємо наступну таблицю:

Таблиця 4

i	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i) \cap P(z_i)$
4	4	4	4
8	8	8	8

Для чергового рівня одержимо такі параметри: 4 (вид технологічного інструменту) і 8 (конфігурація розгорток паковання). З таблиці видно, що це останній стосовно аналізу і перший (відповідно до засад використовуваного методу) за важливістю рівень ієрархії аналізованих параметрів.

Унаслідок виконаних дій синтезуємо ієрархічно структуровану графічну модель (рис. 2), яка імітує пріоритетність впливу вибраних параметрів на якість штанцювання картонних розгорток з використанням плоскоциліндричних пресів. Рівні ідуть у зворотному порядку, тобто параметри четвертий і восьмий відносимо до найвищого рівня ієрархії. Далі ідуть третій, п'ятий і шостий параметри і т.д.

Таким чином, у результаті дослідження синтезовано модель, яка визначає рівень впливу вибраних параметрів на якість обрізування картонної розгортки. Пріоритетними факторами щодо якості висікання картонної розгортки насамперед є вид технологічного інструменту та конфігурація розгорток паковання. Другорядною за важливістю є група параметрів, пов'язаних з видом використовуваного картону, гостротою різального інструменту та якістю підготовки штанцювальної форми.

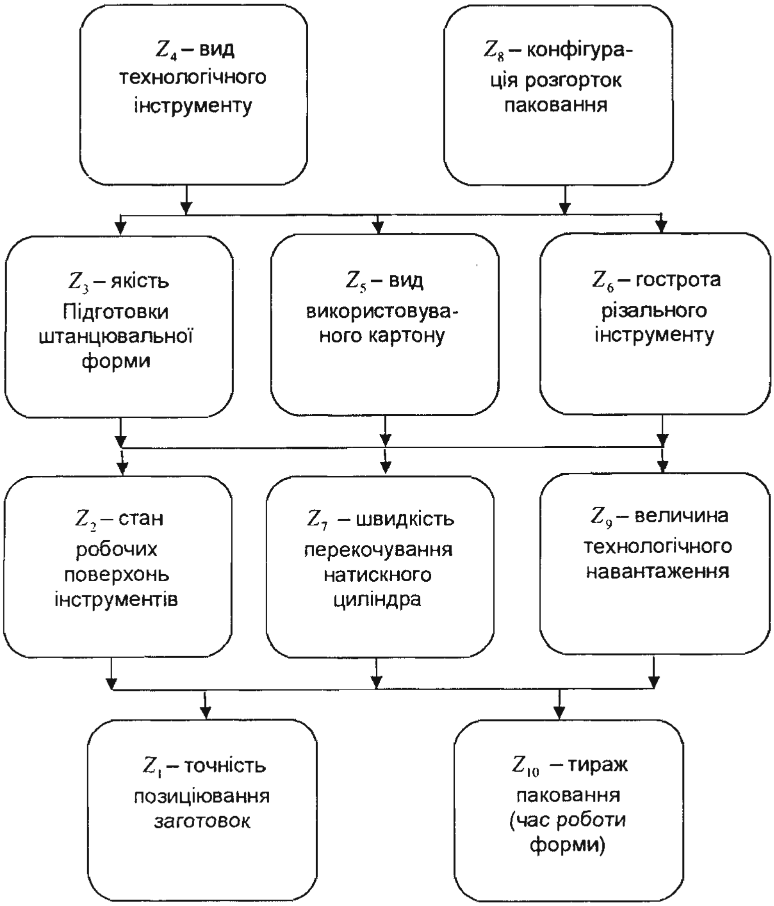

Рис. 2. Модель ієрархії параметрів виготовлення картонної розгортки

Разом з тим слід констатувати, що процедура віднесення вибраних параметрів до відповідного ієрархічного рівня є об'єктивним процесом, достовірність якого забезпечується використанням теорії системного аналізу, теорії моделювання, методології дослідження і розв'язання проблем. Поява параметрів на певному рівні залежить від встановлених у вихідному графі зв'язків між ними.

Модифікація вихідного графа зв'язків між параметрами забезпечує зміну пріоритетності впливу цих параметрів на процес штанцювання картонної розгортки. Практично така процедура дає змогу встановити технологічні режими та умови виготовлення картонних розгорток, попередньо оцінити якість різання. У результаті одержуємо механізм апріорного керування процесом штанцювання за допомогою графічної моделі.

Оскільки модель побудована на основі графа, зв'язки між параметрами в якому встановлено суб'єктивно на підставі експертної оцінки, вона не може вважатися остаточним розв'язанням проблеми, адже її адекватність оцінюється на рівні загальних логічних суджень, побудованих на словесних, слабо формалізованих експертних висновках. Тому важливим завданням є числове вираження міри впливу параметра нижчого рівня на зв'язаний з ним елемент вищого рівня або встановлення ступеня переваги параметра. Зазвичай це називають числовою або кардинальною узгодженістю за рівнем пріоритетності [3]. За цим методом можна дослідити не тільки наявність чи відсутність узгодженості при попарних порівняннях значущості параметрів, але й одержати числову оцінку міри адекватності зв'язків між параметрами у вихідному графі.

Для розв'язання цієї задачі параметри $z_1,....z_n$, упорядковані за рівнями ієрархії, ідентифікуємо числовими ваговими значеннями $g_1,....g_n$ їх впливу на параметри сусідніх (вищих) рівнів. Нехай a_{ij} — число, яке визначає перевагу параметра z_i відносно параметра z_j. Помістимо сукупність цих чисел у матрицю A, тобто $A=(a_{ij})$. Ця матриця обернено-симетрична, що тотожно відношенню $a_{ij} = 1/a_{ij}$. Якщо остання рівність справедлива для всіх порівнянь, то матрицю A називають узгодженою. При точних вимірах ваг для узгодженої матриці очевидним є таке співвідношення:

$$a_{ij} = \frac{g_i}{g_j}; \quad i, j = 1, 2, ..., n. \tag{3}$$

Відомо, що матричне рівняння $Ax=y$ є аналогом системи рівнянь

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_i = y_i; \; i = 1, 2, ..., n,$$

яка з урахуванням (3) може бути зведена до виразу

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} g_j = n g_i; \; i = 1, 2, ..., n,$$

що відповідає скороченому векторному запису

$$Ag = ng. \tag{4}$$

У виразі (4) g — власний вектор матриці A з власним значенням n.

Для досліджуваної задачі впливи між параметрами визначаються суб'єктивно на підставі експертних оцінок, тому величину a_{ij} не можна обчислити точно, використовуючи рівняння (4). Виходом із ситуації може стати використання наступних тверджень теорії матриць [3].

Якщо числа $\lambda_1,...\lambda_n$ задовольняють рівняння $Ax = \lambda x$, тобто є власними значеннями матриці A, причому $a_{ii} = 1$ для всіх i, то

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = n. \tag{5}$$

Рівність (5) з додатковим урахуванням (4) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці A дорівнює n, усі решта — нулі. Тобто у випадку узгодженості експертних суджень максимальне власне значення матриці A дорівнюватиме n. Частка від ділення суми компонент власного вектора на кількість компонент (середнє арифметичне) визначить наближення до числа λ_{max}, яке називається максимальним або головним власним значенням. Ця величина стає основною характеристикою, що використовується для встановлення міри узгодженості експертних суджень стосовно попарних порівнянь параметрів у задачах з лінгвістично невизначеними параметрами, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин [6].

Крім того, стверджується, що при незначній зміні елементів a_{ij} обернено-симетричної матриці A власне значення її вектора також зміниться несуттєво, тобто власне значення λ_{max} буде близьким до n, а інші власні значення — незначно відрізнятимуться від нуля. Звідси випливає, що величина відхилення λ_{max} від n може служити мірою узгодженості або адекватності експертних суджень стосовно ваг параметрів залежно від рівня їх розміщення в ієрархічній моделі. Відхилення від узгодженості називається індексом узгодженості і виражається величиною

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}. \qquad (6)$$

Виходячи з моделі ієрархії параметрів, встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надамо вагу 10 умовних одиниць. Припустимо також, що кожний наступний рівень має вагу на 10 одиниць більшу від попереднього. При наявності на одному рівні декількох параметрів їх ваги встановлюються, виходячи з кількості приєднаних впливів, що тотожно функціональній повноті параметрів. Якщо вершини подібних параметрів позначені як абсолютно залежні, то їх ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. Наявність в одній вершині одночасно приєднаних і залежних впливів вимагає додаткової експертної оцінки при встановленні ваги параметра. У результаті одержимо: z_{10} — *10;* z_1 — *15;* z_9 — *20;* z_7 — *25;* z_2 — *25;* z_3 — *40;* z_6 — *40;* z_5 — *45;* z_8 — *50;* z_4 — *55.*

На основі цих значень побудуємо гістограму ваг параметрів (рис. 3).

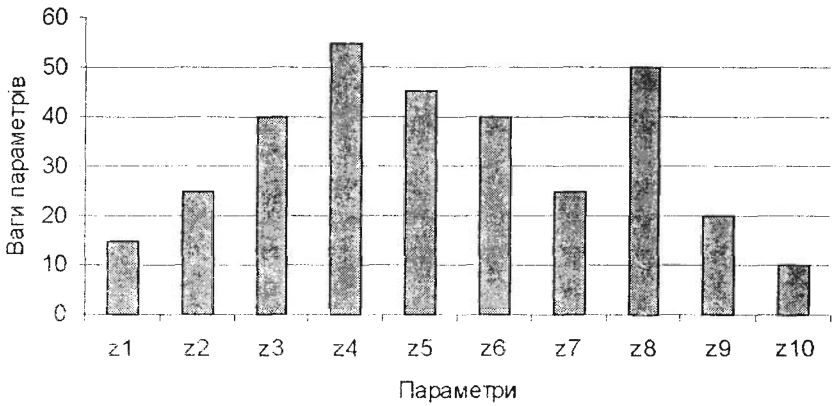

Рис. 3. Гістограма вагових значень параметрів виготовлення картонної розгортки

Для визначення шкали пріоритетів будуємо квадратну обернено-симетричну матрицю попарних порівнянь [7], порядок якої визначається числом аналізованих параметрів. Алгоритм її організації наступний. Порівнюються ваги кожного з параметрів першого стовпця з відповідними вагами параметрів верхнього рядка. При цьому для двох параметрів (наприклад, k_1 і k_2), які порівнюються між собою, матимемо такі значення відповідного елемента матриці в позиції (k_1, k_2) за шкалою відносної важливості об'єктів:

1, якщо k_1 і k_2 однаково важливі; 3, якщо k_1 дещо важливіший за k_2; 5, якщо k_1 значно переважає k_2; 7, якщо k_1 суттєво пріоритетніший, ніж k_2; 9, якщо k_1 абсолютно переважає k_2.

Діагональні елементи матриці дорівнюють 1. Нижня частина матриці заповнюється оберненими значеннями, тобто у позицію (k_2, k_1) заносимо відповідно 1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9. При незначних відмінностях між вагами параметрів використовують парні числа 2, 4, 6, 8 та їх обернені значення.

Наведемо деякі аргументи [7] стосовно обґрунтованості вибору верхньої межі для елементів b_{ij}. Встановлено, що для якісного розмежування об'єктів при їх порівнянні достатньо п'яти визначень: рівний, слабкий, сильний, дуже сильний, абсолютний. Додавши до цього проміжкові значення, дістанемо цифру дев'ять. Відомо також, що психологічна межа 7±2 предметів при їх порівнянні забезпечується дев'яти градаціями відмінностей між ними.

Для полегшення процедури встановлення значень елементів для матриці попарних порівнянь можна скористатися гістограмою рис. 3.

	z_1 (15)	z_2 (25)	z_3 (40)	z_4 (55)	z_5 (45)	z_6 (40)	z_7 (25)	z_8 (50)	z_9 (20)	z_{10} (10)
z_1 (15)	1	1/2	1/4	1/9	1/7	1/4	1/2	1/6	1/2	4
z_2 (25)	2	1	1/4	1/5	1/4	1/4	1	1/6	2	3
z_3 (40)	4	4	1	1/3	1/3	1	4	1/4	4	7
z_4 (55)	9	5	3	1	2	3	5	3	7	9
z_5 (45)	7	4	3	1/2	1	3	4	1/3	4	7
z_6 (40)	4	4	1	1/3	1/3	1	4	1/4	4	7
z_7 (25)	2	1	1/4	1/5	1/4	1/4	1	1/6	2	4
z_8 (50)	6	6	4	1/3	3	4	6	1	5	9
z_9 (20)	2	1/2	1/4	1/7	1/4	1/4	1/2	1/5	1	3
z_{10} (10)	1/4	1/3	1/7	1/9	1/7	1/7	1/4	1/9	1/3	1

Матриця побудована на основі суб'єктивних суджень, тому її точність у значній мірі залежить від кваліфікації експертів та адекватності застосування шкали відносної важливості об'єктів. Як уже зазначалося, мірою узгодженості експертних значень матриці попарних порівнянь служить вектор пріоритетів матриці, для встановлення якого визначимо головний власний вектор, після чого нормалізуємо його. Один із найбільш точних способів розв'язання цієї задачі полягає в наступному [7]. Знаходимо добуток елементів кожного рядка і вираховуємо корінь 10-го степеня. Одержимо вектор

$$E = (0{,}391;\ 0{,}602;\ 1{,}478;\ 3{,}876;\ 2{,}237;\ 1{,}478;\ 0{,}619;\ 3{,}305;\ 0{,}481;\ 0{,}219).$$

Відтак нормалізуємо вектор Е, для чого поділимо його компоненти на суму значень усіх компонент, що дасть такий вектор:

$$E_n = (0{,}026;\ 0{,}041;\ 0{,}101;\ 0{,}264;\ 0{,}152;\ 0{,}101;\ 0{,}042;\ 0{,}225;\ 0{,}033;\ 0{,}015).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети параметрів висікання картонних розгорток і встановлює попередній формальний розв'язок поставленої задачі. Для наочності наведемо гістограму компонент цього вектора (табл. 4).

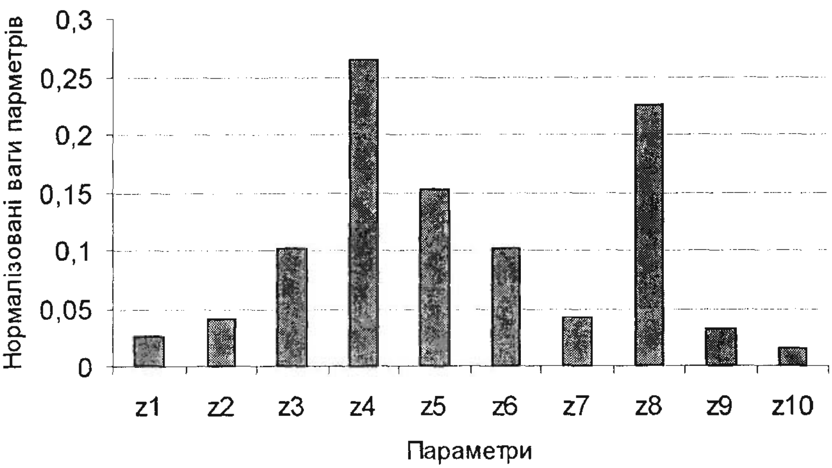

Рис. 4. Гістограма нормалізованих ваг параметрів виготовлення картонної розгортки

Порівнюючи гістограми рис. 3 і 4, бачимо, що пропорції між числовими величинами ваг параметрів в основному зберігаються. Для оцінювання змін у відносних значеннях ваг нормалізованого вектора можна провести такий числовий експеримент. Помножимо кожну компоненту цього вектора на деякий коефіцієнт k (наприклад 500), у результаті чого компоненти обох векторів можна порівнювати між собою. Після того ваги параметрів вихідного вектора поділимо на відповідні ваги параметрів нормалізованого вектора. Одержимо вектор K_n, компоненти якого назвемо коефіцієнтами нормалізації. Результати обчислень подано у наступній таблиці.

Таблиця 5

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}
E_0	**15**	**25**	**40**	**55**	**45**	**40**	**25**	**50**	**20**	**10**
E_n	**0,026**	**0,041**	**0,101**	**0,264**	**0,152**	**0,101**	**0,042**	**0,225**	**0,033**	**0,015**
$E_n \times k$	**13**	**20**	**50**	**132**	**76**	**50**	**21**	**112**	**16**	**8**
K_n	**1,15**	**1,25**	**0,80**	**0,42**	0,59	0,80	1,19	0,45	1,25	1,25

В ідеальному випадку середнє арифметичне компонент вектора K_n повинно дорівнювати одиниці. Реальне значення, отримане на основі даних табл. 5, рівне 0,84. Відхилення незначне, отже, компоненти вихідного та нормалізованого векторів однаково оцінюють адекватність моделі пріоритетів параметрів, зображеній на рис. 2. Порівняльний графік вагових значень параметрів вихідного та нормалізованого (помноженого на коефіцієнт масштабування) векторів зображено на рис. 5.

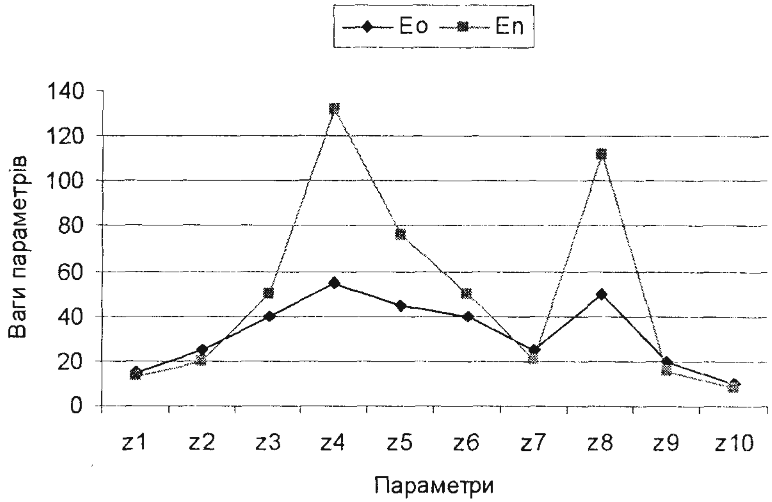

Рис. 5. Порівняльний графік вагових значень параметрів

Наприкінці визначимо оцінку узгодженості експертних суджень стосовно попарних порівнянь ваг параметрів згідно з [7]. Для цього помножимо матрицю порівнянь справа на вектор E, у результаті чого одержимо вектор

$$E_{nl} = (0,283;\ 0,425;\ 1,071;\ 2,866;\ 1,617;\ 1,071;\ 0,440;\ 2,532;\ 0,343;\ 0,161).$$

Знайдемо компоненти власного вектора λ. Поділимо складові вектора E_{nl} на відповідні складові вектора E_n. Одержимо вектор

$$E_{n2} = (10{,}64;\ 10{,}37;\ 10{,}64;\ 10{,}86;\ 10{,}61;\ 10{,}64;\ 10{,}43;\ 11{,}25;\ 10{,}47;\ 10{,}85).$$

Наближене значення для λ_{max} — це середнє арифметичне компонент отриманого вектора. Отже, поділивши суму компонент вектора E_{n2} на число компонент, тобто на 10, знайдемо найбільше власне значення вектора узгодженості. Для нашого випадку $\lambda_{max} = 10{,}677$.

Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості. З формули (6) маємо

$$IU = \frac{10{,}677 - 10}{10 - 1} = 0{,}75.$$

Значення індексу узгодженості звичайно порівнюють з еталонними величинами показника узгодженості, який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються (див. табл. 6). Це випадковий індекс (*WI*), одержаний для відгенерованої випадковим способом за шкалою від одного до дев'яти обернено-симетричної матриці з відповідними оберненими величинами. При цьому результати експертних оцінок вважаються задовільними, якщо порахована величина індексу не перевищує 10% еталонного значення для відповідної кількості аналізованих об'єктів. При невиконанні цієї умови необхідно уточнити експертні судження щодо попарного порівняння параметрів.

Таблиця 6

Кількість об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Еталонне значення індексу	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Величину $WU=IU/WI$ називають відношенням узгодженості. Враховуючи табличне значення випадкового індексу для матриці 10-го порядку, одержимо: $WU=0{,}05$. Результати попарних порівнянь можна вважати задовільними, якщо $WU \leq 0{,}1$. Як бачимо, отримана величина свідчить про достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно попарних порівнянь вагових значень параметрів, а досліджений і реалізований ітераційний процес забезпечив одержання оптимізованої ієрархічної моделі параметрів виготовлення картонних розгорток. При незадовільних значеннях цих оцінок необхідно переглянути вихідний граф зв'язків між параметрами, уточнити величини встановлених ваг їх значущості та відповідних їм величин попарних порівнянь, тобто розв'язати у деякому наближенні обернену задачу.

У наведеному дослідження вперше розв'язано задачу формалізованог описання параметрів якості штанцювання картонних розгорток на плоско циліндрових пресах, встановлено та проаналізовано зв'язки між ними, синте зовано багаторівневу ієрархічну модель пріоритетного впливу параметрів на якість штанцювання. Експертне задання числової вагомості параметрів та використання методу попарних порівнянь для нечіткої множини лінгвістични змінних забезпечило пошук максимального значення власного вектора матриц попарних порівнянь. Пораховані числові вираження індексу та відношення узгодженості вказують на прийнятну достовірність розв'язку задачі та при датність її для практичного використання.

1. Дурняк Б. В. Пріоритетність параметрів у процесі творення газетного видання / Б. В. Дурняк, І. В. Гілета, В. М. Сеньківський // Комп'ютерні технології друкарства УАД. — 2008. — № 19. — С. 195–202. 2. Лямець В. І. Системний аналіз. Вступний кур / В. І. Лямець, А. Д. Тевяшев. 2-е вид., перероб. та допов., Харків: ХНУРЕ, 2004. (Рос мовою). 3. Регей І. І. Розробка та дослідження пристрою для висікання розгорток паковань комбінованим способом / І. І. Регей, О. М. Полюдов, Я. М. Угрин // Наукові записки УАД — 2002. — Вип. 5. — С. 16–21. 4. Сеньківський В. М. Автоматизоване проектування книжкових видань: моногр. / В. М. Сеньківський, Р. О. Козак — Львів: Українська академія друкарства, 2008. 5. Сеньківський В. М. Модель ієрархії параметрів якості книжкових видань / В. М. Сеньківський // Наукові записки УАД. Львів, 2007. — Вип. 11. — С. 73–80 6. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / Сявавко М. С. — Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. 7. Топольницький П. В. Нові технології та пристрої для різання поліграфічних матеріалів та книжково-журнальних блоків / П. В. Топольницький О. Б. Книш — Львів: Афіша. 2003. 8. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ШТАНЦЕВАНИЯ КАРТОННЫХ РАЗВЕРТОК НА ПЛОСКОЦИЛИНДРОВЫХ ПРЕССАХ

Исследована и решена задача моделирования связей между параметрами, которые влияют на качество работы штанцевальных форм для изготовления картонных разверток. Синтезирована иерархическая графическая модель приоритетности влияния выбранных параметров на качество обрезки. Модель оптимизирована по главному собственному значению вектора приоритетов.

OPTIMIZATION OF MODEL OF DIE-CUTTING PARAMETERS CARDBOARD INVOLUTES ON FLAT CYLINDRICAL PRESSES

Investigational and decided task of design of connections between criteria which influence on quality of work of die-cutting forms for making of cardboard involutes. The hierarchical graphic model of priority of influence of chosen парметров is synthesized on quality of trimming. A model is optimized after the main own value of vector of priorities.

Стаття надійшла 15.05.09