УДК 655.3+519.1
© В. Репета[24], Н. Гургаль[1], В. Сеньківський[1], 2013

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ КРИТЕРІЇВ ПРОЦЕСУ ВУЗЬКОРУЛОННОГО УФ-ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ

Встановлено числові ваги критеріїв і оптимізовано модель процесу вузькорулонного УФ-флексографічного друку.

The numerical weights of criteria and optimized model of the UV-flexographic printing have been determined.

1. ВСТУП

Останніми роками у поліграфічній галузі спостерігається значний приріст у застосуванні вузькорулонного флексографічного друку (ВФД), завдяки якому знижуються капіталовкладення, трудомісткість обслуговування устаткування і як результат знижується собівартість продукції. Ще однією з переваг ВФД є можливість інтеграції в технологічну лінію інших способів друку, наприклад встановлюються секції ротаційного трафаретного друку чи системи струменевого друку.

Технологічний процес – це впорядкована послідовність взаємопов'язаних дій, яка виконується з моменту виникнення вихідних даних для одержання відповідного результату. Для процесу друкування таким результатом є відбиток з відповідними якісними характеристиками. Як було сказано раніше [1], технологічний процес друкування є сукупністю елементів, які створюють певну цілісність – систему. Здатність такої системи гарантувати заданий результат і його повторюваність характеризує її надійність та якість і залежить від узгодженості та рівня взаємодії усіх її елементів. Впорядкування цих елементів, їх оптимізація з наданням вагових значень дозволить нам виявити рівні пріоритетності впливу на технологічний процес ВФД.

2. ПОСТАНОВКА І РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

У роботі [1], для побудови моделі ієрархії впливу критеріїв на процес ВФД були використані критерії з наступними мнемонічними назвами: k_1 − характер продукції (ХП); k_2 − вид задруковуваного матеріалу (ЗМ); k_3 − тип і параметри анілоксового валика (АН); k_4 − в'язкість УФ-фарб (ВФ); k_5 − швидкість друкування (ШВ); k_6 − характер фарбопередачі (ФП); k_7 − тип і параметри друкарської форми (ДФ); k_8 − поверхнева енергія задруковуваного матеріалу (ПЕ); k_9 − дефор-

[1] Українська академія друкарства

мація друкуючих елементів форми (розтискування) (ДДЕ); k_{10} − поверхнева обробка поверхні (коронний розряд) (КР).

Одержана модель є неформальним описом взаємозв'язків між критеріями у вигляді орієнтованого графа і хоча у ній встановлено рівні пріоритетності впливу критеріїв на процес ВФД, вона не може служити вирішальним судженням щодо достовірності стану технологічної системи. Для надання певного ступення відповідності даної моделі необхідно встановити міру впливу критеріїв одного рівня на критерії інших рівнів. Для цього використовуємо метод попарних порівнянь [2], згідно якого будуються матриці значень за результатами експертних порівнянь критеріїв.

Для цього будуємо матрицю попарних порівнянь A розміром 10×10. При порівнянні чинника з самим собою отримуємо 1, відповідно головна діагональ матриці буде складатися з одиниць. Згідно шкали Сааті [2] поданої у таблиці 1, оцінюємо важливість чинників відносно один одного і одержуємо обернено-симетричну матрицю з співвідношенням чинників $a_{ij}=1/a_{ij}$.

Таблиця 1

Шкала відносної важливості чинників за Сааті [2]

Оцінка важливості	Критерій порівняння	Пояснення
1	Об'єкти рівноцінні	Однаковий внесок щодо дії
3	Об'єкт дещо переважає інший	Надається деяка перевага
5	Один об'єкт переважає інший	Наявність суттєвої переваги
7	Очевидна перевага об'єкту над іншим	Присутня явна перевага
9	Абсолютна перевага об'єкту над іншим	Перевага не викликає сумніву
2,4,6,8	Проміжні компромісні проміжні значення	При виникненні компромісної ситуації

Матриця попарних порівнянь важливості критеріїв має наступний вигляд:

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}
k_1	1	1	3	2	2	9	5	7	7	5
k_2	1	1	3	2	2	7	5	7	7	5
k_3	1/3	1/3	1	1/3	1/5	5	1	3	3	2
k_4	1/2	1/2	3	1	2	9	3	7	7	7
k_5	1/2	1/2	5	1/2	1	9	3	7	6	5
k_6	1/9	1/7	1/5	1/9	1/9	1	1/5	1/3	1/3	1/5
k_7	1/5	1/5	1	1/3	1/3	5	1	3	5	2
k_8	1/7	1/7	1/3	1/7	1/7	3	1/3	1	1	1/3
k_9	1/7	1/7	1/3	1/7	1/6	3	1/5	1	1	1/2
k_{10}	1/5	1/5	1/2	1/7	1/5	5	1/2	3	2	1

Наступним кроком є обчислення вектора пріоритетів згідно даної матриці, а саме обчислення головного власного вектора $\overline{V} = (v_1, v_2, v_3 \ldots v_n)$ і його нормалізації.

Для знаходження компонент головного вектора матриці перемножимо n елементів у кожному рядку і взяти корінь n-го степеня

$$v = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot a_{i3} \cdot \ldots \cdot a_{i\ n}} \quad i = \overline{1}, n \tag{1}$$

У результаті отримаємо вектор

$\overline{V}$ (3,252, 3,171, 0,960, 2,596, 2,264, 0,210, 0,960, 0,366, 0,368, 0,620).

Поділимо компоненти вектора $\overline{V}$ на суму значень усіх його компонент:

$$v_{норм} = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot a_{i3} \cdot \ldots \cdot a_{i\ n}}}{\sum_{i=0}^{n} \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot a_{i3} \cdot \ldots \cdot a_{i\ n}}} \tag{2}$$

і отримаємо нормалізований вектор:

$\overline{V}_{норм}$ (0,220, 0,214, 0,065, 0,175, 0,153, 0,014, 0,065, 0,025, 0,025, 0,042).

Нормалізований вектор $\overline{V}_{норм}$ визначає числові пріоритети чинників впливу на технологічний процес ВФД.

Оцінимо узгодженість вагових значень чинників [2].

Для цього матрицю парних порівнянь помножимо на нормалізований вектор $\overline{V}_{норм}$:

$$M=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 2 & 2 & 9 & 5 & 7 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 3 & 2 & 2 & 7 & 5 & 7 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/5 & 5 & 1 & 3 & 3 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 3 & 1 & 2 & 9 & 3 & 7 & 7 & 7 \\ 1/2 & 1/2 & 5 & 1/2 & 1 & 9 & 3 & 7 & 6 & 5 \\ 1/9 & 1/7 & 1/5 & 1/9 & 1/9 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/5 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1/3 & 5 & 1 & 3 & 5 & 2 \\ 1/7 & 1/7 & 1/3 & 1/7 & 1/7 & 3 & 1/3 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1/7 & 1/7 & 1/3 & 1/7 & 1/6 & 3 & 1/5 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1/5 & 1/5 & 1/2 & 1/7 & 1/5 & 5 & 1/2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0{,}22 \\ 0{,}214 \\ 0{,}065 \\ 0{,}175 \\ 0{,}153 \\ 0{,}014 \\ 0{,}065 \\ 0{,}025 \\ 0{,}025 \\ 0{,}042 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}292 \\ 2{,}26 \\ 0{,}667 \\ 1{,}854 \\ 1{,}634 \\ 0{,}155 \\ 0{,}678 \\ 0{,}255 \\ 0{,}258 \\ 0{,}443 \end{bmatrix}$$

Одержимо нормалізований вектор

$\overline{V}_{норм1}$(2,292, 2,26, 0,667, 1,854, 1,634, 0,155, 0,678, 0,255, 0,258, 0,433)

Знайдемо компоненти власного вектора $\overline{V}_{норм2}$, поділимо складові вектора $\overline{V}_{нор.м1}$ на відповідні складові вектор $\overline{V}_{норм}$ і отримаємо вектор $\overline{V}_{норм2}$: $\overline{V}_{норм2}$(10,44, 10,56, 10,29, 10,58, 10,69, 10,92, 10,46, 10,34, 10,39, 10,35).

Для оцінювання узгодженості матриці використаємо максимальне власне значення λ_{max}, яке чим ближче за значенням до кількості елементів матриці n, тим більш узгоджений результат. Максимальне власне значення λ_{max} одержуємо як середнє арифметичне компонент вектора $\overline{V}_{норм_2}$. Максимальне власне значення складає λ_{max}= 10,5. Відхилення від узгодженості характеризується індексом узгодженості *IU*, який визначається згідно співвідношення:

$$IU=(\lambda_{max}-n)/(n-1)=(10{,}5-10)/(10-1)=0{,}056.$$

Значення випадкового індексу *IU* порівняємо з значенням еталонного *WI*, який залежить від кількості об'єктів , які аналізується. Для нашого випадку, згідно з [2], еталонне значення індексу становить 1,49.

Порівнявши розрахований індекс узгодженості з еталонним для десяти чинників і перевіривши нерівність $IU < 0{,}1\times WI$, отримаємо $0{,}056 < 0{,}1\times 1{,}49 = 0{,}056<0{,}149$. Виконання нерівності вказує на правильність розвязку задачі. Додатково результати оцінюємо відношенням узгодженостей:

$$WU = IU/WI = 0{,}056/1{,}49=0{,}038.$$

Результат парних порівнянь можна вважати задовільним при умові $WU \le 0{,}1$. Таким чином отримали належну узгодженість стосовно попарного порівняння чинників, відображених у сформованій матриці.

Для одержання вагових значень чинників у моделі ієрархії [1], оцінимо розміщення цих чинників, наявність зв'язків між ними і отрима-

ємо наступний ряд значень: k_1(ХП) – 50; k_2(ЗМ) – 40; k_3(АН) – 35; k_4 (ВФ) – 55; k_5 (ШВ) – 55; k_6 (ФП) –10; k_7 (ДФ) – 30; k_8 (ПЕ) – 20; k_9 (ДДЕ) – 20; k_{10} (КР) – 35. Значення подамо у вигляді компонент деякого вектора

$$\overline{K}_o (50, 40, 35, 55, 55, 10, 30, 20, 20, 30).$$

Вагові значення компонент вектору $\overline{K}_o$ і $\overline{V}_{норм}$ занесем у таблицю 2. Для зручності аналізу значення компонент $\overline{V}_{норм}$ помножимо на масштабний коефіцієнт k – 250.

Таблиця 2

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\overline{K}_o$	50	40	35	55	55	10	30	20	20	30
$\overline{V}_{норм} \cdot k$	54	53	16	43	38	3	16	6	6	10

За результатами, поданими у таблиці, будуємо графік вагових значень комонент вихідного $\overline{K}_o$ і нормалізованого векторів $\overline{V}_{норм}$ (рис.1).

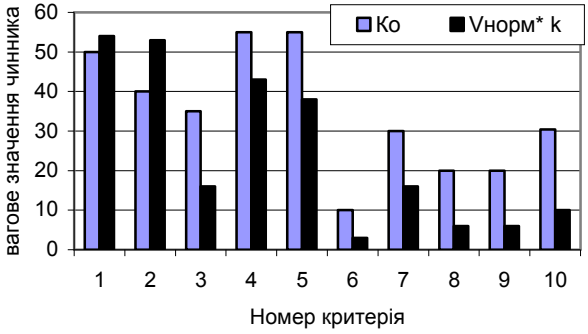

Рис. 1. Вагові значення компонент векторів $\overline{K}_o$ і $\overline{V}_{норм}$

З рис. 1 видно, що ієрархія вагових значень нормалізованого вектора, одержаного методом попарних порівнянь та оптимізованих згідно методики Сааті у порівнянні з вихідними значеннями критеріїв впливу на процес ВФД, згідно моделі [1], не порушується. За результатами аналізу будуємо оптимізовану модель ієрархії критеріїв процессу ВФД (рис. 2).

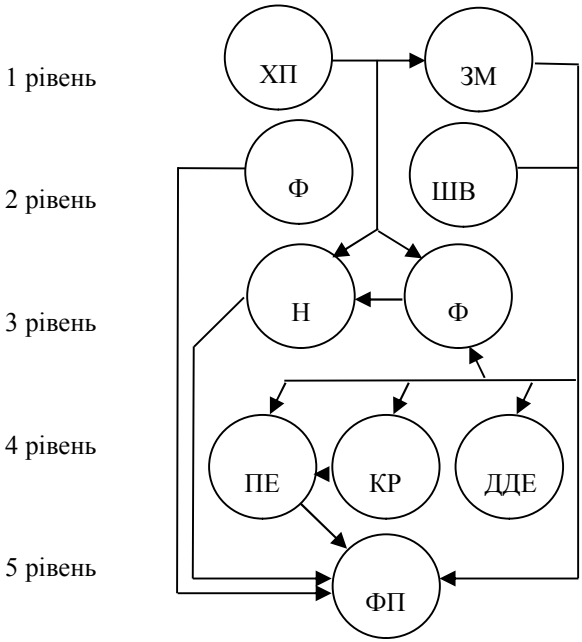

Рис. 2. Оптимізована модель ієрархії критеріїв процесу ВФД

3. ВИСНОВОК

Достовірність моделі ієрархії критеріїв впливу на якість процесу ВФД може дозволити її використання на практиці для прийняття рішення для здійснення змін у технологічному процесі.

1. Репета В.Б. Модель ієрархії критеріїв процесу вузькорулонного УФ-флексографічного друку /В.Б. Репета, Н.С. Гургаль, В.М. Сеньківський, В.В. Шибанов // Поліграфія і видавнича справа. – Львів: УАД, –2012. – №3.
2. Т. Саати. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. –278 с.