

УДК 655.3+881.3+517(07)

*Н. Є. Сеньківська, І. В. Піх, В. М. Сеньківський*

*Українська академія друкарства*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ФАКТОРІВ ПРОЕКТУВАННЯ КНИЖКОВИХ ВИДАНЬ**

*Застосовуючи шкалу відносної важливості об'єктів, побудовано матрицю попарних порівнянь, на основі якої встановлено вагові значення факторів та синтезовано оптимізовану модель пріоритетного їх впливу на якість проектування видань. Здійснено перевірку достовірності багатofакторної оптимізації методом лінійного згортання критеріїв.*

### ***Фактори, матриця, модель, синтез, оптимізація***

У науковому пошуку [4] вибрано фактори, які впливають на процес проектування книжкового видання. На основі експертних суджень побудовано вихідну модель зв'язків між факторами, утворено матриці залежності та досяжності, з використанням яких синтезовано модель пріоритетного впливу факторів на якість проектування видань (рис. 1).

Цікавим та практично вагомим, на наш погляд, продовженням даного дослідження є встановлення числової ваги фактора на основі попарних порівнянь та виявлення переважальної дії одного з них як ступеня переваги фактора з одержанням матриці попарних порівнянь. Це метод числової або кардинальної погодженості стосовно рівня пріоритетності [5], за яким можна дослідити не тільки наявність чи відсутність узгодженості при попарних порівняннях ваг факторів, але й одержати числову оцінку міри адекватності взаємозв'язків між ними у вихідному графі. Допоміжним засобом для експерта при попарному порівнянні може бути вихідна модель зв'язків між факторами [4]. Якщо декілька факторів одночасно утворюють певний рівень, перевагу надається тому з них, до якого приєднано більше зв'язків. При рівності цього показника рішення приймається на основі додаткових експертних суджень. Отримані таким чином оптимізовані вагові значення факторів є основою синтезування оптимізованої моделі факторів проектування книжкових видань.

Перевірку достовірності отриманих результатів здійснимо, використавши для розв'язання задачі багатofакторної оптимізації метод лінійного згортання критеріїв [1]. Суть його полягає в наступному. Використовуючи матрицю попарних порівнянь, проводиться усереднення за нормалізованими стовпцями та визначаються ваги факторів впливу на процес проектування книжкового видання, оптимізовані за максимальним значенням вектора пріоритетів.

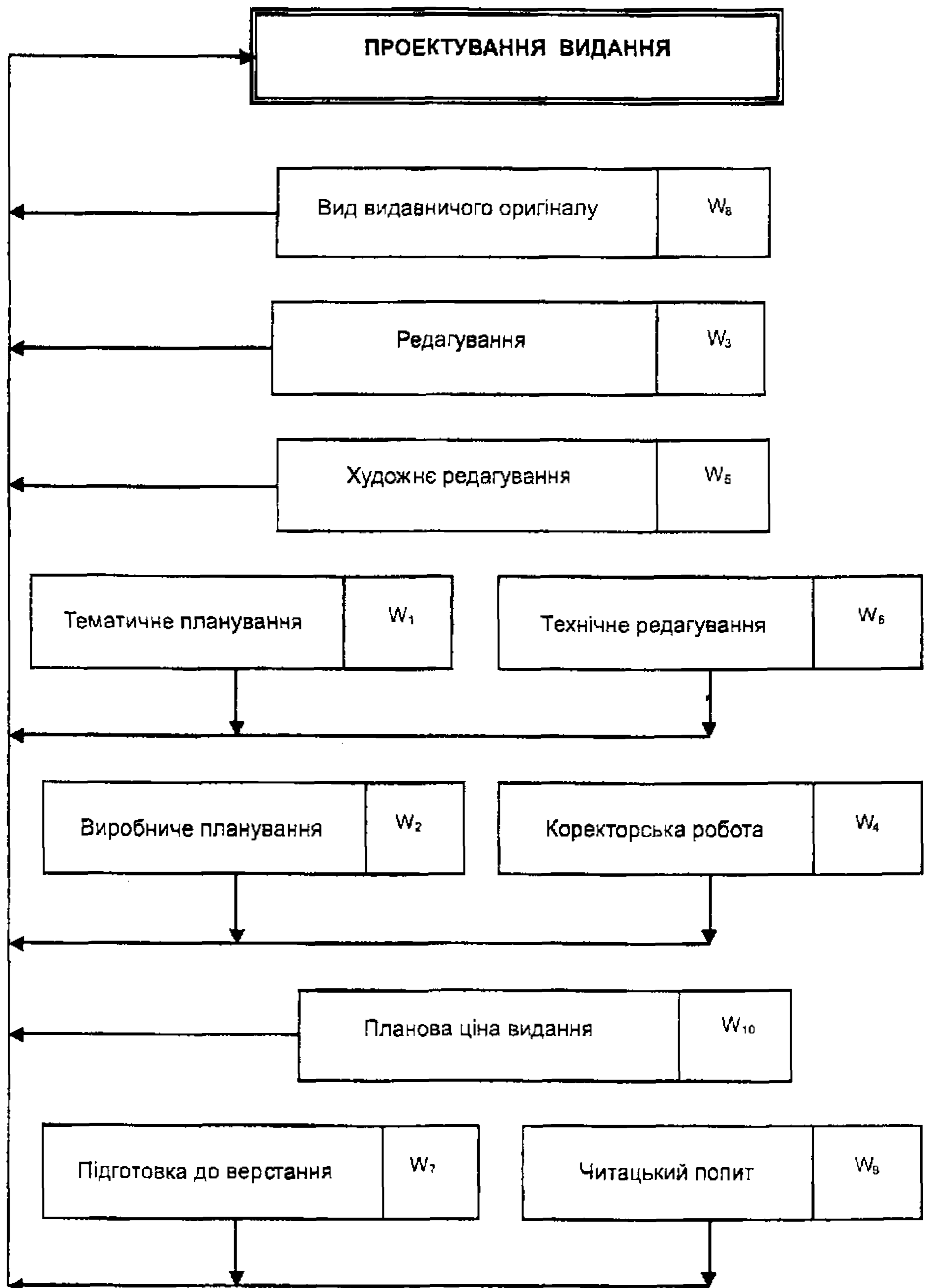


Рис. 1. Модель пріоритетного впливу факторів на процес проектування видання

Для визначення шкали пріоритетів будуюмо квадратну обернено-симетричну матрицю попарних порівнянь, порядок якої визначається числом аналізованих факторів. Алгоритм її організації наступний. Порівнюються умовні ваги (міри впливу) кожного із факторів першого стовпця матриці досяжності з мірами впливу факторів верхнього рядка матриці [3]. Для

полегшення роботи експерта використовується шкала відносної важливості об'єктів за Сааті [5] (табл. 1). При цьому, для двох факторів (наприклад  $k_1$  і  $k_2$ ), які порівнюються між собою, залежно від їх важливості та міри впливу на процес проектування видання матимемо запропоновані у табл. 1 значення відповідного елемента матриці попарних порівнянь у позиції  $(k_1, k_2)$ .

Помістимо сукупність оцінок важливості як результат порівняння факторів у матрицю  $A$ , оформлену як таблицю. Нехай  $A = (a_{ij})$ . Ця матриця обернено-симетрична, що тотожно відношенню  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ . Згідно з наведеними умовами (табл. 1) діагональні елементи матриці дорівнюють одиниці.

Нижня частина матриці заповнюється оберненими значеннями. Так, з урахуванням описаних умов, у позицію  $(k_2, k_1)$  заносимо відповідно 1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9. При незначних відмінностях між вагами критеріїв використовують парні числа 2, 4, 6, 8 та їх обернені значення.

Таблиця 1

Шкала відносної важливості об'єктів

Оцінка важливості	Критерії порівняння	Пояснення щодо вибору критерію
1	Об'єкти рівноцінні	Відсутність переваги $k_1$ над $k_2$
3	Один об'єкт трохи переважає інший	Існує підстава наявності слабкої переваги $k_1$ над $k_2$
5	Один об'єкт переважає інший	Існує підстава наявності суттєвої переваги $k_1$ над $k_2$
7	Один об'єкт значно переважає інший	Існує підстава присутності явної переваги $k_1$ над $k_2$
9	Один об'єкт абсолютно переважає інший	Абсолютна перевага $k_1$ над $k_2$ є безсумнівною
2, 4, 6, 8	Компромісні проміжні значення	Допоміжні порівняльні оцінки

Наведемо деякі аргументи стосовно обґрунтованості вибору верхньої межі для елементів  $a_{ij}$ . Встановлено, що для якісного розмежування об'єктів при їх порівнянні достатньо п'яти визначень: рівний, слабкий, сильний, дуже сильний, абсолютний [5]. Додавши до цього проміжкові значення, дістанемо цифру дев'ять. Відомо також, що психологічна межа  $7 \pm 2$  предметів при їх порівнянні забезпечується 9 градаціями відмінностей між ними.

Остаточно матриця попарних порівнянь матиме такий вигляд:

	ТПЛ	ВПЛ	РЕД	КОР	ХРД	ТРД	ПОВ	ВВО	ЧИТ	ЦІН
ТПЛ	1	3	1/4	5	1/4	2	5	1/5	5	4
ВПЛ	1/3	1	1/4	2	1/5	1/3	4	1/5	3	3
РЕД	4	4	1	5	3	4	7	1/2	8	7
КОР	1/5	1/2	1/5	1	1/5	1/4	4	1/6	4	3
ХРД	4	5	1/3	5	1	3	5	1/4	6	5
ТРД	1/2	3	1/4	4	1/3	1	5	1/5	5	4
ПОВ	1/5	1/4	1/7	1/4	1/5	1/5	1	1/9	2	1/3
ВВО	5	5	2	6	4	5	9	1	9	8
ЧИТ	1/5	1/3	1/8	1/4	1/6	1/5	1/2	1/9	1	1/3
ЦІН	1/4	1/3	1/7	1/3	1/5	1/4	3	1/8	3	1

Для одержання вектора пріоритетів матриці попарних порівнянь застосуємо метод, запропонований Сааті [5]. Спочатку знайдемо головний власний вектор  $W (w_1, w_2, \dots, w_n)$  матриці, після чого нормалізуємо його. Один з найточніших способів обчислення компонент головного власного вектора полягає у визначенні середнього геометричного елементів кожного рядка матриці, тобто

$$w_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}} \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

У результаті отримаємо вектор

$$W = (1,436; 0,776; 3,368; 0,617; 2,277; 1,258; 0,296; 4,560; 0,257; 0,431).$$

Подальший крок — нормалізація вектора  $W$ .

Для її реалізації за відомим способом [5] поділимо компоненти вектора  $W$  на суму значень усіх його компонент за такою загальною формулою:

$$w_{i \text{ норм}} = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}} \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

У результаті отримуємо нормалізований вектор

$$W_{\text{норм}} = (0,094; 0,050; 0,220; 0,040; 0,149; 0,082; 0,019; 0,298; 0,016; 0,028),$$

який по суті визначає уточнені числові пріоритети факторів проектування книжкового видання і встановлює попередній формальний результат розв'язання задачі. Для візуального цілочисленого сприйняття вагових значень факторів помножимо компоненти вектора  $W_{\text{норм}}$  на деякий коефіцієнт масштабування, наприклад,  $k = 1000$ . Отримуємо

$$W_{\text{норм}} \times k = (94; 50; 220; 40; 149; 82; 19; 298; 16; 28).$$

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів. Для цього помножимо матрицю попарних порівнянь справа на вектор  $W_{\text{норм}}$ . Одержимо нормалізований вектор

$$W_{\text{норм}1} = (1,059; 0,547; 2,395; 0,458; 1,715; 0,902; 0,215; 3,266; 0,183; 0,310).$$

Знайдемо компоненти власного вектора  $W_{\text{норм}2}$ . Для цього поділимо компоненти вектора  $W_{\text{норм}1}$  на відповідні компоненти вектора  $W_{\text{норм}}$ . Дістанемо вектор

$$W_{\text{норм}2} = (11,26; 10,77; 10,86; 11,35; 11,51; 10,95; 11,07; 10,94; 10,90; 10,98).$$

Максимальне власне значення  $\lambda_{\text{max}}$  додатної обернено-симетричної матриці  $A$  — це середнє арифметичне компонент вектора  $W_{\text{норм}2}$ . Після обчислень маємо  $\lambda_{\text{max}} = 11,065$ .

Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості  $IU$ , який обчислюється за формулою

$$IU = \frac{\lambda_{\text{max}} - n}{n - 1}. \quad (3)$$

У нашому випадку  $IU = 0,118$ .

Як було вищеобумовлено, значення індексу узгодженості порівнюють з еталонними значеннями показника узгодженості, так званім випадковим індексом ( $WI$ ), який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються. Випадковим індексом називають індекс узгодженості, одержаний для відгенерованої випадковим способом за шкалою від одного до дев'яти обернено-симетричної матриці з відповідними оберненими величинами. При цьому результати вважаються задовільними, якщо обчислене значення індексу не перевищує 10% еталонного значення випадкового індексу  $WI$  для відповідної кількості аналізованих об'єктів.

Таблиця величин випадкового індексу для матриць різного порядку (що рівнозначно різній кількості об'єктів) наведена нижче (табл. 2).

Таблиця 2

## Значення випадкового індексу для матриць різного порядку

Кількість об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
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

Порівнюючи обчислене значення індексу узгодженості і табличне еталонне значення індексу для десяти об'єктів, та перевіривши нерівність  $IU < 0,1 \times WI$ , отримаємо:  $0,118 < 0,1 \times 1,49$ . Виконання нерівності підтверджує адекватність розв'язку задачі.

Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якого отримують із виразу:  $WU = IU/WI$ . Оскільки для нашого випадку  $WI = 1,49$ , то відповідно  $WU = 0,079$ . Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо  $WU \leq 0,1$ . Отже, маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно попарних порівнянь факторів, відображених у відповідній матриці.

Перевірку достовірності отриманих результатів здійснимо, використавши для розв'язання задачі багатофакторної оптимізації метод лінійного згортання критеріїв [1, 2]. Суть його полягатиме в наступному. Використовуючи матрицю попарних порівнянь, здійснимо усереднення за нормалізованими стовпцями та визначимо ваги факторів процесу проектування видання, оптимізовані за максимальним значенням вектора пріоритетів. Вагові значення факторів стануть основою для генерування оптимізованої моделі пріоритетного їх впливу на процес проектування видання, а величина відхилення значень критеріїв оптимізації ( $\lambda_{\max}$ ,  $IU$ ,  $WU$ ) за двома методами — попарних порівнянь та лінійного згортання критеріїв — мірилом достовірності результатів оптимізації.

Для нормалізації стовпців обчислимо суми їх елементів  $S_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) (табл. 3).

Таблиця 3

## Суми елементів стовпців вихідної матриці

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$
15,683	22,417	4,694	28,833	9,55	16,233	43,50	2,864	46,00	35,687



З урахуванням цих сум нормалізована матриця матиме такий вигляд:

$$A_{\text{норм}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{S_1} & \frac{a_{12}}{S_2} & \dots & \frac{a_{1k}}{S_k} & \dots & \frac{a_{1n}}{S_n} \\ \frac{a_{21}}{S_1} & \frac{1}{S_2} & \dots & \frac{a_{2k}}{S_k} & \dots & \frac{a_{2n}}{S_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{S_1} & \frac{a_{n2}}{S_2} & \dots & \frac{a_{nk}}{S_k} & \dots & \frac{1}{S_n} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Для неузгодженої матриці фактори проектування матимуть вагові значення, які можна отримати з формули [1]:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{S_j} \quad (i = \overline{1, n}). \quad (5)$$

Неважко довести, що  $\sum_{i=1}^n r_i = 1$ . Дійсно, маємо

$$\sum_{i=1}^n r_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{S_j} \right) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{S_j} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{S_j} \cdot S_j \right) = \frac{1}{n} \cdot n = 1.$$

Нормалізовану матрицю отримаємо на основі (4) та значень сум елементів стовпців із табл. 3. Використовуючи значення елементів нормалізованої матриці та формулу (5), дістанемо нормалізований вектор  $R_{\text{норм}}$ , компоненти якого є ваговими значеннями факторів композиційного оформлення видання, вираженими у певному масштабі. Отже,

$$R_{\text{норм}} = (0,098; 0,054; 0,209; 0,047; 0,148; 0,086; 0,021; 0,320; 0,017; 0,031).$$

Оцінку власного числа здійснимо, помноживши матрицю попарних порівнянь справа на вектор  $R_{\text{норм}}$ . Отримаємо вектор

$$R_{\text{норм}1} = (1,134; 0,583; 2,500; 0,485; 1,815; 0,965; 0,222; 3,392; 0,191; 0,324).$$

Поділивши покомпонентно вектор  $R_{\text{норм}1}$  на  $R_{\text{норм}}$ , одержимо вектор

$$R_{\text{норм}2} = (11,57; 10,80; 11,96; 10,32; 12,35; 11,22; 10,57; 10,60; 11,23; 10,45)$$

Аналогічно до попереднього, максимальне власне значення  $\lambda_{\text{max}}$  матриці  $A$  — це середнє арифметичне компонент вектора  $R_{\text{норм}2}$ . Після обчислень

отримаємо  $\lambda_{\max} = 11,107$ . Порівнюючи  $\lambda_{\max}$ , одержані двома способами (11,065 та 11,107), маємо достатньо точну збіжність результатів.

Як і раніше, критерієм оптимізації вагових значень факторів є індекс узгодженості. Згідно з формулою (3) для методу лінійного згортання критеріїв матимемо  $IU = 0,123$ . Значення його практично не відрізняється від отриманого раніше, як і вектора узгодженості, значення якого у нашому випадку  $WU = 0,082$ .

У результаті виконаного дослідження отримано нормалізовані вагові значення факторів, які впливають на процес проектування книги. Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці попарних порівнянь та адекватно відображають реальну ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі. При незадовільних значеннях індексу узгодженості та відношення узгодженості треба переглянути вихідний граф зв'язків між факторами, уточнити значення величин відповідних їм парних порівнянь, тобто розв'язати у деякому наближенні обернену задачу.

Цікавими в цьому контексті можуть бути наступні міркування. Якщо максимальне значення власного вектора матриці попарних порівнянь і величина відношення узгодженості не виходять за межі допустимих значень, то їх можна вважати критеріями оптимізації одержаної ієрархічної моделі впливу факторів на ефективність проектування книжкового видання. За цими значеннями встановлюється адекватність ієрархічної моделі реальній ситуації та її узгодженість з експертними оцінками важливості факторів.

Згідно з вищезазначеним, нормалізований вектор  $R_{\text{норм}}$  визначає числові пріоритети факторів проектування видання, тобто складові частини цього вектора можна ототожнити з ваговими значеннями факторів. Аналогічно попередньому зауваженню, щоб дістати при цьому цілі числа, порівнювані з ймовірними експертними оцінками важливості факторів, помножимо значення компонент вектора  $R_{\text{норм}}$  на коефіцієнт, наприклад,  $k = 1000$ . Отримаємо

$$R_{\text{норм}} \times k = (98; 54; 209; 47; 148; 86; 21; 320; 17; 31).$$

Порівняємо між собою вагові значення факторів: заданих експертним способом, відповідно до ієрархічної моделі (рис. 1); оптимізованих за методом попарних порівнянь — вектор  $W_{\text{норм}} \times k$ ; обчислених та оптимізованих із застосуванням методу лінійного згортання критеріїв — вектор  $R_{\text{норм}} \times k$ .

Для отримання вагових значень факторів, відображених в ієрархічній моделі (рис. 1), потрібно, враховуючи рівні розміщення факторів та кількості приєднаних зв'язків для тих, які знаходяться на одному рівні ієрархії, присвоїти їм, починаючи з найнижчого рівня, умовні числові значення, що відображають вагу фактора у загальній схемі. Одержимо такий ряд значень: ЧИТ ( $w_9$ )— 10; ПОВ ( $w_7$ )— 15; ЦІН ( $w_{10}$ )— 20; КОР ( $w_4$ )— 30; ВІЛ ( $w_2$ )— 35;



ТРД ( $w_6$ )— 40; ТПЛ — ( $w_1$ )— 45; ХРД ( $w_5$ )— 50; РЕД ( $w_3$ )— 60; ВВО ( $w_8$ )— 70. Переставимо їх згідно з порядком розміщення у матриці попарних порівнянь: ТПЛ — ( $w_1$ )— 45; ВПЛ ( $w_2$ )— 35; РЕД ( $w_3$ )— 60; КОР ( $w_4$ )— 30; ХРД ( $w_5$ )— 50; ТРД ( $w_6$ )— 40; ПОВ ( $w_7$ )— 15; ВВО ( $w_8$ )— 70; ЧИТ ( $w_9$ )— 10; ЦІН ( $w_{10}$ )— 20. Числові значення факторів запишемо як компоненти деякого вихідного вектора

$$W_0 = (45; 35; 60; 30; 50; 40; 15; 70; 10; 20).$$

Остаточно значення факторів, одержаних за різними методами, подамо для порівняння у табл. 4.

Таблиця 4

**Вагові значення факторів**

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W_0$	45	35	60	30	50	40	15	70	10	20
$W_n$	0,094	0,050	0,220	0,040	0,149	0,082	0,019	0,298	0,016	0,028
$W_n \times k$	94	50	220	40	149	82	19	298	16	28
$R_n$	0,098	0,054	0,209	0,047	0,148	0,086	0,021	0,320	0,017	0,031
$R_n \times k$	98	54	209	47	148	86	21	320	17	31

У табл. 4 вектор  $W_n$  відповідає вектору  $W_{норм}$ ,  $R_n$  відповідає векторові  $R_{норм}$ . Використовуючи дані табл. 4, побудуємо гістограму (рис. 2) та порівняльний графік (рис. 3) вагових значень компонент вихідного  $W_0$  та нормалізованих векторів  $W_n$  і  $R_n$ , помножених на коефіцієнт  $k$ .

Оскільки значення ваг факторів нормалізованих векторів практично збігаються, компоненти будь-якого з них можуть бути основою для синтезування оптимізованої моделі впливу факторів на процес проектування книжкового видання (рис. 4).

У результаті дослідження отримано модель факторів, оптимізовану за пріоритетністю впливу на проектування книжкового видання. Як видно з рис. 4, визначальними у цьому процесі є вид видавничого оригіналу та його редакторське опрацювання, що є традиційно звичним для діяльності видавництва. Фактори нижніх рівнів є похідними і залежними від попередніх факторів, що також не заперечує усталених взаємовідносин між ціною видання, читацьким попитом й рештою складових частин процесу проектування книги. Таким чином, достовірність теоретично одержаної моделі підтверджується практикою роботи редакційно-видавничих структур.

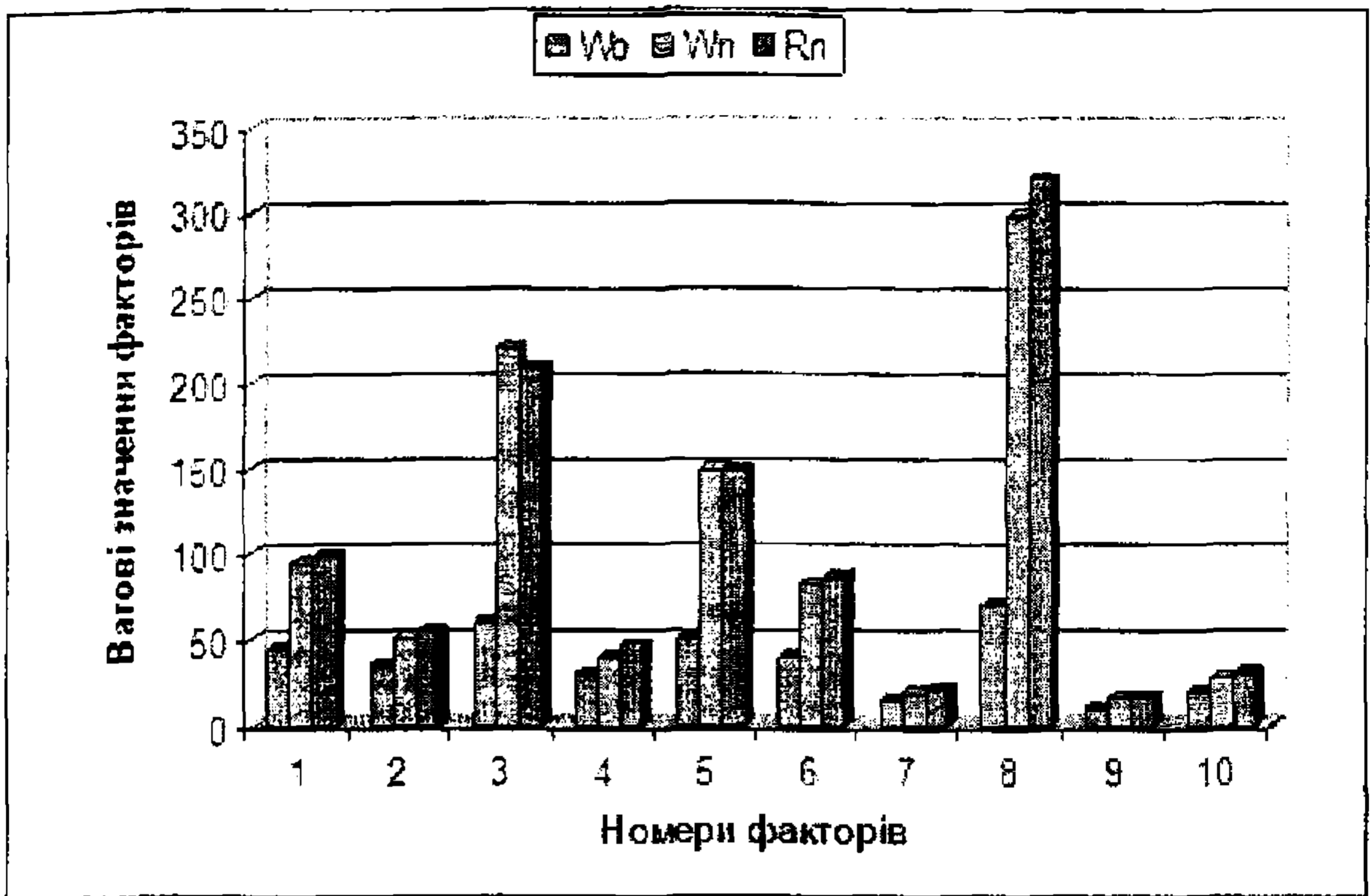


Рис. 2. Гістограма вагових значень компонент вихідного (Wo) і нормалізованих (Wn) та (Rn) векторів

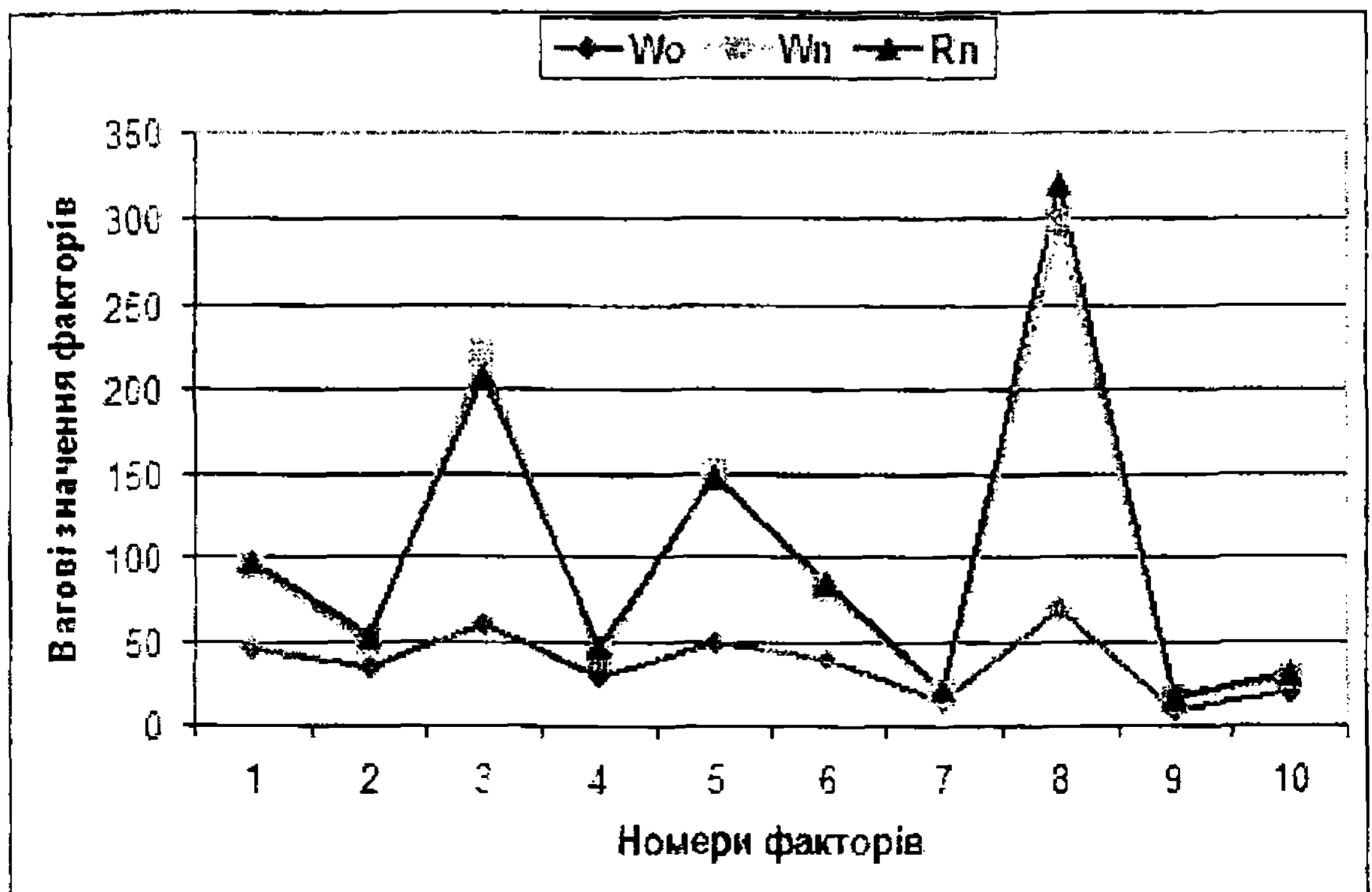


Рис. 3. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного (Wo) і нормалізованих (Wn) та (Rn) векторів

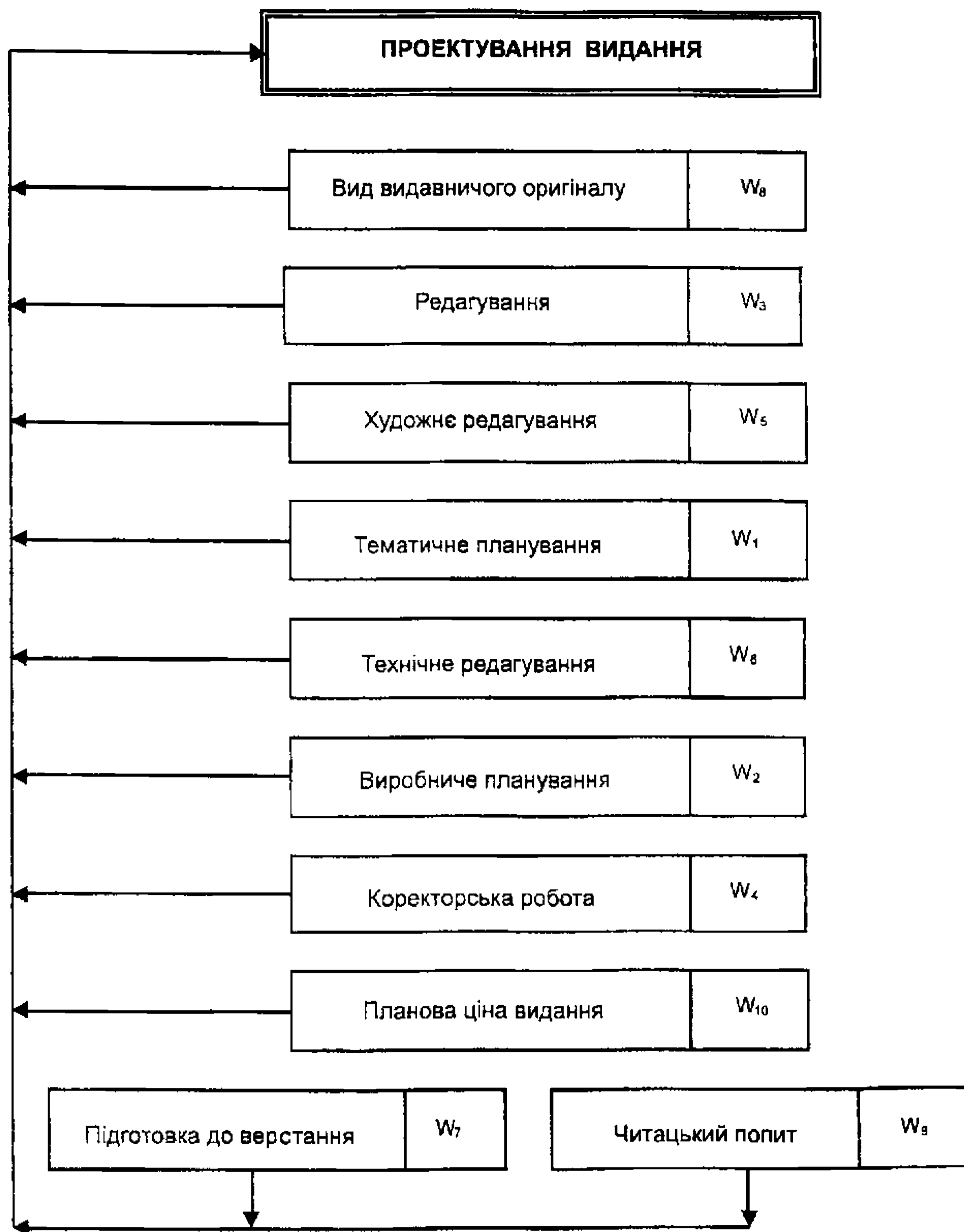


Рис. 4. Оптимізована модель пріоритетного впливу факторів на процес проектування видання

1. Бартіш М. Я. Дослідження операцій. Частина 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. — Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009.
2. Сявакко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявакко. — Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007.
3. Сеньківський В. М. Оптимізація моделі факторів композиційного оформлення книжкових видань / В. М. Сеньківський, Н. Є. Сеньківська, І. В. Калиній // Наукові записки. — 2010. — Вип. 1 (17). — С. 65–75.
4. Сеньківський В. М. Автоматизоване проектування книжкових видань: моногр. / В. М. Сеньківський, Р. О. Козак. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2008.
5. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Саати Т. / — М.: Радио и связь, 1993.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ФАКТОРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КНИЖНЫХ ИЗДАНИЙ**

*Применяя шкалу относительной важности объектов построено матрицу попарных сравнений, на основе которой установлены весовые значения факторов и синтезирована оптимизированная модель приоритетного их влияния на качество проектирования изданий. Осуществлена проверка достоверности многофакторной оптимизации методом линейного свертывания критериев.*

## **OPTIMIZATION OF MODEL FACTORS OF PLANNING BOOK EDITIONS**

*With the use of scale of relative importance of objects the matrix of pairwise comparisons, on the basis of which the gravimetric values of factors are set and the optimized model of priority their influence is synthesized on quality of planning of editions, is built. Verification of authenticity of multivariable optimization is carried out by the method of the linear rolling up of criteria.*

*Стаття надійшла 25.10.2010*

УДК 655.3

*І. В. Огірко*

*Українська академія друкарства*

*О. Ю. Пілат*

*ДП НДІ «Система»*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЕЛЕКТРОННОГО ВИДАННЯ**

*Розглядається якість сайту, що залежить від багатьох складових частин та якості технічного завдання на розробку сайту. Подається оцінка якості сайту, яку можна здійснити лише на основі тих показників, які можна перевірити за визначеними критеріями.*

*Сайт, якість, електронне видання, автоматизація*

Сайт — це інформаційний ресурс, тому саме інформація є найважливішим показником його якості. Користувачі шукають та відвідують, як правило, саме такі сайти — наповнені конкретною, цікавою, сучасною інформацією. Інформаційне наповнення — перша ознака якісного сайту, а також ефективний спосіб зробити його привабливим для відвідувачів.

Зазвичай люди оцінюють все за зовнішнім виглядом, сайти — не виняток. Проте дизайн сайту, його естетичні особливості, стиль — це ще