

А. В. Кудряшова¹
В. А. Петрик¹

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПРІОРИТЕТНОГО ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ ПІСЛЯДРУКАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

¹Українська академія друкарства, Львів

Проаналізовано основні операції післядрукарського опрацювання книжкових видань. Наведено множини критеріїв, що здійснюють неопосередкований вплив на якість виконання післядрукарських процесів: виготовлення зошитів (зіштовхування віддрукованих аркушів, розрізування, фальцювання, приєднання додаткових елементів), скріплення (незшивне клейове скріплення, швейно-клейове скріплення, шиття нитками, шиття дротом), комплектування (вкладанням — для видань невеликого обсягу; комплектуванням — для видань обсягом понад 80 сторінок), покривний матеріал (чотири типи обкладинок і п'ять типів палітурок), оброблення книжкових блоків (забезпечення відповідного формату блока, підвищення міцності, довговічності та привабливості для читача шляхом виконання низки операцій, комбінація яких залежить від особливостей скріплення книжкових блоків), оздоблення (надання елементам книги додаткового декоративного оформлення шляхом тиснення, лакування, бронзування, висікання тощо), кінцеве опрацювання (завершальна операція, що може полягати у пресуванні книжкової продукції, накладанні суперобкладинок, лакуванні), проєкт (чіткий сформульований план виконання післядрукарських процесів).

Описано та продемонстровано зв'язки між факторами впливу на якість післядрукарських процесів. Сформовано матрицю попарних порівнянь факторів з використанням шкали відносної важливості об'єктів за Сааті. Для зручності, матрицю попарних порівнянь продемонстровано у табличному вигляді. Визначено головний власний вектор матриці попарних порівнянь та здійснено його нормалізацію. Компоненти нормалізованого вектора матриці відповідають ваговим значенням факторів досліджуваного технологічного процесу. Для перевірки узгодженості результатів та адекватності розв'язання задачі обчислено максимальне власне значення матриці попарних порівнянь, індекс узгодженості та відношення узгодженості.

Розроблено модель пріоритетного впливу факторів на якість виконання післядрукарських процесів, де найвищий пріоритет належить фактору «проєкт», тобто фактору з найбільшим ваговим значенням.

Ключові слова: післядрукарський процес, оптимізація, аналіз ієрархій, фактор, книга, модель.

Вступ

Післядрукарське опрацювання книжкових видань полягає у виконанні великої кількості операцій з опрацювання віддрукованих аркушів та інших конструкційних елементів задля отримання готової книжкової продукції в обкладинці чи палітурці. Для виготовлення видань в обкладинці здійснюється розрізування віддрукованих аркушів, фальцювання, комплектування, з'єднання книжкового блока з обкладинкою та обрізування з трьох сторін. Виготовлення видань в палітурці потребує додаткового оброблення книжкових блоків (надання форми корінцю, приклеювання до нього необхідних елементів тощо), виготовлення палітурок, з'єднання книжкових блоків з палітурками та кінцевого опрацювання. Також може застосовуватися додаткове оздоблення: тиснення, лакування, бронзування, припресовування плівки, висікання, перфорація, бігування, друк металізованими фарбами [1]. До того ж, надзвичайно важливим є етап проєктування післядрукарських процесів, під час якого враховуються умови експлуатації, показники видання (формат, обсяг та ін.), конструкційні особливості книги, тип виробництва, тип обладнання, матеріали, схема технологічного процесу, технологічні та економічні розрахунки [2].

При цьому, критерії, що впливають на якість виконання післядрукарських процесів є надзвичайно різними за своєю природою. Їх важко систематизувати та уніфікувати. Вибір критеріїв здійснюється за методом експертного оцінювання, у якому ключову роль відіграє формування експертної групи. У [3] запропоновано здійснювати вибір експертів на основі заздалегідь розробленої онтології, що містить відомості про пріоритетні напрями досліджень кандидатів, спеціальність, перелік опублікованих праць тощо. Проте, для прогнозування кінцевого результату важливо розуміти які ж фактори є найпріоритетнішими та здійснюють вирішальний вплив на якість післядрукарських процесів. Важливим є не лише виокремлення множини факторів впливу, а й отримання конкретних вагових значень кожного з них. Згідно з [4] для визначення переваги одного фактора над іншим доцільно застосовувати метод аналізу ієрархій, суть якого полягає у: побудові матриці попарних порівнянь факторів; визначенні компонент головного та нормалізованого векторів матриці попарних порівнянь; обчисленні максимального власного значення головного вектора матриці попарних порівнянь, індексу узгодженості та відношення узгодженості, що дозволяють здійснювати перевірку адекватності розв'язку задачі; розробленні оптимізованої моделі пріоритетного впливу факторів на якість досліджуваного технологічного процесу. Визначення конкретних числових значень важливості факторів поліграфічних процесів дозволяє застосовувати методи та засоби нечіткої логіки задля отримання інтегральних показників якості [5], що здійснює значний вплив на розвиток видавничо-поліграфічної галузі, адже дозволяє прогнозувати якість задовго до отримання готової продукції. Варто відмітити неабиякі успіхи у прогностичному оцінюванні додрукарських та друкарських процесів [6], [7]. Однак, післядрукарське опрацювання книжкових видань потребує проведення ґрунтовних наукових розвідок.

Метою статті є розроблення оптимізованої моделі пріоритетного впливу факторів на якість післядрукарських процесів, що дозволить враховувати відомості про пріоритетність факторів під час виготовлення книжкової продукції, зокрема виконання післядрукарських процесів.

Результати досліджень

Наведемо перелік найсуттєвіших факторів впливу на якість виконання післядрукарських процесів, отриманий на основі опрацювання експертних оцінок [3]: H_1 — виготовлення зошитів, H_2 — скріплення, H_3 — комплектування, H_4 — покривний матеріал, H_5 — оброблення книжкових блоків, H_6 — оздоблення, H_7 — кінцеве опрацювання, H_8 — проект. Нехай зв'язки між виокремленими факторами будуть описуватися такими лінгвістичними термінами: «обумовлює», «визначає», «впливає на вибір». Тоді, проаналізувавши існуючі впливи факторів сформуємо табл. 1 [8].

Таблиця 1

Опис зв'язків між факторами впливу на якість виконання післядрукарських процесів

Лінгвістичний опис	Впливи факторів
обумовлює	$H_1 \rightarrow H_2; H_2 \rightarrow H_5; H_2 \rightarrow H_7; H_3 \rightarrow H_2; H_3 \rightarrow H_5; H_4 \rightarrow H_7; H_5 \rightarrow H_4; H_6 \rightarrow H_7$
визначає	$H_1 \rightarrow H_3; H_8 \rightarrow H_1; H_8 \rightarrow H_2; H_8 \rightarrow H_3; H_8 \rightarrow H_4; H_8 \rightarrow H_5; H_8 \rightarrow H_6; H_8 \rightarrow H_7$
впливає на вибір	$H_1 \rightarrow H_6; H_2 \rightarrow H_4; H_3 \rightarrow H_4; H_4 \rightarrow H_6; H_5 \rightarrow H_6$

Враховуючи результати, отримані внаслідок експертного оцінювання [3], [8] важливості факторів та шкалу порівняння об'єктів за Сааті [6], сформуємо матрицю попарних порівнянь (табл. 2). Використаємо оцінки від 1 до 9: 1 — H_i та H_j рівнозначні, 3 — H_i має невелику перевагу над H_j , 5 — H_i має перевагу над H_j , 7 — H_i має велику перевагу над H_j , 9 — H_i має абсолютну перевагу над H_j . До того ж, для демонстрації проміжних значень допустиме використання таких оцінок, як 2, 4, 6, 8 [6].

Таблиця 2

Матриця попарних порівнянь факторів

Фактори	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8
H_1	1	4	3	6	5	7	8	1/3
H_2	1/4	1	1/3	4	3	5	6	1/5
H_3	1/3	3	1	5	4	6	7	1/4

Фактори	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8
H_4	1/6	1/4	1/5	1	1/3	3	4	1/7
H_5	1/5	1/3	1/4	3	1	4	5	1/6
H_6	1/7	1/5	1/6	1/3	1/4	1	3	1/8
H_7	1/8	1/6	1/7	1/4	1/5	1/3	1	1/9
H_8	3	5	4	7	6	8	9	1

Опрацюємо побудовану матрицю порівнянь за методом аналізу ієрархій [4], згідно з яким елементи головного власного вектора матриці попарних порівнянь визначаються за формулою

$$H_i = \sqrt[n]{b_{i1} \cdot b_{i2} \cdot b_{i3} \cdot b_{i4} \cdot \dots \cdot b_{i(n-1)} \cdot b_{in}} \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де n — кількість факторів у множині.

Виконавши обчислення, отримаємо

$$H = (3,008; 1,251; 1,951; 0,512; 0,799; 0,332; 0,220; 4,542).$$

Проведемо нормалізацію головного власного вектора та отримаємо попередній розв'язок задачі

$$H_n = \frac{\sqrt[n]{b_{i1} \cdot b_{i2} \cdot b_{i3} \cdot b_{i4} \cdot \dots \cdot b_{i(n-1)} \cdot b_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{b_{i1} \cdot b_{i2} \cdot b_{i3} \cdot b_{i4} \cdot \dots \cdot b_{i(n-1)} \cdot b_{in}}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

$$H_n = (0,238; 0,099; 0,154; 0,040; 0,063; 0,026; 0,017; 0,360).$$

Здійснимо оцінювання узгодженості вагових значень факторів, помноживши значення матриці на вектор H_n

$$H_{n1} = (2,103; 0,871; 1,358; 0,357; 0,557; 0,232; 0,157; 3,221).$$

Обчислимо компоненти власного вектора H_{n2} шляхом ділення компонентів H_{n1} на відповідні компоненти H_{n1} :

$$H_{n2} = (8,820; 8,786; 8,783; 8,7998,795; 8,835; 9,027; 8,948).$$

Для перевірки адекватності результатів оптимізації перевіримо нерівності:

$$IU < 0,1 \times HI, \quad (3)$$

де IU — індекс узгодженості, HI — значення випадкового індексу що вибирається з табл.3 відповідно до порядку матриці, тобто до кількості факторів у виокремленій множині.

$$HU \leq 0,1, \quad (4)$$

де HU — відношення узгодженості, яке використовується для додаткового оцінювання; $HU = IU/HI$.

Для визначення індексу узгодженості скористаємося такою формулою:

$$IU = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (5)$$

де λ_{\max} — максимальне власне значення матриці попарних порівнянь, $\lambda_{\max} = 8,85$.

Таблиця 3

Випадкові індекси матриць [66]

Кількість факторів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
HI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57

Підставивши необхідні значення, отримаємо: $IU = 0,12$; $HI = 1,41$; $HU = 0,09$. Отже, нерівності $0,12 < 0,1 \times 1,41$ та $0,09 \leq 0,1$ є правильними, що свідчить про адекватність отриманих результатів та достатній рівень узгодженості експертних рішень.

Таким чином, компоненти нормалізованого вектора матриці попарних порівнянь будуть ваговими значеннями факторів впливу на якість виконання післядрукарських процесів: $w_{H1} = 0,238$;

$w_{H2} = 0,099$; $w_{H3} = 0,154$; $w_{H4} = 0,040$; $w_{H5} = 0,063$; $w_{H6} = 0,026$; $w_{H7} = 0,017$; $w_{H8} = 0,360$. Відмінність між ваговими значеннями факторів виокремленої множини відображено за допомогою гістограми (рис. 1):

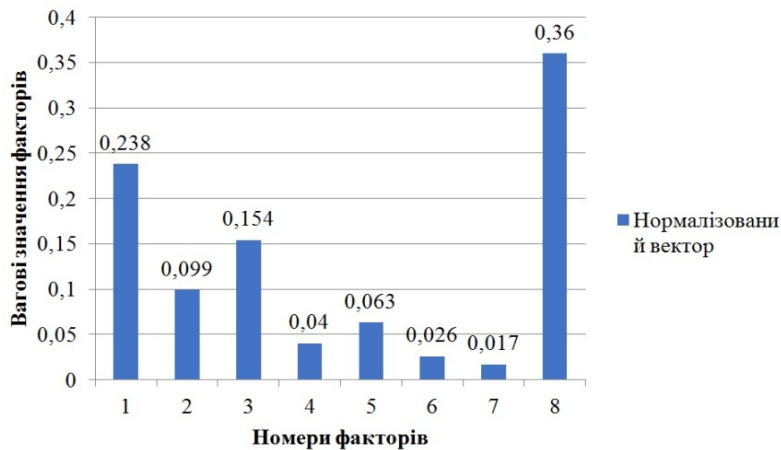


Рис. 1. Гістограма вагових значень факторів

Згідно з отриманими результатами побудуємо модель пріоритетного впливу факторів на якість виконання післядрукарських процесів (рис. 2).



Рис. 2. Оптимізована модель пріоритетності факторів післядрукарських процесів

Згідно з отриманою моделлю (рис. 2) найдоміnantнішим є фактор H_8 «проект». Фактором з найнижчою пріоритетністю є H_7 «кінцеве опрацювання», що є логічним з огляду на специфіку виконання післядрукарських процесів.

Висновки

Розроблено модель пріоритетного впливу факторів на якість виконання післядрукарського опрацювання книжкових видань, згідно з якою вагові значення факторів зменшуються у такій послідовності: проект (0,36 у. о.), виготовлення зошитів (0,238 у. о.), комплектування (0,154 у. о.), скріплення (0,099 у. о.), оброблення книжкових блоків (0,063 у. о.), покривний матеріал (0,04 у. о.), оздоблення (0,026 у. о.), кінцеве опрацювання (0,017 у. о.). Отримані результати уможливають ухвалення виважених управлінських рішень щодо планування та виконання досліджуваного технологічного процесу та стануть основою для здійснення прогностичного оцінювання якості виконання післядрукарських процесів згідно з теорією нечітких множин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. З. Майк, *Технологія брошурувально-палітурних процесів*, підруч., Е. Т. Лазаренко, заг. Ред. Львів, Україна: УАД, 2011, 488 с.
- [2] V. Senkivskyi, A. Kudriashova, I. Pikh, I. Hileta, and O. Lytovchenko, "Models of Post-press Processes Designing," *1st International Workshop on Digital Content & Smart Multimedia, DCSMart 2019, Lviv, Ukraine, December 23-25, 2019*, pp. 259-270.

[3] А. В. Кудряшова, і Р. А. Сельменський, «Роль онтології в оцінюванні компетентності експертів. Методика опрацювання експертних висновків щодо факторів впливу на якість післядрукарського опрацювання книжкових видань,» *Поліграфія і видавнича справа*, № 2 (84), с. 36-43, 2022. <https://doi.org/-10.32403/0554-4866-2022-2-84-36-43> .

[4] В. М. Сеньківський, і О. І. Осінчук, «Оптимізація моделі факторів забезпечення якості тематичного планування книжкових видань,» *Поліграфія і видавнича справа*, № 2 (74), с. 52-58, 2017.

[5] В. Durnyak, I. Hileta, I. Pikh, A. Kudriashova, and Y. Petiak, "Designing a Fuzzy Controller for Prediction of Tactile Product Quality," *1st International Workshop on Digital Content & Smart Multimedia*, DCSEMart 2019, Lviv, Ukraine, December 23-25, 2019, pp. 70-81.

[6] В. М. Сеньківський, А. В. Кудряшова, і Р. О. Козак, *Інформаційна технологія формування якості редакційно-видавничого процесу*, моногр. Львів, Україна: Українська академія друкарства, 2019, 272 с.

[7] Б. В. Дурняк, І. В. Піх, В. і М. Сеньківський, *Теоретичні основи інформаційної концепції формування та оцінювання якості видавничо-поліграфічних процесів*, моногр. Львів, Україна: УАД, 2022, 356 с.

[8] А. В. Кудряшова, «Модель пріоритетного впливу факторів на якість післядрукарських процесів,» *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, № 1, с. 187-192, 2023. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-25> .

Рекомендована кафедрою системного аналізу та інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.04.2024

Кудряшова Альона Вадимівна — д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем та технологій у видавничо-поліграфічних процесах, e-mail: kudriashovaaliona@gmail.com ;

Петрик Володимир Андрійович — аспірант кафедри інформаційних систем та технологій у видавничо-поліграфічних процесах, e-mail: petrikvolodja0@gmail.com .

Українська академія друкарства, Львів

A. V. Kudriashova¹
V. A. Petryk¹

Optimization of the Factors Priority Impact Model on the Quality of Post-Press Processes

¹Ukrainian Academy of Printing, Lviv

The paper has analyzed main post-printing operations of book processing. A set of criteria indirectly influencing the quality of post-press process execution is considered : manufacturing of booklets (including collation of printed sheets, trimming, folding, addition of supplementary elements), binding (options such as unstitched adhesive binding, sewing- adhesive binding, thread sewing, wire stitching), assembly (inserting for small-volume publications, assembly for publications exceeding 80 pages), cover materials (including four types of covers and five types of bindings), treatment of book blocks (ensuring the appropriate block format, enhancing strength, durability, and attractiveness to readers through a series of operations, the combination of which depends on the characteristics of book block binding), embellishment (providing additional decorative elements to the book through embossing, varnishing, bronzing, die-cutting, etc.), final processing (including finishing operations such as pressing the book production, applying dust jackets, packaging), and project management (formulating a clear plan for post-press process execution).

The description and demonstration of the connections between factors influencing the quality of post-press processes are provided. A pairwise comparison matrix of factors using the Saaty scale of relative importance of objects is formed. For convenience, the pairwise comparison matrix is presented in tabular form. We determine and normalize the principal eigenvector of the pairwise comparison matrix. The components of the normalized vector of the matrix correspond to the weighted values of the factors of the investigated technological process. To verify the consistency of the results and the adequacy of the solution, we calculate the maximum eigenvalue of the pairwise comparison matrix, the consistency index, and the consistency ratio.

Model of priority impact of factors on the quality of post-press processes execution, where the highest priority belongs to the "project" factor, i.e., the factor with the highest weighted value has been developed.

Keywords: post-press process, optimization, analytic hierarchy process, factor, book, model.

Kudriashova Alona V. — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Information Systems and Technologies in Publishing and Printing Processes, e-mail: kudriashovaaliona@gmail.com ;

Petryk Volodymyr A. — Post-Graduate Student the Chair of Information Systems and Technologies in Publishing and Printing Processes, e-mail: petrikvolodja0@gmail.com