

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-38>

УДК 004.94:655

КУДРЯШОВА Альона

Українська академія друкарства
<https://orcid.org/0000-0002-0496-1381>
e-mail: kudriashovaaliona@gmail.com

ДОМОРАД Олег

Українська академія друкарства
e-mail: olehdomuad@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ АЛЬТЕРНАТИВИ ВИКОНАННЯ ПІСЛЯДРУКАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

У роботі запроєктовано альтернативні варіанти виконання післядрукарських процесів та здійснено вибір оптимального за методом на основі лінійного згортання критеріїв, який полягає у виокремленні максимального значення функції корисності.

Виокремлено фактори множини Парето — найпріоритетніші фактори впливу на якість виконання післядрукарських процесів. Запроєктовано три альтернативи. Побудовано таблицю оцінювання альтернатив за мірами важливості виокремлених факторів. Сформовано матрицю попарних порівнянь вагових значень факторів. Обчислено функції корисності кожної запроєктованої альтернативи за факторами множини Парето. Визначено найкращу альтернативу за максимальним значенням функції корисності.

Ключові слова: післядрукарські процеси, фактор впливу, альтернатива, оцінка корисності, множина Парето.

KUDRIASHOVA Alona, DOMORAD Oleg

Ukrainian Academy of Printing

DETERMINATION OF THE OPTIMAL ALTERNATIVE POST-PRINTING PROCESSES

According to the analysis of trends in the publishing and printing industry and review of literary sources, the implementation of modern information technologies in printing activity allows for predictive evaluation of both separately defined procedures and finished book products under certain conditions and with certain parameters. This approach helps to improve the quality of the final product, ensuring the quality of technological stages. There is also a significant reduction in the time required to make management decisions, to choose equipment or settings, and the cost of production is reduced. The effectiveness and quality of publishing and printing processes are influenced by certain requirements, criteria, parameters — factors chosen by the method of expert evaluation. However, the measure of effectiveness of each factor is not the same. It is advisable to design alternatives for the course of post-printing processes, taking into account various measures of the influence of isolated factors and to determine the optimal option using the method of linear collapse of criteria. At the same time, it is sufficient to use only factors with the highest level of priority, which is determined by the Pareto principle.

The paper presents alternative options for performing post-printing processes are designed and the optimal one is selected according to the method based on linear convolution of criteria, which consists in extracting the maximum value of utility functions.

The factors of the Pareto set are singled out — the most priority factors influencing the quality of post-printing processes. Three alternatives have been designed. A table for evaluating alternatives based on the importance of selected factors has been constructed. Matrices of pairwise comparisons of factor weight values were formed. Normalization of the main eigenvector of the matrix of pairwise comparisons was carried out using the program "Simulation modeling by the method of binary comparisons". The utility function of each designed alternative was calculated by the factors of the Pareto set. The reliability check was carried out according to the maximum value of the main eigenvector, consistency index, consistency ratio. The best alternative based on the maximum value of the utility function is determined.

Keywords: post-press processes, impact factor, alternative, utility assessment, Pareto set.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Згідно аналізу тенденцій видавничо-поліграфічної галузі та огляду літературних джерел, впровадження сучасних інформаційних технологій у поліграфічну діяльність дозволяє здійснювати прогностичне оцінювання як окремо визначених процедур, так і готової книжкової продукції за певних умов та при певних параметрах. Такий підхід сприяє покращенню якості кінцевого продукту, забезпечуючи якість виконання технологічних етапів. Також відбувається суттєве зменшення часу на прийняття управлінських рішень, на вибір обладнання чи налаштувань, скорочується вартість виготовлення. На ефективність та якість виконання видавничо-поліграфічних процесів впливають певні вимоги, критерії, параметри — фактори, що обираються за методом експертного оцінювання. Однак, міра ефективності кожного фактора є неоднаковою. Доцільно здійснити проєктування альтернатив перебігу післядрукарських процесів, враховуючи різні міри впливу виокремлених факторів та визначити оптимальний варіант за методом лінійного згортання критеріїв.

При цьому достатнім є використання лише факторів із найвищим рівнем пріоритетності, що обумовлено принципом Парето.

Аналіз досліджень та публікацій

Публікації присвячені дослідженню альтернатив щодо редакційно-видавничого опрацювання поліграфічної продукції, зокрема проектування [1, 2] та композиційного оформлення книжкових видань [3], друкування накладів [4, 5], проектування післядрукарських процесів [6]. Однак, недостатньо уваги приділено завершальному та надзвичайно важливому етапу книговидання — виконанню післядрукарських процесів.

Виклад основного матеріалу

Важливим етапом будь-якого технологічного процесу є прогнозування імовірних альтернатив виконання і міри впливу ключових факторів. Передбачувана гнучкість процесу уможливорює прийняття швидких управлінських рішень, що здійснює позитивний вплив на тривалість виготовлення та кінцеву якість поліграфічної продукції. Синтезована семантична мережа є підставою для побудови матриці попарних порівнянь, опрацювання якої приводить до отримання умовних вагових значень, що визначають числові пріоритети факторів — міри важливості їх на технологічний процес. Далі — розрахунок та визначення оптимального (серед альтернативних) варіанту реалізації досліджуваного процесу [1–3].

Багатокритеріальна оптимізація функцій $r(x) = (r_1(x), \dots, r_n(x))$ на множині B полягає у виокремленні максимального значення функцій корисності $r_i(x) \rightarrow \max_{x \in B}$, $i = 1, n$. Відповідно, за методом лінійного згортання критеріїв об'єднання часткових цільових функціоналів r_1, \dots, r_n здійснюється за формулою [1]:

$$R(w, x) = \sum_{i=1}^n w_i r_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}; w \in W, \quad (1)$$
$$W = \left\{ w = (w_1, \dots, w_n)^T; w_j > 0; \sum_{i=1}^n w_i = 1 \right\},$$

де w_i — вагові значення факторів множини Парето.

Функція корисності для незалежних за корисністю та перевагою факторів має вид:

$$U(x) = \sum_{i=1}^n w_i u_i(y_i), \quad (2)$$

де $U(x)$ — багатокритеріальна функція корисності ($0 \leq U(x) \leq 1$) певної альтернативи x ; w_i — встановлене вагове значення i -го критерію, причому $0 < w_i < 1$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$; $u_i(y_i)$ — функція корисності i -го критерію ($0 \leq u_i(y_i) \leq 1$); y_i — значення альтернативи x за i -м критерієм [1, 4].

Основою багатокритеріального вибору оптимальної альтернативи під час прийняття рішення є такі припущення: множина альтернатив є скінченною множиною елементів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, які можна перелічити; оцінювання відбувається за визначеною кількістю критеріїв m або за функціями корисності r_i , $r_i : X \rightarrow Y (i = 1, m)$; рішення приймається на основі вагових значень факторів [4].

Для розв'язання поставленої задачі виконаємо наступні дії:

1. Утворимо множину Парето, що міститиме лише фактори із найвищим пріоритетом.

Нехай це будуть фактори R_1 — проєкт (180 у. о.); R_2 — виготовлення зошитів (119 у. о.); R_3 — комплектування (77 у. о.); R_4 — скріплення (49,5 у. о.). Фактори з суттєво нижчою пріоритетністю відкидаються [7].

2. Задамо три альтернативні варіанти виконання післядрукарських процесів, позначивши їх A, B, C . Побудуємо таблицю оцінювання альтернатив за мірами важливості виокремлених факторів. При цьому, комбінації значень альтернатив не повинні перевищувати 100 % для кожного фактора. Представимо можливі варіанти комбінацій у табл. 1 [4–6].

Таблиця 1

Значення часток факторів виконання післядрукарських процесів

Фактор	Міра ефективності фактора виконання післядрукарських процесів в запроєктованих альтернативах									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
R_1	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
R_2	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
R_3	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
R_4	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

Таблиця 2

Оцінювання альтернативних варіантів виконання післядрукарських процесів

Назви факторів	Вагові значення факторів, у. о.	Оцінювання альтернатив за факторами		
		A	B	C
Проект (R_1)	180	40	40	20
Виготовлення зошитів (R_2)	119	30	50	20
Комплектування (R_3)	77	60	30	10
Скріплення (R_4)	49,5	20	30	50

3. За допомогою табл. 2 сформуємо матрицю попарних порівнянь ваг факторів [37, 69, 73, 74].

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь факторів множини Парето

	R_1	R_2	R_3	R_4
R_1	1	3	4	5
R_2	1/3	1	3	4
R_3	1/4	1/3	1	3
R_4	1/5	1/4	1/3	1

4. Здійснимо нормалізацію головного власного вектора матриці попарних порівнянь. Унаслідок нормалізації отримаємо остаточні вагові значення факторів:

$$w_1 = 0,53; w_2 = 0,27; w_3 = 0,13; w_4 = 0,07.$$

5. Перевіримо адекватність розв'язку задачі за такими параметрами: максимальним значенням головного власного вектора МПП λ_{\max} , індексом узгодженості IU та відношенням узгодженості RU [5–7].

Індекс узгодженості IU слугує оцінкою одержаного рішення та визначається за формулою:

$$IU = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Еталонне значення індексу RI обирається з табл. 4, залежно від кількості аналізованих факторів, та використовується для порівняння з отриманими значеннями. При цьому, результати є задовільними, якщо значення індексу узгодженості IU , отримане внаслідок обрахунків, не перевищує 10% від еталонного значення індексу RI . Тобто, виконання нерівності $IU < 0,1 \times RI$ підтверджує адекватність розв'язку задачі.

У наведеній нижче таблиці порядок матриці вказується у першому рядку і відповідає кількості аналізованих факторів (об'єктів). У другому рядку подане еталонне значення випадкового індексу.

Таблиця 4

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

Відношення узгодженості використовується для додаткового оцінювання результатів та обчислюється за таким виразом: $RU = IU/RI$. Результати попарних порівнянь вважаються задовільними, якщо $RU \leq 0,1$. В такому випадку рівень збіжності процесу є достатнім, а оцінка узгодженості експертних суджень — належною.

Згідно обчислень критерії нормалізації знаходяться у нормальних межах, що підтверджує узгодженість експертних суджень та достатній рівень збіжності [1, 3, 4]:

$$\lambda_{\max} = 4,181; IU = 0,06; RU = 0,067.$$

Перевіримо правильність розв'язку задачі шляхом виконання нерівностей $IU < 0,1 \times RI$ та $RU \leq 0,1$, де RI — випадковий індекс для матриці 4-го порядку (табл. 4), $RI = 0,9$.

Нерівності $0,06 < 0,1 \times 0,9$ та $0,067 \leq 0,1$ є правильними.

6. Визначимо функції корисності кожної запроєктованої альтернативи за факторами множини Парето. Для цього побудуємо матриці попарних порівнянь [2–4]. Внаслідок опрацювання кожної матриці, отримуємо значення функцій корисності альтернатив за відповідними факторами [5]:

- $R_1: u_{11}, u_{12}, u_{13}$;
- $R_2: u_{21}, u_{22}, u_{23}$;
- $R_3: u_{31}, u_{32}, u_{33}$;
- $R_4: u_{41}, u_{42}, u_{43}$.

Перевірка достовірності здійснюється за максимальним значенням головного власного вектора, індексом узгодженості, відношенням узгодженості [5].

R_1	A	B	C
A	1	1	4
B	1	1	4
C	1/4	1/4	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3; IU = 0; RU = 0$.

Корисність альтернатив за фактором $R_1: u_{11} = 0,444; u_{12} = 0,444; u_{13} = 0,111$.

Аналогічно для інших факторів множини Парето:

R_2	A	B	C
A	1	1/4	3
B	4	1	5
C	1/3	1/5	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3,086; IU = 0,043; RU = 0,074$.

Корисність альтернатив за фактором $R_2: u_{21} = 0,225; u_{22} = 0,673; u_{23} = 0,1$.

R_3	A	B	C
A	1	5	7
B	1/5	1	4
C	1/7	1/4	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3,124; IU = 0,062; RU = 0,107$.

Корисність альтернатив за фактором $R_3: u_{31} = 0,722; u_{32} = 0,204; u_{33} = 0,072$.

R_4	A	B	C
A	1	1/3	1/5
B	3	1	1/4
C	5	4	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3,086; IU = 0,043; RU = 0,074$.

Корисність альтернатив за фактором $R_4: u_{41} = 0,1; u_{42} = 0,225; u_{43} = 0,673$.

5. Обчислення багатокритеріальних оцінок корисності для запроєктованих альтернативних варіантів [4–7].

Підставимо у формулу 2 такі значення: $n = 4$; $u_i(y_i) = u_{ij}$ — корисність j -ї альтернативи ($j = 1, 2, 3$) за i -м фактором ($i = 1, \dots, 4$). У результаті отримуємо:

$$U_j = \sum_{i=1}^4 w_i u_{ij}; j = 1, 2, 3, \quad (3)$$

де U_j — багатофакторна оцінка корисності.

Згідно 3 сформуємо такі відношення:

$$\begin{aligned} U_1 &= w_1 \times u_{11} + w_2 \times u_{21} + w_3 \times u_{31} + w_4 \times u_{41}; \\ U_2 &= w_1 \times u_{12} + w_2 \times u_{22} + w_3 \times u_{32} + w_4 \times u_{42}; \\ U_3 &= w_1 \times u_{13} + w_2 \times u_{23} + w_3 \times u_{33} + w_4 \times u_{43}; \end{aligned} \quad (4)$$

Найкращій альтернативі виконання аналізованого процесу належить найбільше значення U_j , ($i = 1, 2, 3$) [3].

Підставивши відповідні числові значення у формулу 4, отримуємо такі відношення:

$$U_1 = 0,53 \times 0,444 + 0,27 \times 0,225 + 0,13 \times 0,722 + 0,07 \times 0,1 = 0,397;$$

$$U_2 = 0,53 \times 0,444 + 0,27 \times 0,673 + 0,13 \times 0,204 + 0,07 \times 0,225 = 0,459;$$

$$U_3 = 0,53 \times 0,111 + 0,27 \times 0,1 + 0,13 \times 0,072 + 0,07 \times 0,673 = 0,142.$$

Оцінка корисності U_2 має максимальне значення. Отже, альтернатива B є оптимальною для досліджуваного процесу.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальшого розвитку у даному напрямі

У статті виокремлено множину Парето, що складається з найбільш пріоритетних факторів впливу на якість виконання післядрукарських процесів: R_1 — проєкт (180 у. о.); R_2 — виготовлення зошитів (119 у. о.); R_3 — комплектування (77 у. о.); R_4 — скріплення (49,5 у. о.). Здійснено оцінювання та порівняння трьох запроєктованих альтернатив за факторами множини Парето. Визначимо багатокритеріальні оцінки корисності. Оцінка корисності $U_2 = 0,459$ є максимальною, отже найкращою є альтернатива B . При цьому визначальна роль належить фактору R_2 — виготовлення зошитів.

Перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі полягають у розробленні інформаційної технології формування та прогностичного оцінювання якості виконання післядрукарського опрацювання книжкових видань.

Література

1. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів проєктування видання на основі лінійного згортання критеріїв. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2017. № 1 (54). С. 45–51.
2. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів проєктування видання на основі нечіткого відношення переваги. *Поліграфія і видавнича справа*. 2017. № 1 (73). С. 80–86.
3. Піх І. В., Кудряшова А. В. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів композиційного оформлення видання на основі лінійного згортання критеріїв. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2017. № 2 (55). С. 41–46.
4. Сеньківський В. М., Мельников О. В., Кохан В. Ф. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів флексографічного друку на основі нечіткого відношення переваги. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2012. № 3. С. 120–126.
5. Репета В. Б., Гурґаль Н. С., Сеньківський В. М. Вибір альтернативи процесу вузькорулонного УФ-флексографічного друку. *Квалілогія книги*. 2012. № 2. С. 62–65.
6. Кудряшова А. В. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів проєктування післядрукарських процесів на основі лінійного згортання критеріїв. *Поліграфія і видавнича справа*. 2019. № 2 (78). С. 45–50.
7. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В. Моделі інформаційної технології проєктування післядрукарських процесів: Монографія. Львів: УАД, 2022. 204 с.

References

1. Senkivskyy V. M., Kudriashova A. V. Multifactorial selection of alternative edition design options based on linear collapse of criteria. *Scientific Papers* [Ukrainian Academy of Printing]. 2017. No. 1 (54). P. 45–51.
2. Senkivskyy V. M., Kudriashova A. V. Multifactorial selection of alternative options for the design of the edition based on the fuzzy relation of weight. *Printing and Publishing*. 2017. No. 1 (73). P. 80–86.
3. Pikh I. V., Kudriashova A. V. Multifactorial selection of alternative variants of the composition design of the publication based on linear collapse of criteria. *Scientific Papers* [Ukrainian Academy of Printing]. 2017. No. 2 (55). P. 41–46.
4. Senkivskyy V. M., Melnikov O. V., Kokhan V. F. Multifactorial selection of alternative options for flexographic printing based on a fuzzy preference relation. *Scientific Papers* [Ukrainian Academy of Printing]. 2012. No. 3. P. 120–126.
5. Repeta V. B., Gurhal N. S., Senkivskyy V. M. Selection of an alternative to the process of narrow-roll UV flexographic printing. *Book Qualilogy*. 2012. No. 2. P. 62–65.
6. Kudriashova A. V. Multifactorial selection of alternative design options for post-press processes based on linear convolution of criteria. *Printing and Publishing*. 2019. No. 2 (78). P. 45–50.
7. Senkivskyy V. M., Kudriashova A. V. Models of information technology for designing post-press processes: Monograph. Lviv: UAP, 2022. 204 p.