

УДК 655.5+004.942

БАГАТОФАКТОРНИЙ ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ПРОЄКТУВАННЯ ПІСЛЯДРУКАРСЬКИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОГО ЗГОРТАННЯ КРИТЕРІЇВ

А. В. Кудряшова

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Наведено теоретичні основи багатокритеріального вибору альтернативних варіантів реалізації технологічних процесів. За принципом Парето сформовано множину факторів із найбільшими ваговими показниками: показниками видань, умовами експлуатації, конструкційними особливостями, типами виробництва. Фактори з суттєво нижчою пріоритетністю було відкинуто. Задано три альтернативи реалізації досліджуваного процесу. Сформовано таблицю оцінювання альтернатив у відсотках на основі міри важливості кожного виокремленого фактору. Створено матрицю попарних порівнянь вагових значень виокремлених факторів, оцінених за шкалою відносної важливості об'єктів за Сааті. Здійснено нормалізацію головного власного вектора матриці попарних порівнянь за допомогою програми «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь». Перевірено правильність розв'язку задачі шляхом виконання відповідних нерівностей. Визначено функції корисності кожної запроєктованої альтернативи за факторами множини Парето. Обчислено багатокритеріальні оцінки корисності для трьох запроєктованих альтернатив. Обрано максимальне значення оцінки корисності.

Ключові слова: фактор, множина Парето, альтернатива, лінійне згортання критеріїв, післядрукарські процеси, оцінка корисності.

Постановка проблеми. Важливим етапом будь-якого технологічного процесу є прогнозування можливих альтернатив його реалізації та міри впливу ключових факторів. Передбачувана гнучкість процесу уможлиблює прийняття швидких управлінських рішень, що позитивно впливає на терміни виготовлення та кінцеву якість поліграфічної продукції. Проектування є первинною ланкою післядрукарського виробництва, деталізація якої сприяє подальшому накопиченню якісних показників.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження присвячені створенню теоретичних основ забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів [1], методології здійснення проектування та розрахунку альтернативних варіантів реалізації технологічних процесів [2], встановленню оптимальних альтернативних варіантів реалізації редакційно-видавничих процесів [3–6], вибору альтернативного варіанта друкування накладу [7]. Однак через брак досліджень

аналізованої предметної області існує необхідність визначення альтернативних варіантів реалізації проектування післядрукарських процесів.

Мета статті — встановлення оптимального альтернативного варіанта реалізації проектування післядрукарських процесів на основі максимального значення оцінки корисності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Багатокритеріальна оптимізація функцій $f(x) = (f_1(x), \dots, f_n(x))$ на множині B полягає у виокремленні максимального значення функцій корисності $f_i(x) \rightarrow \max_{x \in B}, i = 1, n$. Відповідно, за методом лінійного згортання критеріїв об'єднання часткових цільових функціоналів f_1, \dots, f_n здійснюється за формулою [2, 4–7]:

$$F(w, x) = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x) \rightarrow \max_{x \in D}; w \notin W, \quad (1)$$

$$W = \left\{ w = (w_1, \dots, w_n)^T; w_j > 0; \sum_{i=1}^n w_i = 1 \right\},$$

де w_i — ваги факторів множини Парето.

Для факторів, незалежних за корисністю та перевагою, існує така функція корисності [7]:

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

де $U(x)$ — багатокритеріальна функція корисності ($0 \leq U(x) \leq 1$) альтернативи x ; w_i — вага 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 [7].

Для реалізації сформованої задачі виконаємо такі дії:

1. Сформуємо множину Парето, взявши до уваги лише фактори з найвищою пріоритетністю: R_1 — показники видання (188 у. о.); R_3 — умови експлуатації (105 у. о.); R_2 — конструкційні особливості (74 у. о.); R_4 — тип виробництва (49,5 у. о.). Фактори з суттєво нижчою пріоритетністю були відкинуті [8].

2. Задамо три альтернативні варіанти реалізації досліджуваного процесу, позначивши їх A_1, A_2, A_3 . Сформуємо таблицю оцінювання альтернатив на основі міри важливості кожного виокремленого фактору. Комбінації значень альтернатив кожного з факторів не мають перевищувати 100 %.

Таблиця 1

Оцінювання альтернатив за факторами множини Парето

Назви факторів	Ваги факторів, у. о.	Оцінювання альтернатив за факторами		
		A_1	A_2	A_3
Показники видання (R_1)	188	30	30	40
Умови експлуатації (R_3)	105	20	50	30
Конструкційні особливості (R_2)	74	40	30	30
Тип виробництва (R_4)	49,5	60	20	20

3. Створимо матрицю попарних порівнянь вагових значень виокремлених факторів, оцінених за шкалою відносної важливості об'єктів за Сааті.

Таблиця 2

Матриця попарних порівнянь факторів множини Парето

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

4. Здійснимо нормалізацію головного власного вектора матриці попарних порівнянь у програмі «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» [9]. Унаслідок нормалізації отримаємо такі вагові значення факторів:

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

Встановимо критерії нормалізації:

$$\lambda_{\max} = 4,181; III = 0,06; BII = 0,067,$$

де λ_{\max} — максимальне власне значення головного власного вектора матриці попарних порівнянь, III — індекс узгодженості, BII — відношення узгодженості.

Перевіримо правильність розв'язку задачі шляхом виконання нерівностей $III < 0,1 \times I$ та $BII \leq 0,1$, де I — випадковий індекс для матриці 4-го порядку, $I=0,9$. Нерівності $0,06 < 0,1 \times 0,9$ та $0,067 \leq 0,1$ є правильними.

5. Визначимо функції корисності кожної запроєктованої альтернативи за факторами множини Парето.

R_1	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1	1/3
A_2	1	1	1/3
A_3	3	3	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3; III = 0; BII = 0$.

Корисність альтернатив за фактором R_1 : $u_{11} = 0,2; u_{12} = 0,2; u_{13} = 0,6$.

R_3	A_1	A_2	A_3
A_1	1	1/5	1/3
A_2	5	1	4
A_3	3	1/4	1

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

Корисність альтернатив за фактором R_3 : $u_{21} = 0,1; u_{22} = 0,673; u_{23} = 0,225$.

R_2	A_1	A_2	A_3
A_1	1	3	3
A_2	1/3	1	1
A_3	1/3	1	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3$; $III = 0$; $BP = 0$.

Корисність альтернатив за фактором R_2 : $u_{31} = 0,6$; $u_{32} = 0,2$; $u_{33} = 0,2$.

R_4	A_1	A_2	A_3
A_1	1	6	6
A_2	1/6	1	1
A_3	1/6	1	1

Критерії нормалізації: $\lambda_{\max} = 3$; $III = 0$; $BP = 0$.

Корисність альтернатив за фактором R_4 : $u_{41} = 0,75$; $u_{42} = 0,125$; $u_{43} = 0,125$.

6. Визначимо багатокритеріальні оцінки корисності для трьох запроєктованих альтернатив.

Підставимо у формулу 2 такі значення R_2 : $n = 4$; $u_i(y_j) = u_{ij}$ — корисність j -ї альтернативи ($j = 1, 2, 3$) за i -м фактором ($i = 1, \dots, 4$). У результаті отримаємо [6]:

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

де U_j — багатфакторна оцінка корисності j -ї альтернативи.

На основі формули 3 сформуємо такі відношення:

$$\begin{aligned} U_1 &= w_1 \times u_{11} + w_2 \times u_{21} + w_3 \times u_{31} + w_4 \times u_{41}; \\ U_2 &= w_1 \times u_{12} + w_2 \times u_{22} + w_3 \times u_{32} + w_4 \times u_{42}; \\ U_3 &= w_1 \times u_{13} + w_2 \times u_{23} + w_3 \times u_{33} + w_4 \times u_{43} [6]. \end{aligned} \quad (4)$$

Найкраща альтернатива реалізації проектування післядрукарських процесів обирається за максимальним значенням U_j , ($i = 1, 2, 3$).

Підставивши відповідні числові значення, отримаємо такі відношення:

$$\begin{aligned} U_1 &= 0,53 \times 0,2 + 0,27 \times 0,1 + 0,13 \times 0,6 + 0,07 \times 0,75 = 0,264; \\ U_2 &= 0,53 \times 0,2 + 0,27 \times 0,673 + 0,13 \times 0,2 + 0,07 \times 0,125 = 0,322; \\ U_3 &= 0,53 \times 0,6 + 0,27 \times 0,225 + 0,13 \times 0,2 + 0,07 \times 0,125 = 0,414. \end{aligned}$$

Оцінка корисності U_3 має максимальне значення. Відповідно, альтернатива A_3 є оптимальною для досліджуваного процесу, а визначальним є фактор «Показники видання» (R_1).

Висновки. Сформовано множину Парето проектування післядрукарських процесів. Задано альтернативні варіанти реалізації досліджуваного технологічного процесу. Створено матрицю попарних порівнянь факторів та нормалізовано значення її головного власного вектора. Визначено функції корисності та багатокритеріальні оцінки корисності. Оптимальною альтернативою реалізації проектування післядрукарських процесів обрано альтернативу A_3 .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теоретичні основи забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів (Частина 3. Проектування альтернативних варіантів) / Сеньківський В. М., Піх І. В., Петяк Ю. Ф., Калиній І. В. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2016. № 2 (53). С. 47–56.
2. Піх І. В., Сеньківський В. М., Андріїв Р. Р. Проектування та розрахунок альтернативних варіантів реалізації технологічних процесів. Технологія і техніка друкарства. 2015. № 2. С. 55–62.
3. Гавенко С. Ф., Піх І. В., Сеньківська Н. Є. Розрахунок альтернативних варіантів випуску видання. Поліграфія і видавнича справа. 2011. № 3. С. 89–94.
4. 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.
5. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В. Багатофакторний вибір альтернативних варіантів проектування видання на основі лінійного згортання критеріїв. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2017. № 1 (54). С. 45–51.
6. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В., Козак Р. О. Інформаційна технологія формування якості редакційно-видавничого процесу : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2019. 272 с.
7. Сеньківська Н. Є. Вибір альтернативного варіанту друкування накладу. Комп'ютерні технології друкарства. 2011. № 26. С. 222–228.
8. Кудряшова А. В. Синтез моделі пріоритетного впливу факторів проектування післядрукарських процесів. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2019. № 1 (58). С. 48–54.

REFERENCES

1. Senkivskiy, V. M., Pikh, I. V., Petiak, Yu. F., & Kalynii, I. V. (2016). Teoretychni osnovy zabezpechennia yakosti vydavnycho-polihrafichnykh protsesiv (Chastyna 3. Proektuvannia alternatyvnykh variantiv): Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 2 (53), 47–56 (in Ukrainian).
2. Pikh, I. V., Senkivskiy, V. M., & Andriiv, R. R. (2015). Proektuvannia ta rozrakhunok alternatyvnykh variantiv realizatsii tekhnolohichnykh protsesiv: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 2, 55–62 (in Ukrainian).
3. Havenko, S. F., Pikh, I. V., & Senkivska, N. Ye. (2011). Rozrakhunok alternatyvnykh variantiv vy-pusku vydannia: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 3, 89–94 (in Ukrainian).
4. Pikh, I. V., & Kudriashova, A. V. (2017). Bahatofaktorni vybir alternatyvnykh variantiv kompozytsiinoho oformlennia vydannia na osnovi liniinoho zhortannia kryteriiv: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 2 (55), 41–46 (in Ukrainian).
5. Senkivskiy, V. M., & Kudriashova, A. V. (2017). Bahatofaktorni vybir alternatyvnykh variantiv proektuvannia vydannia na osnovi liniinoho zhortannia kryteriiv: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1 (54), 45–51 (in Ukrainian).
6. Senkivskiy, V. M., Kudriashova, A. V., & Kozak, R. O. (2019). Informatsiina tekhnolohiia formuvannia yakosti redaktsiino-vidavnychoho protsesu. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva (in Ukrainian).
7. Senkivska, N. Ye. (2011). Vybir alternatyvnoho variantu drukuvannia nakladu: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 26, 222–228 (in Ukrainian).

8. Kudriashova, A. V. (2019). Syntez modeli priorytetnoho vplyvu faktoriv proektuvannya pisliadrukarskykh protsesiv: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1 (58), 48–54 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2019-2-78-45-50

MULTIFACTORY CHOICE OF ALTERNATIVE OPTIONS OF POSTPRINTING PROCESSES DESIGN ON THE BASIS OF LINEAR MINIMIZATION OF CRITERIA

A. V. Kudriashova

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
kudriashovaaliona@gmail.com*

The theoretical foundations of multicriteria choice of alternative options for technological processes realization have been presented. The algorithm of realization of the set task by the method of linear minimization of criteria has been presented. According to the Pareto principle, many factors with the highest weight indexes are formed: R_1 — indicators of the edition (188 c. u.); R_3 — operating conditions (105 c. u.); R_2 — structural features (74 c. u.); R_4 — a type of production (49,5 c. u.). Factors with significantly lower priority were discarded. Three alternatives to the implementation of the process under study are given: A_1, A_2, A_3 . The table of percentages of alternatives has been formed on the basis of the measure of importance of each individual factor. The combinations of the values of the alternatives of each factor do not exceed 100 %. A matrix of pairwise comparisons of the weighted values of the distinguished factors, estimated on the Saati relative importance scale, has been created. The order of the matrix is determined by the number of factors analyzed. The main eigenvector of the pairwise matrices matrix is normalized using the program “Simulation modeling in system analysis by the method of binary comparisons”. As a result of normalization, normalized weight values of the design factors of post-printing processes have been established. The normalization criteria are calculated: the maximum eigenvalue of the principal eigenvector of the pairwise comparison matrix, the consistency index, and the consistency ratio. The correctness of the solution of the problem are checked by performing the corresponding inequalities. The utility functions of each projected alternative are determined by the factors of the Pareto set. Multicriteria utility estimates for the three projected alternatives are calculated. By the greatest value of utility assessment, the optimal alternative of realization of the studied process is chosen.

Keywords: factor, Pareto set, alternative, linear minimization of criteria, postprinting processes, utility assessment.

Стаття надійшла до редакції 15.07.2019.

Received 15.07.2019.