

ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ПРОЦЕСУ
ОЦИФРОВУВАННЯ СТАРОДРУКІВ

О. Б. Гаврилишин, В. Б. Репета, В. М. Сеньківський

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

На основі ранжування факторів, побудови моделі їхніх взаємозв'язків та впливу на якість технологічного процесу оцифровування стародруків сформовано альтернативи та визначено оптимальний варіант забезпечення якості оцифровування з використанням багатокритеріальної оптимізації. На підставі опрацювання матриць попарних порівнянь із зазначенням варіантів переваг факторів розраховано функції корисності альтернатив. Отримано багатофакторну оцінку альтернативних варіантів. Максимальне значення функції корисності отримане для альтернативи, у якій визначальною є пріоритезація фактору «Стан стародруку».

Ключові слова: *оцифровування стародруків, альтернативні варіанти, матриця попарних порівнянь, індекс узгодженості, фактори якості процесу, функція корисності.*

Постановка проблеми. Методи багатокритеріальної теорії корисності MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), MAVT (Multi-Attribute Value Theory) слугують основою підтримки прийняття рішень у багатьох дослідженнях різних сфер діяльності людства. Водночас для вибраних факторів будується матриця попарних порівнянь за методом Сааті [1, 2]. Завдяки йому учасник серед безлічі варіантів здатен отримати оптимальну альтернативу, яка має максимальну корисність за дібраними факторами. У праці [3] розраховано важливість факторів і побудовано модель щодо їхнього впливу на якість технологічного процесу оцифровування стародруків. Відповідно повстало запитання щодо вибору оптимального варіанта (альтернативи) процесу, коли кожному з його факторів віддають певну перевагу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі праці щодо розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації щодо забезпечення якості технологічного процесу УФ-флексграфічного друку [4], багатофакторного вибору альтернатив композиційного оформлення книжкових видань та їхнього тематичного планування [5, 6]. Дослідження щодо багатокритеріальної оптимізації за варіантами альтернатив під час вивчення процесу оцифровування стародруків не проводилися.

Мета статті — використовуючи метод багатокритеріальної теорії корисності, провести розрахунки альтернативних варіантів процесу оцифровування стародруків та вибрати найбільш оптимальний за тим чи іншим фактором.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з попереднім дослідженням задано множину допустимих альтернатив, із яких із погляду корисності необхідно зробити вибір — $f_i, (i = 1, m, m = 7)$: стан стародруку (f_1); діапазон оптичної щільності (f_2); тип скануючого пристрою (f_3); програмне забезпечення (f_4); характеристика цифрової копії (f_5); цифровий шум (f_6); розподіл освітлення (f_7). Відповідно до теорії прийняття рішень розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації на множині M передбачає визначення максимального значення функції корисності: $f_i, (x) \rightarrow \max, i = 1, m, x \in M$.

Для подальшої оптимізації та визначення альтернатив необхідно обмежити кількість множин факторів досліджуваного процесу. Для цього з множини факторів згідно з методом Парето вибираємо найважливіші (множину Парето), тобто фактори, які відзначаються більшими ваговими значеннями.

Багатокритеріальний вибір альтернативи побудований на основі методу лінійного згортання факторів [7], суть якого полягає у лінійному об'єднанні усіх часткових цільових функціоналів $f_1, f_2, f_3, \dots, f_m$ в один:

$$F(w, x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x) \rightarrow \max; w \in W, x \in M, \quad (1)$$

$$\text{де } W = \left\{ \begin{array}{l} w = (w_1, \dots, w_m)^T; \\ w_i > 0; \sum_{i=1}^m w_i = 1 \end{array} \right\}.$$

Відповідно до теореми багатфакторної теорії корисності, якщо фактори незалежні за корисністю та перевагою, то існує функція корисності [5]:

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

де $U(x)$ — багатфакторна функція корисності ($0 \leq U(x) \leq 1$) альтернативи x ; $u_i(y_i)$ — функція корисності i -го фактору ($0 \leq u_i(y_i) \leq 1$); y_i — значення альтернативи x за i -м фактором; w_i — вага i -го фактору, причому

$$0 < w_i < 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1. \quad (3)$$

Що більша величина багатфакторної корисності, то доцільніша альтернатива для прийняття рішення для заданої задачі.

Таблиця 1

Альтернативи процесу оцифрування за множиною Парето

Назва фактору	Ваги фактору	Оцінювання альтернатив за факторами, %			
		A	B	C	D
f_1 — стан стародруку	28	40	30	20	10
f_2 — особливість скануючого обладнання	23	30	30	25	10
f_3 — функціональність програмного забезпечення	18	10	20	20	50
f_4 — діапазон оптичної щільності	15	40	20	20	20

Фактори, що відповідають множині Парето, наведено у табл. 1. З огляду на те, що для дослідження обрано нову підмножину факторів із певною пріоритетністю у технологічному процесі оцифрування стародруків, проведемо уточнення їхніх вагових значень попарним порівнянням факторів і побудуємо відповідну матрицю (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця попарних порівнянь пріоритетних факторів

	f_1	f_2	f_3	f_4
f_1	1	2	4	5
f_2	0,5	1	2	2,5
f_3	0,25	0,5	1	1,25
f_4	0,2	0,4	0,8	1

Для пріоритетних факторів отримано їхні уточнені ваги: $S_1 = 0,513$; $S_2 = 0,256$; $S_3 = 0,128$; $S_4 = 0,103$. Сформуємо матриці оцінювання альтернатив за факторами:

	Корисність за фактором f_1 :				Корисність за фактором f_2 :				
	A	B	C	D		A	B	C	D
A	1	2	3	4	A	1	1	2	3
B	0,5	1	1,5	2	B	1	1	2	3
C	0,33	0,67	1	1,33	C	0,5	0,5	1	1,5
D	0,25	0,5	0,75	1	D	0,33	0,33	0,66	1
$\lambda_{\max} = 4; IU = 0; WU = 0.$					$\lambda_{\max} = 4; IU = 0; WU = 0.$				

$$u_{11} = 0,48; u_{12} = 0,24; u_{13} = 0,160; u_{14} = 0,12; u_{21} = 0,352; u_{22} = 0,352; u_{23} = 0,176; u_{24} = 0,117.$$

	Корисність за фактором f_3 :				Корисність за фактором f_4 :				
	A	B	C	D		A	B	C	D
A	1	3	2	1	A	1	2	2	2
B	0,33	1	0,6	0,33	B	0,5	1	1	1
C	2	1,5	1	0,5	C	0,5	1	1	1
D	1	3	2	1	D	0,5	1	1	1
$\lambda_{\max} = 4; IU = 0; WU = 0.$					$\lambda_{\max} = 4; IU = 0; WU = 0.$				

$$u_{31} = 0,352; u_{32} = 0,117; u_{33} = 0,176; u_{34} = 0,352; u_{41} = 0,4; u_{42} = 0,2; u_{43} = 0,2; u_{44} = 0,2.$$

Для перевірки узгодженості результатів визначимо власне значення вектора пріоритету λ_{\max} , індекс узгодженості IU і відношення узгодженості WU для кожної матриці. За формулою (2) розраховуємо варіанти для обчислення значень функцій корисності:

$$\begin{aligned} U_1 &= s_1 \cdot u_{11} + s_2 \cdot u_{21} + s_3 \cdot u_{31} + s_4 \cdot u_{41}; \\ U_2 &= s_1 \cdot u_{12} + s_2 \cdot u_{22} + s_3 \cdot u_{32} + s_4 \cdot u_{42}; \\ U_3 &= s_1 \cdot u_{13} + s_2 \cdot u_{23} + s_3 \cdot u_{33} + s_4 \cdot u_{43}; \\ U_4 &= s_1 \cdot u_{14} + s_2 \cdot u_{24} + s_3 \cdot u_{34} + s_4 \cdot u_{44}. \end{aligned} \quad (4)$$

Підставивши у вирази отримані вище значення, отримаємо:

$$\begin{aligned} U_1 &= 0,513 \cdot 0,48 + 0,256 \cdot 0,24 + 0,128 \cdot 0,16 + 0,103 \cdot 0,12 = 0,34; \\ U_2 &= 0,513 \cdot 0,35 + 0,256 \cdot 0,352 + 0,128 \cdot 0,176 + 0,103 \cdot 0,117 = 0,31; \\ U_3 &= 0,513 \cdot 0,352 + 0,256 \cdot 0,117 + 0,128 \cdot 0,176 + 0,103 \cdot 0,352 = 0,18; \\ U_4 &= 0,513 \cdot 0,4 + 0,256 \cdot 0,2 + 0,128 \cdot 0,2 + 0,103 \cdot 0,2 = 0,30. \end{aligned}$$

Максимальне значення отримане для альтернативи U_1 , у якій перевагу віддано фактору f_1 (стан стародруку).

Висновки. Отже, за результатами визначення альтернатив пріоритет має варіант U_1 , у якому віддано перевагу фактору f_1 (стан стародруку), що і є оптимальним варіантом. Стан стародруку є визначальним для процесу оцифрування, адже він встановлює можливості його сканування на певному обладнанні з встановленням оптимального освітлення, визначає діапазон оптичної щільності, який потребує корегування під час цифрового оброблення копії чи застосування інших методів компенсації ділянок зображення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Саати Т. Принятие решений (метод анализа иерархий). Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.
2. Шакиров В. А. Многокритериальная оценка альтернатив на основе теории полезности в условиях неопределенности предпочтений лица, принимающего решения. Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2018. Т. 13. № 1. С. 17–35.
3. Tsimer O., Repeta V., Myklushka I. Analysis of quality factors for digitization process of old books. Journal of Graphic Engineering and Design. 2020. Vol. 11. № 1.
4. Репета В. Б., Гургаль Н. С., Сеньківський В. М. Вибір альтернативи процесу вузькорупного УФ-флексграфічного друку. Квалілогія книги. 2012. № 2 (22). С. 62–64.
5. Сеньківська Н. Є., Піх І. В., Сеньківський В. М. Багатофакторний вибір альтернатив композиційного оформлення книжкового видання. Технологія і техніка друкарства. 2011. Вип. 2. С. 146–152.
6. Піх І. В., Сеньківський В. М., Андріїв Р. Р. Проектування та розрахунок альтернативних варіантів реалізації технологічних процесів. Технологія і техніка друкарства. 2015. Вип. 2. С. 55–62.
7. Бартіш М. Я., Дудзяний І. М. Дослідження операцій. Ухвалення рішень і теорія ігор. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. Ч. 3. 278 с.

REFERENCES

1. Saati, T. (1993). Prinjatje reshenij (metod analiza ierarhij). Moskva : Radio i svjaz' (in Russian).
2. Shakirov, V. A. (2018). Mnogokriterial'naja ocenka al'ternativ na osnove teorii poleznosti v uslovijah neopredelennosti predpochtenij lica, primimajushhego reshenija: Nechetkie sistemy i mjagkie vychislenija, 13, 1, 17–35 (in Russian).
3. Tsimer, O., Repeta, V., & Myklushka, I. (2020). Analysis of quality factors for digitization process of old books: Journal of Graphic Engineering and Design, 11, 1 (in English).
4. Repeta, V. B., Hurhal, N. S., & Senkivskyi, V. M. (2012). Vybir alternatyvy protsesu vuzkolonnoho UF-fleksohrafichnoho duku: Kvalilohiia knyhy, 2 (22), 62–64 (in Ukrainian).
5. Senkivska, N. Ye., Pikh, I. V., & Senkivskyi, V. M. (2011). Bahatofaktornyi vybir alternatyv kompozytsiinoho oformlennia knyzhkovoho vydannia: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 2, 146–152 (in Ukrainian).
6. Pikh, I. V., Senkivskyi, V. M., & Andriiv, R. R. (2015). Proektuvannia ta rozrakhunok alternatyvnykh variantiv realizatsii tekhnolohichnykh protsesiv: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 2, 55–62 (in Ukrainian).
7. Bartish, M. Ya., & Dudzianyi, I. M. (2009). Doslidzhennia operatsii. Ukhvalennia rishen i teorii ihor. Lviv : Vyd. tsentr LNU im. Ivana Franka, Ch. 3 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2020-1-60-11-16

SELECTION OF THE ALTERNATIVE PROCESSES OF OLD BOOKS DIGITALIZATION

O. B. Havrylyshyn, V. B. Repeta, V. M. Senkivskyi

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

On the basis of factors ranking, the design of their interrelations model and the impact on the quality of the technological process of old books digitization, the alternative processes have been formed and the best option for ensuring the quality of digitization using multicriteria optimization (Multi-Attribute Utility Theory) has been defined. Using the Pareto technique, four priority factors have been selected: f_1 - the condition of the old book, f_2 - features of the scanning equipment, f_3 - software functionality, and f_4 - the range of optical density. The multi-criteria selection of the alternative is based on the method of linear convolution of factors, the essence of which is to linearly combine all partial target functionalities into one. On the basis of processing of pairwise comparisons matrices with indication of advantages of these factors, utility functions of alternatives are calculated. To check the consistency of the results, the eigenvalue of the priority vector λ_{\max} , the consistency index IU and the consistency ratio WU for each matrix have been determined. A multifactor assessment of alternative processes is obtained.

The maximum value of the utility function is obtained for the alternative in which the determining factor is to give preference to the factor “Condition of an old book” with a value of $U_1 = 0,34$. The “Condition of an old book” is crucial for the digitization process, as it determines the possibility of scanning it on certain equipment with optimal lighting, it determines the range of optical density that needs to be adjusted during the digital copy processing or to use other methods to compensate for areas of the image.

Keywords: *old books digitization, alternative processes, matrix of pairwise comparisons, consistency index, process quality factors, utility function.*

Стаття надійшла до редакції 12.05.2020.

Received 12.05.2020.