

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ (121, 122, 123, 124)

DOI 10.31891/2307-5732-2020-285-3-2

УДК 004.9+655.254.422

О. Б. ГАВРИЛИШИН, В. Б. РЕПЕТА, В. М. СЕНЬКІВСЬКИЙ

Українська академія друкарства

ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ПРОЦЕСУ ОЦИФРОВУВАННЯ СТАРОДРУКІВ

На основі ранжування факторів, побудови моделі їх взаємозв'язків та впливу на якість технологічного процесу оцифровування стародруків сформовано альтернативи та визначено оптимальний варіант забезпечення якості оцифровування з використанням багатокритеріальної оптимізації. На основі 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 надання переваги фактора «Стан стародруку».

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

O. HAVRYLYSHYN, V. REPETA, V. SENKIVSKYI

Ukrainian Academy of Printing

SELECTION OF THE ALTERNATIVE PROCESSES OF OLD PRINTS DIGITALIZATION

Methods of Multi-Attribute Utility Theory MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), MAVT (Multi-Attribute Value Theory) uses decision support in many studies of various human activities. In this case, for the selected factors, the future matrix of comparable comparisons by the Saati method. Thanks to him, among the many options, the participant is able to get the best alternative, which has the maximum usefulness of the selected factors. In the importance of factors was calculated and a model for their influence on the quality of the technological process of digitization of old prints was built. Accordingly, the question arose as to the choice of the optimal variant (alternative) of the process while giving each of its factors a certain advantage.

On the basis of factors ranking, design of the model of their interrelations and the impact on the quality of the technological process of old prints digitization, alternative processes have been formed and the best option for ensuring the quality of digitization using multicriteria optimization has been defined. Using the Pareto technique, four priority factors were selected: the condition of the old print, features of the scanning equipment, software functionality, and the range of optical density. On the basis of processing of pairwise comparisons matrices with indication of advantages of these factors, utility functions of alternatives are calculated. 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 printing."

Keywords: old prints digitization, alternative processes, matrix of pairwise comparisons, process quality factors, utility function.

Постановка проблеми. Методи багатокритеріальної теорії корисності MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), MAVT (Multi-Attribute Value Theory) служать основою підтримки прийняття рішень у багатьох дослідженнях різних сфер діяльності людства. При цьому для вибраних факторів будується матриця попарних порівнянь за методом Сааті [1, 2]. Завдяки йому серед безліч варіантів учасник здатен отримати оптимальну альтернативу, яка володіє максимальною корисністю за відібраними факторами. У роботі [3] було розраховано важливість факторів і побудовано модель щодо їх впливу на якість технологічного процесу оцифровування стародруків. Відповідно повстало питання щодо вибору оптимального варіанту (альтернативи) процесу при надаванні кожному з його факторів певної переваги.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі роботи розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації щодо забезпечення якості технологічного процесу УФ-флексграфічного друку [4], багатофакторного вибору альтернатив композиційного оформлення книжкових видань та тематичного їх планування [5, 6]. Роботи щодо багатокритеріальної оптимізації за варіантами альтернатив при дослідженні процесу оцифровування стародруків не проводилися.

Мета статті. Використовуючи метод багатокритеріальної теорії корисності, провести розрахунки альтернативних варіантів процесу оцифровування стародруків та провести вибір найбільш оптимального за тим чи іншим фактором.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з попереднім дослідженням задано множину допустимих альтернатив, з яких з точки зору корисності необхідно зробити вибір – $f_i, (i = \overline{1, m}, m = 7)$: 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). Згідно з теорією прийняття рішень розв'язування задач багатокритеріальної оптимізації на множині M передбачає визначення максимального значення функції корисності: $f_i, (x) \rightarrow \max_{x \in M}, i = \overline{1, m}$.

Для подальшої оптимізації та визначення альтернатив необхідно обмежити кількість множин факторів досліджуваного процесу. Для цього з множини факторів згідно методу Парето вибираємо найважливіші (множину Парето), тобто фактори, які мають суттєво більші вагові значення.

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:

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

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

Згідно з теоремою багатофакторної теорії корисності, якщо фактори незалежні за корисністю та перевагою, то існує функція корисності:

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

де $U(x)$ – багатофакторна функція корисності ($0 \leq U(x) \leq 1$) альтернативи x ; $u_i(y_i)$ – функція корисності i -го фактора ($0 \leq u_i(y_i) \leq 1$); y_i – значення альтернативи x за i -м фактором; W_i – вага i -го фактора, причому

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

Чим більша величина багатофакторної корисності, тим більше приваблива альтернатива для прийняття розв'язку заданої задачі.

Фактори, що відповідають множині Парето, показано у табл. 1. Оскільки для дослідження обрано нову підмножину факторів з певною важливістю у технологічному процесі оцифрування стародруків проведемо уточнення їх вагових значень попарним порівнянням факторів і побудуємо відповідну матрицю (табл. 2).

Таблиця 1

Альтернативи процесу оцифрування за множиною Парето

Назва фактора	Вага фактора	Оцінювання альтернатив за факторами, %			
		A	B	C	D
f_1 – стан стародруку	28	40	30	20	10
f_2 – особливність 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

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 їх 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:

$$\begin{aligned} U_1 &= s_1 \cdot u_{11} + s_2 \cdot u_{21} + s_3 \cdot u_{31} + s_4 \cdot u_{41} \\ U_2 &= s_1 \cdot u_{12} + s_2 \cdot u_{22} + s_3 \cdot u_{32} + s_4 \cdot u_{42} \\ U_3 &= s_1 \cdot u_{13} + s_2 \cdot u_{23} + s_3 \cdot u_{33} + s_4 \cdot u_{43} \\ U_4 &= s_1 \cdot u_{14} + s_2 \cdot u_{24} + s_3 \cdot u_{34} + s_4 \cdot u_{44} \end{aligned} \quad (3)$$

Підставивши у вирази отримані вище значення, отримуємо:

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

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

Висновок. Отже, за результатами визначення альтернатив пріоритетом володіє альтернатива U_1 , у якій надано перевагу надано фактору f_1 (стан стародруку), що і є оптимальним варіантом. Стан стародруку є визначальним для процесу оцифрування, адже він визначає можливості його сканування на певному обладнанні з встановленням оптимального освітлення, визначає діапазон оптичної щільності, який необхідно піддавати коректуванню під час цифрового оброблення копії чи застосовувати інші методи компенсації ділянок зображення.

Література

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

References

1. Saati T. Prinyatie reshenij (metod analiza ierarhij) / Saati T. – M. : Radio i svyaz, 1993. – 278 s.
2. Shakirov V.A. Mnogokriterialnaya ocenka alternativ na osnove teorii poleznosti v usloviyah neopredelennosti predpochtenij lica, primimayushhego resheniya / V.A. Shakirov // Nechetkie sistemy i myagkie vychisleniya. – 2018. – T. 13, № 1. – S. 17–35.
3. Olena Tsimer, Vyacheslav Repeta, Ihor Myklushka. Analysis of quality factors for digitization process of old books. Journal of Graphic Engineering and Design. 2020. Vol. 11, № 1.
4. Repeta V.B. Vybir alternativy protsesu vuzkorulonnoho UF-fleksografichnoho druku / V.B. Repeta, N.S. Hurhal, V.M. Senkivskiy // Kvalilohiia knyhy. – 2012. – № 2 (22). – S. 62–64.
5. Senkivska N.Ie. Bahatofaktorni vybir alternativ kompozytsiinoho oformlennia knyzhkovoho vydannia / N.Ie. Senkivska, I.V. Pikh, V.M. Senkivskiy // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. – 2011. – Vyp. 2. – S. 146–152.
6. Pikh I.V. Proektuvannia ta rozrakhunok alternativnykh variantiv realizatsii tekhnolohichnykh protsesiv / I.V. Pikh, V.M. Senkivskiy, R.R. Andriiv // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. – 2015. – Vyp. 2. – S. 55–62.
7. Bartish M.Ia. Doslidzhennia operatsii. Ukhvalennia rishen i teoriia ihor. Ch. 3 / M.Ia. Bartish, I.M. Dudzianyi. – Lviv : Vyd. tsentr LNU im. Ivana Franka, 2009. – 278 s.

Надійшла / Paper received: 14.04.2020

Надрукована / Paper Printed : 01.06.2020