

УДК 655.5: 004.942

ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ

І. В. Піх, Р. Р. Андріїв

*Українська академія друкарства,
вул. Підголосько, 19, Львів, 79020, Україна*

Розглянуто інноваційні підходи до розробки електронного навчального видання. Здійснено вибір засобів на основі методів нечіткої логіки для проектування видань. Проведено порівняльну характеристику та досліджено особливості розробки електронного видання на базі системи управління контентом з відкритим кодом Content Management System (CMS), MVC фреймворку (Model-View-Controller) — конструкційного шаблону, що описує спосіб побудови структури додатку, сфери відповідальності та взаємодію кожної з частин у цій структурі та HMVC (Hierarchical Model View Controller) фреймворку. Визначено функціональні особливості системи контент-адміністрування.

Оскільки вихідними даними задачі багатокритеріального вибору альтернативи є фактори множини Парето, здійснено вибір основних з них, а саме: масштабованість, швидкодія, захищеність, функціональність, налаштування. Здійснено згортку визначених факторів. Розраховано нечітке відношення переваги, так звану адитивну згортку відношень.

Результатом розв'язання задачі вибору альтернативного варіанту CMS-систем та фреймворків на основі нечіткого відношення переваги є розрахунок оптимального варіанту для проектування електронного видання.

Ключові слова: CMS-система, MVC фреймворк, HMVC фреймворк, електронне видання, нечітка логіка, фактори, альтернативи, множина Парето, адаптивна згортка відношень.

Постановка проблеми. Актуальним питанням сьогодення є створення електронних навчальних видань, у зв'язку з чим важливого значення набуває вибір системи для проектування методів і засобів проектування та реалізації електронних ресурсів, що забезпечить спрощення процесу розроблення цього продукту та підвищить його якість.

Здійснено порівняльну характеристику CMS-систем, MVC і HMVC фреймворків [1–4]. Визначено альтернативну систему для формування навчальних електронних ресурсів з використанням методу багатокритеріального вибору альтернатив на основі нечіткого відношення переваг [4]. За допомогою зазначеного методу розраховано оптимальний технологічний варіант для розроблення навчального електронного ресурсу, критерієм вибору якого є мінімальне значення функції належності перетину адитивних згорток відношень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виконано раніше дослідження [1–3] стосовно концептуальних основ проектування мультимедійних електронних видань. Проведено аналіз моделей процесу проектування мультимедіа. Обґрунтовано фактори впливу на якість електронного видання.

Досліджено питання побудови підходу до створення електронного навчального видання, використання якого дасть змогу створювати продукт, адаптований до потреб кожного користувача. Це досягається шляхом динамічного

формування інформаційного наповнення електронного видання відповідно до знань користувача у певній галузі, а також знань, які є необхідними і достатніми для вирішення певного завдання.

Однак залишається відкритим питання вибору альтернативної системи для формування навчальних електронних ресурсів, що передбачає розв'язання таких завдань:

- запроєктувати з використанням методу багатокритеріального вибору альтернатив на основі нечіткого відношення переваг оптимальні варіанти процесу формування електронних видань;
- виокремити множину факторів для оцінки Парето-оптимальних альтернатив;
- вибрати оптимальний варіант CMS-систем та фреймворків для проектування видань.

Отримані результати є методичною основою для розробки інформаційної системи щодо створення електронних видань.

Мета статті. Особливу увагу надано вибору засобів розроблення електронного видання з використанням для його розв'язання засобів нечіткої логіки. Причиною цього стало те, що ці потужні засоби дають можливість оперативно і своєчасно керувати наповненням електронних видань та інформацією загалом. Здебільшого засоби керування інформаційним наповненням дозволяють здійснювати централізоване керування накопичуваними даними, відокремлення змісту від представлення (тобто від дизайну видання чи застосування, що виступає як клієнт CMS-рішення), автоматизацію керування життєвим циклом інформаційного наповнення, використання інформаційного наповнення різними користувачами для різних задач.

Виокремлення основних факторів впливу на формування видань дало можливість за допомогою визначеного математичного апарату визначити альтернативний варіант систем проектування електронних видань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Варто зауважити, що не завжди відношення переваги можна описати частками належності критерію (фактора) до певної альтернативи, що унеможливує використання функцій корисності для прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору варіанту реалізації процесу. Тоді застосовують метод багатокритеріальної оптимізації, використовуючи для прийняття рішення нечітке відношення переваги, коли ступінь наявності попарних переваг між альтернативами можна задати числом на відрізьку $[0;1]$. Отримуємо задачу вибору альтернативного варіанту систем проектування електронних видань на основі нечіткого відношення переваги [5].

Нехай маємо пару альтернатив (x, y) . Відношення нестрогої переваги R означає, що для двох альтернатив можливі такі твердження:

x не гірше від y , що відповідає $x \in y$, аналогічно $(x, y) \in R$;

y не гірше від x , або скорочено ($y \geq x$), що відповідає $(y, x) \in R$;

x та y не порівнювані, значить $(x, y) \notin R$ та $(y, x) \notin R$.

Якщо маємо відношення строгої переваги, тобто $(x, y) \in R_s$, то вважається, що альтернатива x домінує альтернативу y , тобто $x > y$. При наявності чітких функцій корисності f_j на множині X альтернатива x з вищою оцінкою $f_j(x)$ є кращою за фактором j від альтернативи y з оцінкою $f_j(y)$, що описується чітким відношенням переваги R_j на множині альтернатив X так:

$$R_j = \{(x, y) : f_j(x) \geq f_j(y), x, y \in X\}. \quad (1)$$

Треба вибрати таку альтернативу $x_0 \in X$, яка матиме найвищу оцінку за множиною усіх виокремлених факторів, тобто

$$f_j(x_0) \geq f_j(y), \forall j = 1, m; \forall y \in X. \quad (2)$$

Альтернативи такого типу називають Парето-оптимальними, або ефективними, і вони є розв'язком задачі прийняття рішень при нечіткому відношенні переваги на множині альтернатив [6, 7].

Оскільки вихідними критеріями задачі багатокритеріального вибору альтернативи є фактори множини Парето, необхідно здійснити згортку багатьох факторів в один скалярний. Для цього використаємо спосіб перетину, суть якого полягає ось в наступному [5, 6].

Позначимо $Q_1 = \bigcap_{j=1}^m R_j$. Можна стверджувати, що множина альтернатив з відношенням переваги Q_1 відповідає множині альтернатив з функціями корисності $f_j(x)$. Це означає, що набір відношень $R_j (j=1, m)$ заміняємо їх перетином і знаходимо непомічані альтернативи за нечітким відношенням переваги Q_1 . Якщо $\mu_j(x, y)$ — функція належності нечіткого відношення переваги R_j , то справедливою є така умова:

$$\mu_j(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } f_j(x) \geq f_j(y), \text{ тобто } (x, y) \in R_j; \\ 0, & \text{якщо } (x, y) \notin R_j. \end{cases} \quad (3)$$

Враховуючи (3), функція належності (згортка факторів) для нечіткого відношення переваги Z_1 матиме такий вигляд:

$$\mu_{Q_1}(x, y) = \min \{\mu_1(x, y), \mu_2(x, y), \dots, \mu_m(x, y)\}. \quad (4)$$

Згортка факторів (4) може бути виражена через вагові значення факторів w_j та відповідні функції корисності функції таким чином:

$$R(x) = \min_j w_j f_j(x). \quad (5)$$

Аналогічно попередньому вводиться ще один тип згортки відношень $\{R_j\}$, який використовує ваги та функції корисності факторів:

$$Q_2 = \sum_{j=1}^m w_j f_j(x), \text{ де } \sum_{j=1}^m w_j = 1, w_j \geq 0. \quad (6)$$

Згортці Q_2 відповідає функція належності $\mu_{Q_2}(x, y) = \sum_{j=1}^m w_j \mu_j(x, y)$.

Беручи до уваги введені величини та послуговуючись [8], наведемо алгоритм задачі вибору альтернативного варіанту CMS-систем та фреймворків на основі нечіткого відношення переваги. При цьому розглядаються такі можливі варіанти:

- x_1 — використання MVC фреймворку;
- x_2 — використання HMVC фреймворку;

x_3 — використання CMS-системи.

Альтернативи оцінюємо за такими факторами:

R_1 — масштабованість;

R_2 — швидкодія;

R_3 — захищеність;

R_4 — функціональність;

R_5 — налаштування.

Нехай за оцінками експертів вказані фактори зумовлюють такі відношення переваги на множині альтернатив:

$$R_1 : x_3 > x_1, x_1 > x_2;$$

$$R_2 : x_1 > x_2, x_2 > x_3;$$

$$x_3 > x_1, x_1 > x_2; R_3 : x_3 > x_1, x_1 \approx x_2;$$

$$R_4 : x_3 > x_1, x_1 > x_2;$$

$$R_5 : x_3 > x_1, x_1 > x_2;$$

Необхідно знайти найкраще компромісне рішення за сукупністю факторів, використовуючи згортки Q_1, Q_2 . При цьому для Q_2 взято ваги факторів:

$$\omega_1 = 0.25; \omega_2 = 0.25; \omega_3 = 0.25; \omega_4 = 0.15; \omega_5 = 0.1$$

Розв'язання задачі

Побудуємо матрицю відношень R_j . Вважаємо всі відношення транзитивними.

Скористаємось співвідношенням:

$$\mu_R(x_i, x_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i \geq x_j, \text{ або } x_i \approx x_j; \\ 0, & \text{якщо } x_i < x_j \end{cases}$$

Одержимо матрицю відношення R_j (табл. 1).

Таблиця 1

	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
μR_1	x_1	1	1	0
	x_2	0	1	0
	x_3	1	1	1

$\omega_1 = 0,25$.

Аналогічно будуємо матрицю відношення R_2 (табл. 2)

Таблиця 2

	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
μR_2	x_1	1	1	1
	x_2	0	1	1
	x_3	0	0	1

$\omega_2 = 0,25$.

Матриця відношення R_3 матиме такий вигляд (табл. 3).

Таблиця 3

μR_3	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
	x_1	1	1	0
	x_2	1	1	1
	x_3	1	1	1

$\omega_3=0,25$.

Аналогічно будемо матрицю відношення R_4 (табл. 4).

Таблиця 4

μR_4	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
	x_1	1	1	0
	x_2	0	1	0
	x_3	1	1	1

$\omega_4=0,15$.

Матриця відношення R_5 будується за аналогічною схемою (табл. 5).

Таблиця 5

μR_5	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
	x_1	1	1	0
	x_2	0	1	0
	x_3	1	1	1

$\omega_5=0,5$.

Будемо згортку відношень $Q_1=R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 \cap R_5$ (табл. 6)

Таблиця 6

μR_6	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
	x_1	1	1	0
	x_2	0	1	0
	x_3	0	0	1

Згортка Q_1 вказує на чітку недомінованість альтернатив.

Визначаємо підмножину недомінованих альтернатив:

$$\mu_{Q_1}^{no}(x) = 1 - \sup_{y \in X} \{ \mu_{Z_1}(y, x) - \mu_{Z_1}(x, y) \}$$

Для кожної з альтернатив отримаємо такі значення:

$$\mu_{Q_1}^{no}(x_1) = 1 - \sup_{y \in X} \{ 0 - 1; 0 - 0 \} = 1;$$

$$\mu_{Q_1}^{no}(x_2) = 1 - \sup_{y \in X} \{ 1 - 0; 0 - 0 \} = 0;$$

$$\mu_{Q_1}^{no}(x_3) = 1 - \sup_{y \in X} \{ 0 - 0; 0 - 0 \} = 1$$

Враховуючи результат обчислень, маємо: $\mu_{Q_1}^{no}(x) = [1; 0; 1]$.

Будемо Q_2 (адаптивна згортка відношень R_1)

$$\mu_{Q_1}(x_1, x_1) = 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 1;$$

$$\mu_{Q_1}(x_1, x_2) = 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 1;$$

$$\begin{aligned}\mu_{Q_1}(x_1, x_3) &= 1 \cdot 0.25; \\ \mu_{Q_1}(x_2, x_1) &= 1 \cdot 0.25; \\ \mu_{Q_1}(x_2, x_2) &= 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 1; \\ \mu_{Q_1}(x_2, x_3) &= 1 \cdot 0.25; \\ \mu_{Q_1}(x_3, x_1) &= 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 0.75; \\ \mu_{Q_1}(x_3, x_2) &= 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 0.75; \\ \mu_{Q_1}(x_3, x_3) &= 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.25 + 1 \cdot 0.15 + 1 \cdot 0.1 = 1;\end{aligned}$$

Знаходимо нечітке відношення переваги Q_2 , так звану адитивну згортку відношень $R_j, j=1, 4$, за формулою $Q_2 = \sum_{j=1}^4 w_j f_j(x)$. Значення функції належності згортки $\mu_{Q_2}(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^4 w_k \mu_{R_k}(x_i, x_j)$ як елементи матриці відношення Q_2 помістимо у табл. 7.

Її функцію належності наведено в табл. 7

Таблиця 7

	x_i/x_j	x_1	x_2	x_3
$\mu_{Q_2}(x_i, x_j)$	x_1	1	1	0.25
	x_2	0.25	1	0.25
	x_3	0.25	0.75	1

Для відношення Q_2 знайдемо множину недомінованих альтернатив за формулою:

$$\begin{aligned}\mu_{Q_2}^{no}(x_1) &= 1 - \sup\{(0.25 - 1); (0.75 - 0.25)\} = 0.5; \\ \mu_{Q_2}^{no}(x_2) &= 1 - \sup\{(1 - 0.25); (0.75 - 0.25)\} = 0.25; \\ \mu_{Q_2}^{no}(x_3) &= 1 - \sup\{(0.25 - 0.75); (0.25 - 0.75)\} = 1.\end{aligned}$$

У результаті отримаємо $\mu_{Q_2}^{no}(x_i) = [0.5; 0.25; 1]$.

Останній крок полягає у знаходженні згортки перетину множин Q_i^{no} та Q_2^{no} , тобто $Q_{no} = Q_i^{no} \cap Q_2^{no}$, з функцією належності у вигляді:

$$\mu_{Q_{no}}^{no}(x_i) = \min\{\mu_{Q_i}^{no}(x_i), \mu_{Q_2}^{no}(x_i)\}, \quad i = 1, 3. \quad (7)$$

З урахуванням того, що $\mu_{Q_1}^{no}(x_i) = [1; 0; 1]$, отримаємо $\mu_{Q_{no}}^{no}(x_i) = [0.5; 0; 1]$.

Отже, найкращим вибором у розглянутому випадку є альтернатива x_3 — використання CMS системи.

Висновки. На основі методу багатокритеріального вибору альтернатив з використанням нечіткого відношення переваги обґрунтовано ефективність використання CMS-систем для проектування певного виду електронних видань. У результаті дослідження здійснено постановку та розв'язано задачу розрахунку альтернативного варіанту використання CMS-систем та фреймворків з урахуванням факторів (лінгвістичних змінних) множини Парето, нечітких відношень переваги між факторами в альтернативах та розрахованих значень функцій належності згорток факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пушкар О. І. Сучасні технології електронних мультимедійних видань : моногр. ; за ред. О. І. Пушкаря. — Харків : ВД «ІНЖЕК», 2011. — 296 с.
2. Що таке Zend Framework?: [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://www.phpcoders.org.ua/scho-take-zend-framework/>
3. Гожий А. П. Разработка фреймворка для решения задач многокритериального анализа и принятия решений / А. П. Гожий, И. А. Кобылинский // Пр. Одес. политехн. ун-ту. — 2013. — Вып. 1. — С. 162–168.
4. Д. Томас (Dave Tomas) Д., Д. Х. Хэнссон (David Heinemeier Hansson). Гибкая разработка веб-приложений в среде Rails Д. Томас (Dave Tomas), Д. Х. Хэнссон (David Heinemeier Hansson). — Питер, 2008 г. — 720 с.
5. Заде Л. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем / Л. Заде // Новости искусственного интеллекта. — М. : 2001. — № 2–3. — С. 7–11.
6. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій : підруч. 7-е вид., перероб. та доп. / Ю. П. Зайченко. — К. : Видавничий Дім «Слово», 2006. — 816 с.
7. Бартіш М. Я. Дослідження операцій : Ч. 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. — Львов : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. — 278 с.
8. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявавко. — Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. — 320 с.

REFERENCES

1. Pushkar O. I. (2011). *Suchasni tekhnolohii elektronnykh multymediinykh vydan* : monohrafiia / za red. O. I. Pushkaria. VD «INZHEK», 296 s. Kharkiv (in Ukrainian).
2. The world of Web Programming (2012). *“What is a Zend Framework?”* [Internet resource]. available at: <http://www.phpcoders.org.ua/scho-take-zend-framework>.
3. Gozhij A. P., Kobylinskij I. A. (2013). *Razrabotka frejmvorka dlja reshenija zadach mnokriterial'nogo analiza i prinjatija reshenij* / A. P. Gozhij, I. A. Kobylinskij // Pr. Odes. politehn. un-tu. 2013. Vip. 1. S. 162–168 (in Russian).
4. Tomas D., Hjensson D. H. (2008). *Gibkaja razrabotka veb-prilozhenij v srede Rails* / D. Tomas, D. H. Hjensson., Saint Petersburg, 720 s. (in Russian).
5. Zade L. (2001). *Rol' mjagkih vychislenij i nechetkoj logiki v ponimanii, konstruirovanii i razvitii informacionnyh intellektual'nyh sistem* / L. Zade // Novosti iskusstvennogo intellekta. № 2–3. Moscow. S. 7–11 (in Russian).
6. Zaichenko Iu. P. (2006). *Doslidzhennia operatsii* : pidruchnyk. — 7-me vydannia, pererob. i dop. / Iu. P. Zaichenko. Kyiv : Vydavnychi Dim «Slovo», 816 s. (in Ukrainian).
7. Bartish M. Ia., Dudziany I. M. (2009). *Doslidzhennia operatsii*. Chastyna 3. Ukhvalennia rishen i teoriia ihor / M. Ia. Bartish, I. M. Dudziany. Lviv : Vydavnychi tsentr LNU imeni Ivana Franka, 278 s. (in Ukrainian).
8. Siavavko M. S. (2007). *Informatsiina sistema «Nechitkyi ekspert»* / M. S. Siavavko. Lviv : Vydavnychi tsentr LNU imeni Ivana Franka, 320 s. (in Ukrainian).

THE CHOICE OF ALTERNATIVE SYSTEM FOR THE FORMATION OF EDUCATIONAL ELECTRONIC SOURCES

I. V. Pikh, R. R. Andriiv
*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine
pikhirena@gmail.com*

The innovative approaches towards the elaboration of electronic publications have been considered. The choice of tools on the basis of fuzzy logic methods for publications design has been carried out. The comparative characteristics have been conducted and the features of electronic publication development on the basis of content management system with an open code 'Content Management system (CMS), MVC framework (Model View Controller) -the structural template which describes the method of annex structure building, the sphere of responsibility and interaction of each part of the given structure and HMVC (Hierarchical Model View Controller) framework have been researched. The functional peculiarities of content-administration system have been defined.

Since the output of the task of multicriteria choice the alternatives are the factors of Pareto optimization the main of them have been defined. They are: scalability, operating speed, security, functionality and settings. The factors convolution has been carried out.

Fuzzy preference relation or, so called, additive relation convolution has been calculated.

The result of solving the problem of alternative variant choice of CMS-system and frameworks on the basis of fuzzy preference relation is the calculation of an optimal option for electronic publication design.

Keywords: *CMS-system, MVC framework, HMVC framework, electronic publication, fuzzy logic, factors, alternatives, Pareto optimization, adaptive relation convolution.*

*Стаття надійшла до редакції 26.03.2015.
Received 26.03.2015.*