

УДК 004.051

О. Є. Коваленко

*Інститут проблем математичних машин
і систем НАН України, м. Київ*

ОПТИМІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУР МОДУЛЬНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

В статті обґрунтовується необхідність і пропонується спосіб багатокритерійної оптимізації багаторівневих модульних архітектур для систем електронного навчання. На основі представлення архітектури системи електронного навчання у вигляді ієрархії рівнів, кожному з яких відповідає певний набір функцій і множина засобів реалізації цих функцій, і які взаємодіють між собою за допомогою відповідних інтерфейсів, задача оптимізації формулюється як багатокритерійна. Кожному рівню ставиться у відповідність певний критерій ефективності і за аналізом сукупності показників ефективності застосування різних засобів на відповідних рівнях здійснюється ранжування множин і вибір оптимальної по Парето множини засобів реалізації функцій кожного рівня. Отже можна говорити про оптимальність, у певному розумінні, вибору набору компонентів для системи електронного навчання в цілому.

Ключові слова: *система електронного навчання, багаторівневі відкриті системи, багатокритерійна оптимізація, множина Парето.*

Вступ. Сучасні системи електронного навчання (e-learning) набувають все більшого поширення на різних рівнях освітньої діяльності – від початкової і середньої освіти до систем перепідготовки і підвищення кваліфікаційного рівня фахівців. Різноманітність застосувань систем e-learning обумовлює необхідність врахування особливостей реалізації таких систем:

- різноманітність вимог до реалізації систем e-learning;
- різноманітність стандартних компонентів для побудови систем e-learning;
- дотримання стандартів організації навчального процесу;
- дотримання стандартів побудови навчальних курсів;
- організація розробки нових навчальних курсів і/або доступу до репозиторіїв стандартизованих навчальних курсів за відповідними напрямками знань;
- розмежування навчального контенту і системи управління навчанням;
- організація підтримуючої інфраструктури.

Аналіз стану проблеми. Врахування названих особливостей можливе шляхом застосування компонентного підходу до побудови

систем e-learning на основі багаторівневих архітектур [1]. Компонентний підхід передбачає організацію середовища e-learning на основі стандартних універсальних компонентів мережних технологій, систем управління базами даних і спеціальних компонентів управління навчальним процесом і доставки навчальних курсів студентам, що реалізуються на відповідних рівнях.

Більшість методик оцінювання масштабу систем e-learning, зокрема описана у [2, с.25-37], орієнтовані на визначення розміру баз даних і системних вимог до таких систем виходячи із кількості студентів, робочого навантаження, потрібної продуктивності, фізичного розподілу користувачів. В реальності необхідно враховувати також вже існуючу мережну інфраструктуру, її технічні характеристики та можливості розподілу ресурсів між різними задачами, вимоги, які стосуються результативності і сертифікації результатів навчання та інші специфічні для кожної окремої системи обмеження.

Постановка задачі. Задача розробки системи електронного навчання пов'язана із задоволенням вимог до функціональності навчальної системи і забезпечення її ефективної реалізації. Вимоги до системи електронного навчання можна згрупувати таким чином:

- 1) вимоги до комп'ютерної платформи;
- 2) вимоги до базового програмного забезпечення;
- 3) вимоги до спеціального програмного забезпечення;
- 4) вимоги до комунікацій;
- 5) вимоги до об'ємів пам'яті;
- 6) вимоги до контенту;
- 7) вимоги до методичного забезпечення;
- 8) вимоги до організаційної підтримки.

Вимоги виступають в якості обмежуючих факторів або цільових функцій при реалізації системи e-learning потрібної функціональності і утворюють множину вимог $W = \{w_i \mid i=1, \dots, n\}$.

Найвні альтернативні можливості для задоволення вимог визначаються варіантами комбінацій сумісних компонентів при реалізації систем e-learning. Допустимість використання компонентів для задоволення відповідних вимог може бути визначена матрицею кваліфікацій $V=[v_{ij}]_{m \times n}$, де v_{ij} – уніфікований параметр оцінки можливості використання компоненти j для задоволення вимоги w_i . Якщо вимога i може бути задоволена компонентою j , то $v_{ij} = 1$, в іншому випадку $v_{ij} = 0$.

Потрібно визначити – які компоненти із заданою ефективністю застосування окремої компоненти c_j потрібно використати для задоволення множини вимог W . Параметри ефективності c_j можуть бути задані, виходячи із рекомендацій, викладених у [3]. Оскільки множина вимог може бути слабо формалізована, то необхідно виконати етап формалізації вимог, тобто відобразити множину вимог W у множину критеріїв ефективності реалізації системи $\Phi = \{\varphi_j \mid j = 1, \dots, m\}$.

Цей етап може бути реалізований за участю експертів, які повинні дати кількісну оцінку неформалізованим вимогам, наприклад, у вигляді вагових коефіцієнтів.

Слід використовувати ідентичні показники ефективності кожної з компонент, які приймають участь в оцінюванні, і при необхідності потрібно приводити частковий показник компоненти до прийнятої норми оцінювання.

Вибір оптимальної по Парето архітектури. Оскільки, керуючись показниками ефективності компонентів, потрібно обрати найкращий набір компонентів з поміж багатьох доцільно привести задачу до багатокритерійної задачі прийняття рішення. Множина вибору альтернатив матиме вигляд:

$$\Omega = \left\{ X^1(\varphi_1^1, \varphi_2^1, \dots, \varphi_m^1), X^2(\varphi_1^2, \varphi_2^2, \dots, \varphi_m^2), \dots, X^n(\varphi_1^n, \varphi_2^n, \dots, \varphi_m^n) \right\}, \quad (1)$$

де X^i – альтернатива, $i = 1, \dots, n$; φ_j^k – значення j -го критерію для альтернативи X^k , $j = 1, \dots, m$.

Враховуючи неоднозначність різних альтернатив (комбінацій компонентів) при різних умовах використання і, відповідно, відмінних вимогах та їх важливості слід оцінювати альтернативи виходячи із балансу критеріїв, які характеризують стан (ефективність) системи, коли значення кожного окремого критерію, що характеризує стан системи не може бути покращено без погіршення стану інших критеріїв. Такий підхід відповідає принципу Парето, який говорить, що будь-які зміни, які не наносять шкоди і покращують деякі показники є позитивними. Тоді ефективність по Парето – це ситуація, коли вичерпані всі можливості покращення одних показників без погіршення інших. Відповідно, множину конфігурацій системи, оптимальних по Парето називають “множиною Парето”, або “множиною альтернатив, оптимальною по Парето”, або “множиною оптимальних альтернатив”.

Згідно з [4] багатокритерійний вибір по Парето визначається функціоналом оцінки ефективності реалізації різних альтернатив системи:

$$C(\Omega) = \{x \in \Omega \mid \forall i \in \{1, \dots, m\} [x_i \geq y_i]\}, \quad (2)$$

де Ω – множина альтернатив; $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ – векторна оцінка альтернативи $x \in \Omega$.

Такий вибір дає декомпозицію вихідної багатокритерійної задачі: спочатку визначається область компромісних рішень (множина Парето) X^0 , а потім за допомогою деякого математичного методу остаточний вибір X^* здійснюється вже з X^0 .

Таким математичним методом доцільно узяти турнірний механізм. Вхідною інформацією для турнірного механізму є множина альтернатив Ω та множина відношень переваги R , яка є результатом вибору по Парето.

Найкраща альтернатива згідно цьому механізмові визначається із оцінки ефективності:

$$C_T = \{x \mid x \in X, x = \arg \max f(x)\}, \quad (3)$$

де

$$f(x) = \sum f_R(x, y), \quad (4)$$

де

$$f_R(x) = \begin{cases} 1, & xRy, y\bar{R}x \\ 0, & x\bar{R}y, yRx \\ 1/2, & xRy, yRx \text{ або } x\bar{R}y, y\bar{R}x. \end{cases} \quad (5)$$

Тобто спершу з отриманих відношень R і (5) будуємо таблицю значень $f_R(x)$, потім отримуємо суму $f(x)$ для кожної альтернативи, і альтернативи, яким відповідатиме найбільше значення цієї суми будуть оптимальними.

Перехід від матриці кваліфікацій V і ефективностей використання C до числових значень критеріїв Φ здійснюється наступним чином:

$$\varphi_i = \frac{\zeta_i}{\sum_{j=1}^n c_j}, \quad (6)$$

де φ_i – нормована оцінка i -тої компоненти,
 ζ_i – ненормована оцінка i -тої компоненти:

$$\zeta_i = \sum_{j=1}^n (v_{ij} \cdot c_j). \quad (7)$$

Загальний показник ефективності Φ (X^i) альтернативи X^i можна визначити як суму:

$$\Phi^i = \sum_{j=1}^n \varphi_j^i. \quad (8)$$

Порівнюючи кінцеві оцінки Φ^{ai} можна зробити остаточний вибір оптимальних конфігурацій компонентів системи електронного навчання.

Висновок. Запропонована в статті модель оцінки альтернатив конфігурацій систем електронного навчання і методика застосування моделі при оптимізації таких систем дозволяє реалізувати об'єктивний механізм вибору оптимальних альтернатив конфігурацій в умовах часткової невизначеності або зміни системних вимог.

Програмна реалізація запропонованої методики може бути використана як аналітичний компонент у системах підтримки прийняття рішень відповідного призначення при обґрунтуванні вибору кон-

фігурацій інформаційних систем та в системах управління проектами при створенні і супроводженні інформаційних систем.

Список використаних джерел:

1. Коваленко О. Є. Архітектура модульних систем дистанційного навчання // Актуальні проблеми економіки. – 2007. – № 12. – С.172-176.
2. IBM Lotus Learning Management System Handbook / Mike Ebbers, Christina Bischoff, Danny Bult, Dag Oliver, Edwin Steenvoorden, Sebastian Thom-schke. – International Technical Support Organization, 2003. – 466 p.
3. Kovalenko O. Efficiency of Corporate Electronic Learning // Управленски, информационни и маркетингови аспекти на икономическото развитие на балканските страни: Сборник доклади от международна научна конференция. – 4 ноември 2005. – София: Университет за национално и световно стопанство. – 2005. – С.197-208.
4. Тоценко В. Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – К.: Наукова думка, 2002 – 381 с.

In the article a necessity of multi-objective optimization of multilevel modular architecture for e-learning systems is grounded and the method of such optimization realization is offered. On the basis of presentation of the e-learning system architecture as a hierarchy of levels, to each of which the specified set of functions and set of tools of these functions realization corresponds, and which co-operate by the proper interfaces, the task of optimization is formulated as a multi-objective. The specified criterion of efficiency associates with every level and after the analysis of aggregate of different tools application efficiency characteristics on the proper levels carried out set ranking and choice of optimum Pareto set of functions realization tools of every level. Therefore we can to talk about an optimum choice, in the certain understanding, of set of components for the e-learning system on the whole.

Key words: *E-learning system, multilevel open systems, multi-objective optimization, Pareto set.*

Отримано: 05.06.2008