

## ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

УДК 519.68

<sup>1</sup>Ю.М.Тесля, <sup>1</sup>А.О.Білощицький, <sup>2</sup>Є.Ю.Катаєва, <sup>1</sup>І.В.Меркушева

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕГРОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УПРАВЛІННЯ ВИЩИМИ НАВЧАЛЬНИМИ ЗАКЛАДАМИ**

*Розроблено математичну модель інтеграції засобів інформаційних технологій управління ВНЗ та управління проектами ВНЗ в єдине інтегроване технологічне середовище. Виконано оптимізацію наповнення та процесів обробки інформації в інтегрованому технологічному середовищі.*

**Ключові слова:** *Управління ВНЗ, управління проектами ВНЗ, інформаційна технологія, інтегроване технологічне середовище*

#### **Постановка проблеми**

Основні тенденції розвитку освіти в Україні ґрунтуються на трьох взаємопов'язаних соціально-економічних і політичних чинниках:

- змінах у соціально-економічній формації України;
- наявних тенденціях глобалізації ринків, діяльності і інформації;
- процесах європейської інтеграції, що в освіті полягає в приєднанні до Болонського процесу.

Процеси радикальних змін в економіці і суспільстві, перехід на ринкову і багатоукладну економіку висувають нові завдання перед вищими навчальними закладами (ВНЗ). У першу чергу підвищення ефективності управління через удосконалення процесів інформатизації всіх видів діяльності у ВНЗ.

Виходячи з необхідності вирішення нагальних сьогоденних завдань діяльності ВНЗ, і задач, орієнтованих на майбутнє – на розвиток ВНЗ виникає потреба в створенні і впровадженні таких інформаційних технологій, які міститимуть технологічні компоненти реактивного і проактивного управління ВНЗ [1].

В цьому зв'язку важлива розробка такої методології проектування інформаційних технологій, яка б дозволила інтегрувати в єдиному середовищі дії із забезпечення поточної діяльності ВНЗ (операційна діяльність) і дії, спрямовані на його розвиток (проектна діяльність).

Наявність невирішених проблем із інтеграції різнопланових інформаційних технологій в єдине технологічне середовище ВНЗ і нагальна проблема

їх розв'язання зумовили актуальність наукових досліджень, яким присвячена ця стаття.

#### **Аналіз останніх досліджень**

Реалії сьогоденної ситуації в економіці України й світу в цілому диктують ВНЗ певні вектори діяльності, які пов'язані як з виживанням, так і розвитком. Світовий досвід показує, що єдиним універсальним підходом до рішення величезної кількості завдань є інформатизація всіх процесів, в першу чергу процесів управління. Необхідна перебудова та вдосконалення процесу управління ВНЗ, в тому числі і за рахунок впровадження інформаційних систем і технологій [2].

Для ефективного управління розвитком в умовах функціональної організації ВНЗ застосовуються інформаційні технології, орієнтовані на матричну організацію процесів управління всіма видами діяльності [3]. Такі інформаційні технології мають досягати цілей розвитку (реалізації проектів розвитку) і цілей діяльності (пов'язаних із підготовкою фахівців та науковими дослідженнями) на базі ефективної організації дій управлінських служб з формування інформаційного ресурсу систем управління ВНЗ. Але матричні інформаційні технології орієнтовані на узгодження дій по ортогональним напрямкам діяльності – спрямованими на забезпечення функціонування та розвиток організаційно-технічних систем. В питанні створення інформаційних систем і технологій у ВНЗ мова йде не лише про узгодження дій за вказаними напрямками, але й про інтеграцію різнопланових інформаційних технологій і систем в єдине

інтегроване технологічне середовище ВНЗ. Виникає необхідність інтеграції в єдине технологічне середовище методів і засобів автоматизації функцій управління проектами розвитку ВНЗ та функцій розрахунку обсягів навчальної роботи студентів і викладачів, планування навчального процесу, навчання та контролю знань студентів та інших [2-6]. Як показав аналіз автоматизація цих функцій поки що виконувалась не в рамках створення єдиного технологічного середовища, а в рамках вирішення функціональних задач ВНЗ і без зв'язку із системами управління проектами розвитку ВНЗ.

### Формулювання цілей статті

Незважаючи на значний обсяг роботи, виконаний зі створення інформаційних систем і технологій у ВНЗ, на існування значної кількості розроблених програмних засобів, питання створення інтегрованого технологічного середовища не отримало, поки що, не має належного теоретичного обґрунтування.

Таким чином проблема створення єдиного технологічного середовища є потрібною, актуальною і складною. І для її вирішення існуючі теоретичні побудови матричних інформаційних технологій необхідно адаптувати до специфіки управління ВНЗ [3]. Це і є метою даної роботи.

### Основний матеріал дослідження

Об'єднання процесів управління поточними задачами ВНЗ та процесів його розвитку в єдину систему потребує за належної інформатизації ВНЗ, інтеграції різних інформаційних технологій. Зокрема, технологій: управління господарською діяльністю ВНЗ, управління навчальним навантаженням, планування навчального процесу, розрахунку розкладу, управління науково-дослідними роботами, автоматизованого навчання та тестування, управління проектами ВНЗ та ін. В цьому випадку можна говорити про створення інтегрованого технологічного середовища системи управління ВНЗ, яке міститиме необхідні компоненти, що реалізують методи і засоби розв'язання задач у цих напрямках. Оскільки таке середовище є досить складним то виникає задача оптимізації процесів переробки інформації в інтегрованому технологічному середовищі (ІТС) при вирішенні задач оперативного управління ВНЗ та управління проектами його розвитку.

Сформулюємо задачу оптимізації процесів переробки інформації в інтегрованому технологічному середовищі систем управління ВНЗ.

Оскільки отримання інформації для управління ВНЗ асоціюється з успішною реалізацією технологічних компонентів і прийняттям оптимальних управлінських рішень, а неотримання знижує ефективність і якість цих рішень, і відповідно, погіршує показники діяльності ВНЗ, в моделі оптимізації використаємо функцію штрафу за несвоєчасне або неповне наповнення об'єктів ІТС:

$$Ш = c_n \cdot \sum_{q_i^n \in Q^n} \alpha_i(t(q_i^n)) \cdot E_n(t(q_i^n)) + \quad (1)$$

$$+ c_o \cdot \sum_{q_j^o \in Q^o} \alpha_j(t(q_j^o)) \cdot E_o(t(q_j^o)) \rightarrow \min,$$

за таких обмежень:

$$t(q_j^o) > t^0(q_j^o); t(q_i^n) > t^0(q_i^n); \sum_{q_i^n \in Q^n} S(q_i^n) + \sum_{q_j^o \in Q^o} S(q_j^o) \leq S_{max}$$

де  $Ш$  - функція штрафу;  $\alpha_i(t(q_i^n))$  – коефіцієнт погіршення якості інформації для управління проектами розвитку ВНЗ через зменшення термінів її отримання (в момент  $t(q_i^n)$ );  $E_n(t(q_i^n))$  – розмір втрат, пов'язаних з неотриманням інформації для управління проектами розвитку ВНЗ до моменту  $t(q_i^n)$ ;  $c_n$  – коефіцієнт важливості критерію, який представлено функцією втрат  $E_n(t(q_i^n))$ ;  $\alpha_j(t(q_j^o))$  – коефіцієнт погіршення якості інформації, що використовується для управління проектами розвитку ВНЗ, через зменшення термінів її отримання (в момент  $t(q_j^o)$ );  $E_o(t(q_j^o))$  – розмір втрат, пов'язаних з неотриманням інформації для управління поточною діяльністю ВНЗ до моменту  $t(q_j^o)$ ;  $c_o$  – коефіцієнт важливості критерію, що виражається функцією втрат  $E_o(t(q_j^o))$ ;  $t^0(q_j^o)$  – час надходження вхідних даних, необхідних для наповнення об'єкта ІТС  $q_j^o$  (час отримання інформації для управління поточною діяльністю ВНЗ);  $t^0(q_i^n)$  – час надходження вхідних даних, необхідних для наповнення об'єкта ІТС  $q_i^n$ ;  $S(q_i^n)$  – витрати на наповнення  $q_i^n$ ;  $S(q_j^o)$  – витрати на наповнення  $q_j^o$ ;  $S_{max}$  – витрати на систему управління ВНЗ.

Функції витрат визначаються як різниця в якості рішень (і відповідно професійного рівня випускників ВНЗ), які можуть бути отримані в результаті використання засобів інтегрованого технологічного середовища системи управління ВНЗ:

$$E_n(t(q_i^n)) = \Phi_n(t(q_i^n) = \infty) - \Phi_n(t(q_i^n) < t_{max});$$

$$E_o(t(q_j^o)) = \Phi_o(t(q_j^o) = \infty) - \Phi_o(t(q_j^o) < t_{max}),$$

де  $\Phi_n(t(q^n))$  – цільова функція, що визначає вплив ІТС на якість рішень з управління проектами розвитку ВНЗ;  $\Phi_o(t(q^o))$  – цільова функція, що визначає вплив ІТС на якість рішень з управління поточною діяльністю ВНЗ

$$\Phi_n = \sum_{G_i} (s(F_i^*) + s(M_i^*) + s(R_i^*) + s(N_i^*)) - \alpha(G_i) * (t - t_i^0) + \beta(G_i) \rightarrow \min$$

за таких обмежень:

$$\sum_{G_i} \sum_{F_i^*, M_i^*, R_i^* \in G_i} [s(F_i^*) + s(M_i^*) + s(R_i^*)] \leq S_0;$$

$$G; L(F_i^*),$$

де  $G_i$  – проект розвитку ВНЗ;  $s(F_i^*)$  – витрати на інформаційні ресурси;  $s(M_i^*)$  – витрати на технічне і програмне забезпечення;  $s(R_i^*)$  – витрати на персонал;  $s(N_i^*)$  – накладні витрати;  $\alpha(G_i^*)$  – вигоди від проекту розвитку ВНЗ;  $\beta(G_i^*)$  – витрати на створення компонентів ІТС;  $t_i^0$  – термін реалізації проекту  $G_i$ ;  $t$  – поточний момент часу;  $L(F_i^*)$  – послідовність виконання дій з формування інформаційного ресурсу в проекті розвитку ВНЗ;  $S_0$  – допустимі витрати на розвиток ВНЗ.

$$\Phi_o = \sum_Z [s(F_j^*) + s(M_j^*) + s(R_j^*) + s(N_j^*) - s(P_j^*)] \rightarrow \min$$

за таких обмежень:

$$\sum_Z [s(F_j^*) + s(M_j^*) + s(R_j^*) + s(N_j^*)] \leq S_o, Z, L(F_j^*)$$

де  $Z$  – задача поточної (операційної) діяльності ВНЗ;  $s(P_j^*)$  – цінність інформації, яку отримано для управління поточною (операційною) діяльністю ВНЗ;  $S_o$  – допустимі витрати на експлуатацію компонентів управління поточною діяльністю ВНЗ.

Цінність інформації  $q_i$  у момент  $t(q_i)$  приймемо рівною протилежному значенню функції штрафу:

$$\Phi(t(q_i), q_i) = -c_n \cdot \alpha_i(t(q_i)) \cdot E_n(t(q_i)) - c_o \cdot \alpha_i(t(q_i)) \cdot E_o(t(q_i)). \quad (2)$$

Таким чином, це дає змогу визначити «важливість» інформаційних компонентів ІТС.

Тепер потрібно формалізувати склад засобів, що входять до ІТС.

Інформаційне наповнення інтегрованого технологічного середовища (ІНІТС) може бути подане сукупністю інформаційних змінних, зв'язаних між собою функціональними залежностями. Визначимо математичну структуру ІНІТС.

Нехай  $A = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_b, \dots, \xi_m\}$  – множина інформаційних змінних ІНІТС,  $I = \{i(\xi_1), i(\xi_2), \dots, i(\xi_m)\}$  – множина значень інформаційних змінних (множина даних),

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_x\}$  – множина інформаційних функцій (відношень між змінними). У загальному вигляді

$$i(\xi_{j0}) = f_j(i(\xi_{j1}), i(\xi_{j2}), \dots, i(\xi_{jn})),$$

при

$$\xi_{j0} = f_j(\xi_{j1}, \xi_{j2}, \dots, \xi_{jn}).$$

Для розробки ефективної ІТС необхідно об'єднати ці елементи в обмежену кількість груп і розробити раціональну схему їх означення (формування значень).

У сукупності інформаційних змінних можна завжди знайти такі підмножини, означення яких створює нову якість в ІТС. Так, реалізація інформаційної функції  $\xi_{j0} = f_j(\xi_{j1}, \xi_{j2}, \dots, \xi_{jn})$  можлива тільки при означенні інформаційних змінних  $\xi_{j1}, \xi_{j2}, \dots, \xi_{jn}$ . Таким чином, сукупність інформаційних змінних  $\xi_{j1}, \xi_{j2}, \dots, \xi_{jn}$  створює нову якість в ІНІТС – якість спільності дії.

Сукупність інформаційних змінних, означення яких забезпечує формування закінченого інформаційного продукту або є закінченим інформаційним продуктом, будемо називати **об'єктом ІНІТС** або просто **інформаційним об'єктом**.

Сукупність інформаційних об'єктів подамо у вигляді множини

$$Q = \{Q_s, s = \overline{1, y}\}.$$

Опис відосблених етапів технологічного процесу формування значень змінних інформаційних об'єктів через реалізацію інформаційних функцій подамо за допомогою множини інформаційних операторів. Як оператори, можуть бути подані окремі операції технологічного процесу перетворення інформації або алгоритми, що реалізують процедури обробки інформації на множині об'єктів ІНІТС.

Сукупність інформаційних операторів подамо у вигляді множини  $P = \{p_b\}, b = \overline{1, d}$ .

**Визначення 1.** Витрати на реалізацію інформаційного оператора дорівнює вартості отримання нової інформації:

$$S(p_b) = S(i(A_{auxid}) = p_b(i(A_{auxid}))).$$

**Визначення 2.** Зі збільшенням кількості аргументів інформаційних функцій, що входять до інформаційного оператора, вартість його реалізації збільшується.

Виникає задача побудови такої схеми реалізації операторів, що забезпечує найбільш ефективне означення ІНІТС. При матричній організації інтегрованого технологічного середовища виникають типові схеми реалізації інформаційних

операторів. Більш високий рівень композиції сутностей предметної області управління ВНЗ дозволить спростити теоретичну модель ІТС. Для цього типовий фрагмент технології наповнення об'єктів ІНІТС подамо як структурну одиницю ІТС–процедуру ІТС.

**Визначення 3.** Процедура ІТС (далі просто процедура) – це технологічно - орієнтована сукупність залежних інформаційних об'єктів і операторів, що формують закінчений інформаційний продукт і є структурним елементом ІТС.

Сукупність процедур подамо у вигляді множини

$$M = \{M_j, j = \overline{1, r}\}.$$

**Процедура ІТС** – це модель типового (технологічно - орієнтованого) фрагменту ІТС. Його можна подати сукупністю взаємозв'язаних інформаційними операторами інформаційних об'єктів

$$M = \langle Q, P \rangle.$$

Управління процедурами ІТС забезпечується цілями і ситуацією в ній і подається через реалізацію системи зв'язків між процедурами. Сукупність зв'язків процедур подамо у вигляді множини

$$U = \{u_v, v = \overline{1, g}\}.$$

Отже, можна формально визначити ІТС як двійку

$$T = \langle M, U \rangle.$$

**Ефективна організація ІТС** – це організація, яка визначає таку сукупність і порядок реалізації процедур, для якої

$$\sum_{i=1}^y [\Phi(t_a, Q_i) - \sum_{f_{ij} \in P_j, Q_i = f_{ij}(A_{exid})} S_i(p_j)] \rightarrow \max, \quad (3)$$

за таких обмежень:

1. Множина зв'язків ( $U$ ) між об'єктами ІНІТС.
2.  $\forall t$ :

$$\sum_{\text{активним } p_j} S_i(p_j) \leq S_0,$$

де  $\Phi(t_a, Q_i)$  – ціна наповнення об'єкта ІНІТС  $Q_i$  в момент  $t_a$ ;  $S_i(p_j)$  – витрати на реалізацію інформаційного оператора  $p_j$ , що забезпечує наповнення об'єкта ІНІТС  $Q_i$ ;  $A_{exid}$  – вхідні дані.

Для досягнення поставлених цілей (3) необхідно:

а) визначити час наповнення ІНІТС таким чином, щоб значення  $\Phi(t_a, Q_i)$  було максимальним;

б) зменшити витрати на реалізацію інформаційних операторів шляхом створення структури ІТС з найбільш типовим і незалежним від функціональних задач складом процедур (виділення

обмеженої кількості інформаційних операторів і об'єктів призведе до створення більш «компактної» структури матриці, що, у свою чергу, зменшить витрати на створення програмно-інформаційних засобів ІТС).

**Визначення 4.** Будемо вважати об'єднання інформаційних функцій  $f_{i1}, \dots, f_{ik}$  в інформаційний оператор  $p_d$  **раціональним**, якщо

$$\sum_{i=1}^y \sum_{f_{ij} \in P_j, Q_i = f_{ij}(A_{exid}), p_j \langle \rangle p_d, f_r \in P_d, Q_i = f_r(A_{exid})} S(p_j) + \sum_{f_r} S(f_r) - \sum_{i=1}^y \sum_{f_{ij} \in P_j, Q_i = f_{ij}(A_{exid})} S(p_j) > 0.$$

**Визначення 5.** Будемо вважати об'єднання інформаційних функцій  $f_{i1}, \dots, f_{ik}$  в інформаційний оператор  $p_d$  **оптимальним**, якщо для будь-якої множини інформаційних операторів  $P_b$ , що не включають  $p_d$  і реалізують наведені функції:  $S(P_b) \geq S(p_d)$ .

**Теорема 1.** Об'єднання інформаційних функцій  $f_{i1}, \dots, f_{ik}$  в інформаційний оператор  $p_i$  раціональне, якщо  $\exists Q_x, Q_y, Q_z$ :  $Q_x = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k \rangle$ ;  $Q_y = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, A_y \rangle$ ;  $Q_z = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, A_z \rangle$ , і  $\xi_1 = f_1(A_{exid})$ ;  $\xi_2 = f_2(A_{exid})$ ; ...  $\xi_k = f_k(A_{exid})$ ;  $A_y = F_y(A_{exid})$ ;  $A_z = F_z(A_{exid})$ .

Вартість наповнення  $Q_x, Q_y, Q_z$ :

$$\sum_{t=1}^k S(f_t) + \sum_{t=1}^k S(f_t) + S(F_y) + \sum_{t=1}^k S(f_t) + S(F_z) = 3 \cdot \sum_{t=1}^k S(f_t) + S(F_y) + S(F_z).$$

$$\text{З визначення 1: } S(p_i) = \sum_{t=1}^k S(f_t).$$

При виділенні інформаційного оператора  $p_i$ , що формує значення об'єктів  $Q_x, Q_y, Q_z$ , отримаємо:

$$S(p_i) + S(F_y) + S(F_z) = \sum_{t=1}^k S(f_t) + S(F_y) + S(F_z) <$$

$$< 3 \cdot \sum_{t=1}^k S(f_t) + S(F_y) + S(F_z).$$

За визначенням 4 такий оператор є раціональним.

Теорему доведено.

**Теорема 2.** Для отримання раціональних інформаційних операторів досить виділення в ІНІТС груп інформаційних змінних, які є аргументами різних інформаційних функцій.

Нехай

$$Q_x = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k \rangle;$$

$$Q_y = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, A_y \rangle;$$

$$Q_z = \langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, A_z \rangle \text{ і}$$

$$\xi_1 = f_1(A_1); \xi_2 = f_2(A_2); \dots \xi_k = f_k(A_k), A_1 \cap \dots \cap A_k \cap A_x \neq \emptyset.$$

Виділимо інформаційний оператор

$$P_x: P_x = \langle f_1, f_2, \dots, f_k \rangle, \xi_x = P_x(A_x).$$

Тоді

$$\xi_1 = f_1((A_1 \cap \bar{A}_x) \cup \xi_x); \xi_2 = f_2((A_2 \cap \bar{A}_x) \cup \xi_x); \dots$$

$$\dots \xi_k = f_k((A_k \cap \bar{A}_x) \cup \xi_x).$$

З умови теореми  $n(A_x) > 1$ . Значить,  $n((A_1 \cap \bar{A}_x) \cup \xi_x) < n(A_1)$ . Тоді через різницю в кількості інформаційних змінних за визначенням 2:

$$S(f_i) > S(f'_i), \forall i = \bar{1}, \bar{k}.$$

Теорему доведено.

Наслідком цієї теореми є необхідність виділення в ІНІТС груп інформаційних змінних, які використовуються для формування значень різних інформаційних об'єктів. Це дозволяє сформувати такий інформаційний зміст процедур, який би забезпечував досягнення хорошого результату відносно виразу (2). Що в свою чергу дозволяє інтегрувати компоненти технологічного середовища систем управління ВНЗ в єдине ціле. Що і є першим кроком при розробці раціональної структури ІТС.

### Висновки і перспективи подальших досліджень

Розроблена математична модель інтеграції засобів інформаційних технологій управління ВНЗ в єдине інтегроване технологічне середовище ВНЗ. Виконано оптимізацію наповнення та процесів обробки інформації в інтегрованому технологічному середовищі. В рамках подальших досліджень планується розробити методи формування раціональної схеми дій в ІТС.

### Список літератури

1. Бушуева Н.С. *Модели и методы проактивного управления программой организационного развития: Монография.* – К.: Наук. світ, 2007. – 200 с.
2. Биков В.Ю. *Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології: Колективна монографія / В.Ю. Биков, Гриценчук О.О., Жук Ю.І. та ін.//* – К.: Атака, 2005. – 252 с.
3. Тесля Ю.Н. *Система задач и структура матричной информационной технологии управления высшим учебным заведением/ Ю.Н.Тесля, И.И. Оберемок//Вісник ЧПІ, 1999. - №2.- С. 8-12.*
4. Катаева С.Ю. *Модель інформаційної взаємодії в орієнтованих на управління навчальним процесом системах*

контролю знань і навчання/С.Ю.Катаева// *Радіоелектроніка та інформатика.* – 2003. – № 1 – С. 134–137.

5. Мисник Л.Д. *Критерії і структура управління навчальними та тестовими технологіями в вищих навчальних закладах України.* /Л.Д.Мисник// *Харків: Східно-Європейський журнал передових технологій, №4(34) – 2008. – С. 29-32.*

6. Полицук В.Т. *Дослідження нормативів та управління розрахунками навчального навантаження у вищому закладі освіти / В. Полицук, Ю. Тесля, Ю. Триус, К. Левківський // Вища шк. — 2006. — N 1. — С. 35-52.*

Стаття надійшла до редколегії: 30.01.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Д.Бушуєв, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.