

**Горчакова І.А., к.п.н., доц.
ДВНЗ "Донецький національний технічний університет"
м.Донецьк**

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЕКОНОМІЧНОГО ОБ'ЄКТУ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКІВ

Представлено нове вирішення актуальної проблеми побудови комплексу економіко-математичних моделей пошуку оптимального рішення організації функціонування інформаційних систем економічного об'єкту з урахуванням ризику.

Економіко-математичні моделі, багатоцільова багатокритеріальна задача, інформаційно-сервісна система.

Представлено новое решение актуальной проблемы построения комплекса экономико-математических моделей поиска оптимального решения по организации функционирования информационных систем с учетом риска.

Экономико-математические модели, многоцелевая многокритериальная задача, информационно-сервисная система.

A new solution of the actual problem of building complex economic and mathematical models for finding the optimal solutions for the organization of information systems, taking into account risk, is offered.

Economic-mathematical models, multi multicriteria problem, information service system.

Системні перетворення в економіці України, її інтенсивна інтеграція у світовий економічний простір вимагають значних інвестицій у розвиток інформаційних систем (ІС) на підприємствах. Швидкі темпи розвитку інформаційних технологій, поява нових концепцій у сфері управління інформацією, втілені в програмних продуктах, не тільки впливають на розвиток самих інформаційних систем, а й великою мірою визначають зміни в структурі підприємства, його цілей і методів роботи. Таким чином, розвиток інформаційних систем впливає не тільки на технічні й інформаційні, але й на соціальні та економічні аспекти діяльності підприємств. Стабільність функціонування інформаційної системи значною мірою визначає стабільність діяльності всього підприємства. З огляду на це актуальними завданнями є розробка й визначення методів оцінки й управління ризиками інформаційних систем.

Проблемам організації й управління інформаційними системами присвячені праці вітчизняних учених Бандоріної Л.М., Бондаренко О.О.,

Боцян Т.В., Вітько О.В., Галіцина В.К., Єлисеєва Д.О., Золотарьової Т.М., Іванової М.М., Касьяненко В.А., Куценко С.П., Лазаревої С.Ф., Лутай А.П., Мірошника Л.Г., Оліфірова О.В., Останкіної Н.В., Ситника В.Ф., Смирнової В.В., Смолія Я.В., Татарінова Е.А., Ткачука М.В., Черних О.О., Шинкар С.М., а також ряду закордонних дослідників Альбрехта А., Девераджа С., Дрейка В., Друкера П., Елашкіна М., Скрипкіна К., Кадушину А., Кохлі Р., Михайлової Н., Савкіна К., Страссмана П., Позднякова М., Полякова А., Фрідена Р.

Дослідженням методів оцінки й управління ризиками різних, у тому числі й інформаційних систем, а також дослідженнями питань прийняття рішень в умовах невизначеності присвячені труди вітчизняних науковців таких як Брегман Л.М., Верченко П.І., Вітлінський В.В., Жуковський В.І., Ларичев Л.А., Молоствов В.С., Наконечний С.І., Петросян Л.А., Сігал А.В., Фокін І.М., Шарапов О.Д. та інших.

Не зважаючи на великий обсяг публікацій, присвячених проблемам управління й оптимізації ІС, питання оцінки ефективності й управління ризиками ІС розглянуті недостатньо. Все зростаюча інтеграція ІС і їхній вплив на всілякі аспекти роботи підприємств, в тому числі економічні, соціальні, технічні, вимагають розвитку існуючих і розробки нових методів оцінки ефективності та управління ризиками. Таким чином, проблема вдосконалення й розробки економіко-математичних методів оцінки ефективності та управління ризиками ІС є актуальною й визначає вибір теми дослідження, його мету та завдання.

Метою дослідження є побудова комплексу економіко-математичних моделей оптимального функціонування ІС економічного об'єкту, а також визначення, оцінка й управління специфічними ризиками функціонування ІС.

При розгляді сучасних підходів щодо організації ІС економічного об'єкту було виявлено, що існує зв'язок між організаційною структурою підприємства та його ІС. При цьому було встановлено, що організаційна структура підприємства є основним чинником, що визначає як структуру ІС підприємства, так і завдання, які ставляться перед ІС та інформаційною службою підприємства. Особливу увагу було приділено питанню побудови організаційної структури на основі концепції бізнес-процесів та зв'язку таких організаційних структур й інформаційних потоків.

Аналіз існуючих підходів до визначення структури ІС [1] дає можливість виокремити три основні компоненти: технічні рішення, інформаційне забезпечення й користувачі. Вплив і значення перших двох компонентів на результати функціонування ІС розглянуті досить повно у вітчизняній науковій літературі [2]. Однак взаємозв'язок всіх трьох компонентів і їхній взаємний вплив на кінцевий результат функціонування ІС вимагає додаткового розгляду.

Проведений аналіз існуючих методів оцінки економічної

ефективності ІС дає змогу класифікувати їх й виокремити три групи методів: проектні, витратні й процесні. Проектні методи достатньо вивчені й в основу їх покладена концепція дисконтування грошового потоку. Витратні методи дозволяють розраховувати повні витрати, пов'язані з використанням ІС. Процесні методи засновані на концепції представлення функціонування підприємства як сукупності процесів, при цьому серед множини всіх процесів виділяють окремі процеси, що визначають роботу ІС. Проведено паралель між процесним підходом та концепцією ІСС, що дозволило визначити зв'язок між процесами та функціонуванням ІСС.

На основі проведеного аналізу були визначені методологічний базис, сформульовані гіпотези та виявлені передумови дослідження. Методологічний базис дослідження наведено на рис. 1.



Рис. 1. Методологічний базис дослідження

Передумови побудови комплексу моделей функціонування ІС економічного об'єкту:

1) інформаційний сервіс відображає техніко-соціально-економічний характер функціонування ІС економічного об'єкту. При цьому параметри інформаційного сервісу можна поділити на техніко-організаційну та економічну складові. Реалізація інформаційного сервісу несе у собі ризики, у тому числі й економічний ризик;

2) інформаційний сервіс є сполучною ланкою між інформаційною службою та бізнес-підрозділами економічного об'єкту. Такий зв'язок встановлюється через параметри інформаційного сервісу;

3) на рівні інформаційної служби техніко-організаційні параметри інформаційного сервісу є ендогенними факторами, а економічний параметр – екзогенним. На рівні бізнес-підрозділу економічний параметр є

ендогенним фактором, а дохід від використання інформаційного сервісу – екзогенним.

На основі розгляду існуючих витратних моделей запропоновано комбінацію методів оцінки сукупної вартості володіння (СВВ) та функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Такий підхід дає змогу одночасно використовувати переваги обох.

Принципова схема об'єднання моделі ФВА та СВВ наведена у вигляді схеми на рис. 2.

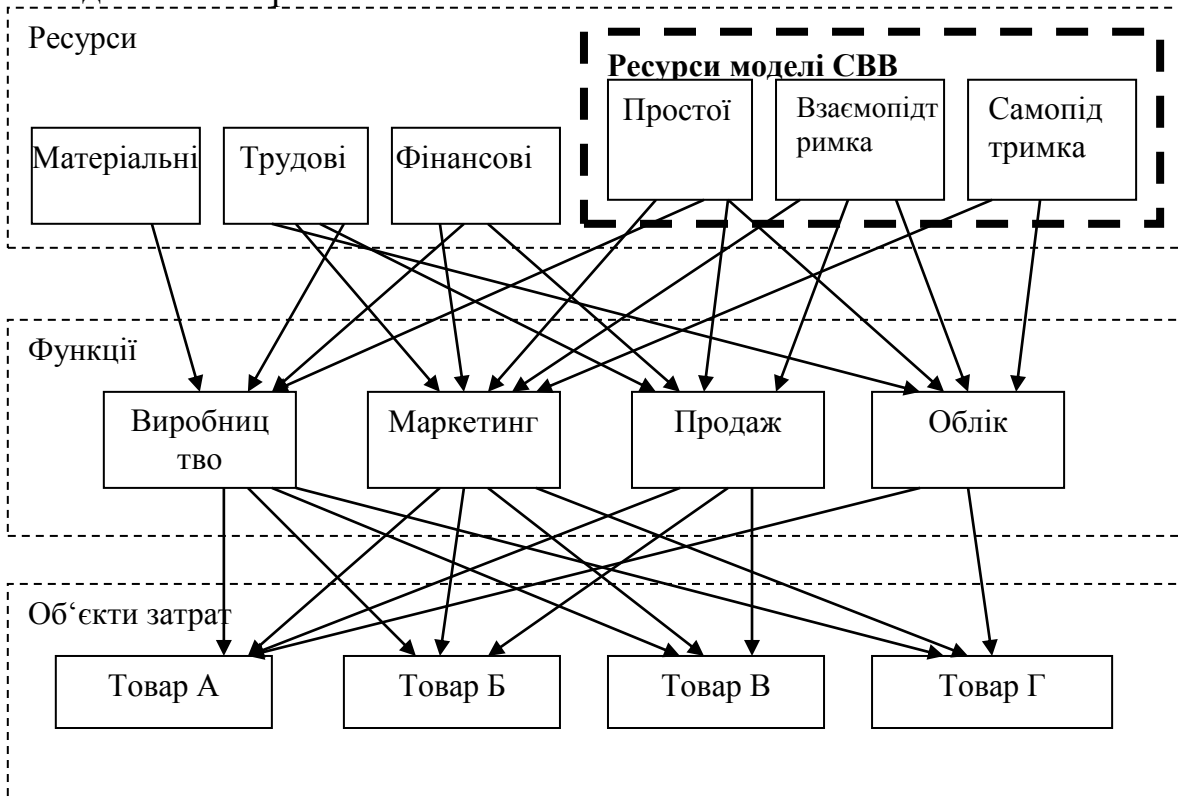


Рис. 2. Принципова схема поєднання моделей ФВА та СВВ

Позначимо через вектор-рядок $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – ресурси, використовувані на підприємстві, через вектор-рядок $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ – функції, які виконуються на підприємстві, через вектор-рядок $C = (c_1, c_2, \dots, c_l)$ – об'єкти витрат підприємства.

Визначимо матрицю $A = (a_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$, значень чинників споживання j -ою функцією i -го ресурсу і матрицю $B = (b_{jk})$, $j = 1, 2, \dots, m$, $k = 1, 2, \dots, l$ значень чинників споживання k -м об'єктом витрат j -ої функції.

Тоді маємо:

$$R \cdot K \cdot A = F, \quad (1)$$

де R – вектор ресурсів;

K – матриця нормуючих коефіцієнтів;

A – матриця інтенсивностей споживання ресурсів функціями;
 F – вектор функцій.

При поєднанні СВВ та ФВА маємо:

$$TCO_j = \sum_{i=1}^n f_{ij}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де TCO_j – СВВ ІС j -го функціонального підрозділу;
 f_{ij} – елементи вектора функцій F в j -му функціональному підрозділі;
 n – число функцій ІС, використовуваних в j -му функціональному підрозділі;

m – число функціональних підрозділів.

Надалі розглядається узагальнена економіко-математична модель визначення параметрів сервісу. При цьому сама модель ґрунтується на концептуальній схемі сервісного управління ІС (рис. 3).

Результатом цієї моделі є формалізація визначення параметрів інформаційних сервісів. При цьому набір параметрів сервісу визначається як:

$$P = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5), \quad (3)$$

де P – вектор параметрів сервісу;

p_1 – зміст (або функціональність) інформаційного сервісу, тобто склад вирішуваних задач і набір засобів для їхнього вирішення;

p_2 – доступність інформаційного сервісу, тобто період часу, протягом якого інформаційна служба (ІСл) підтримує конкретний сервіс, тобто оперативно усуває проблеми, що виникають при використанні сервісу;

p_3 – рівень інформаційного сервісу, тобто період часу, протягом якого гарантується виправлення проблеми, що виникла;

p_4 – продуктивність інформаційного сервісу, тобто обсяг операцій певної категорії в одиницю часу;

p_5 – вартість інформаційного сервісу для Б-П, яка є економічною характеристикою сервісу.

Наступна складова комплексу моделей – це багатоцільова багатокритеріальна модель визначення оптимального інформаційного сервісу із заданою функціональністю.

При розв'язанні задачі щодо визначення оптимального інформаційного сервісу було розроблено алгоритм, який відбиває процес визначення всіх параметрів і результатів розв'язку задачі.

Цей алгоритм можна подати у вигляді послідовності відповідних кроків.

Крок 1. Визначення основних елементів багатоцільової багатокритеріальної (БЦБК) задачі: множину стратегій; множину станів

зовнішнього середовища; розподіл ймовірностей станів зовнішнього середовища; функціонали оцінювання; критерії якості стратегій; пріоритети критеріїв якості стратегій; бажаної (ідеальної) стратегії:

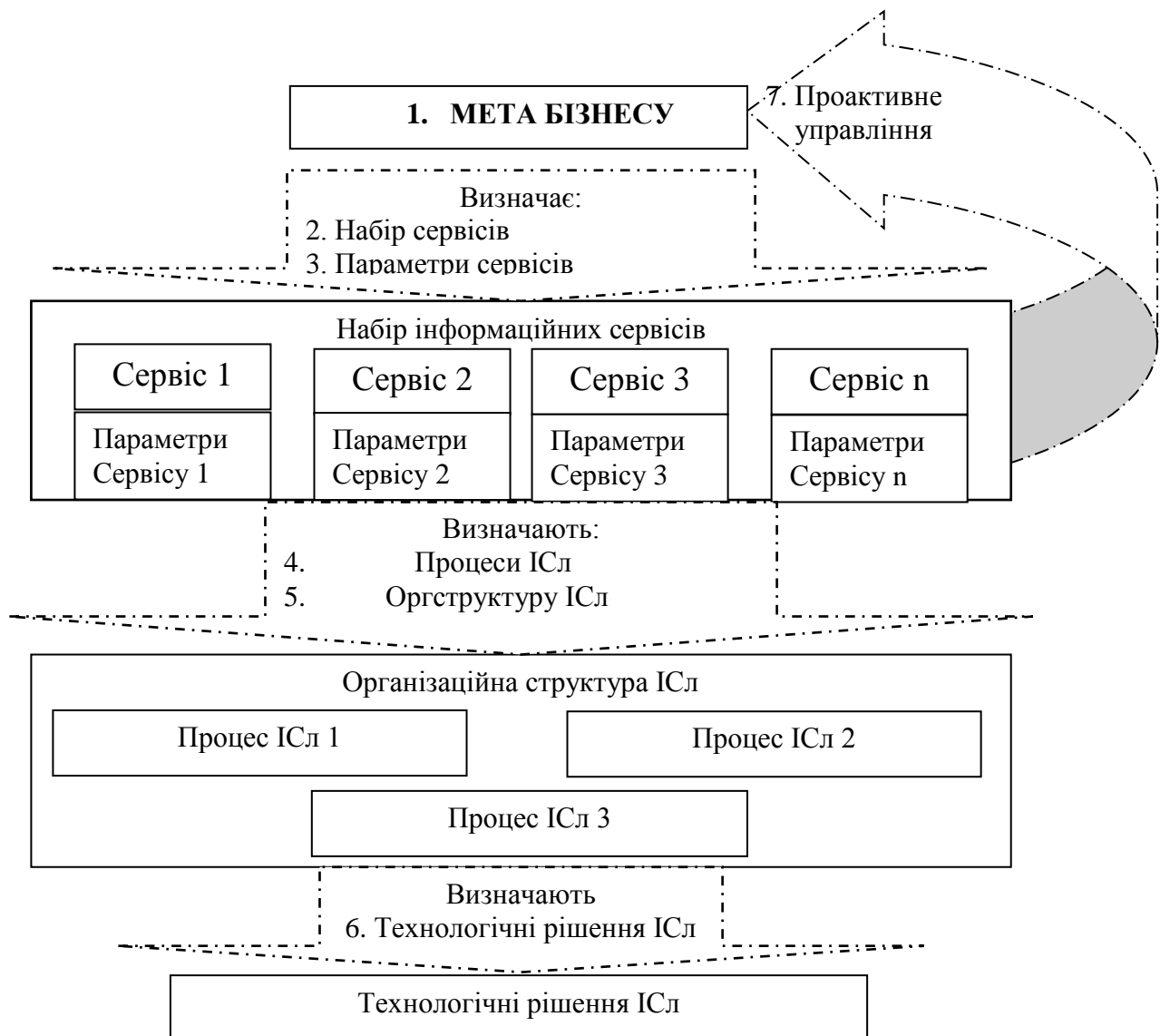


Рис. 3. Схема причинно-наслідкових зв'язків принципів моделі IT Service Management (ITSM)

S – множина альтернативних рішень суб'єкта, що приймає рішення (СПР); Θ – множина станів економічного середовища; $f_l(s; u)$ – цільова функція (з позиції l -ї цілі $l = 1, \dots, L$, де L – кількість цілей) $s \in S$, $\theta \in \Theta$.

$$F^l = (f_{kj}^l : k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, J), \quad (4)$$

де f_{kj}^l – кількісна оцінка стратегії $s_k \in S$ з позиції l -ї цілі за умови, що зовнішнє середовище перебуває у стані $\theta_j \in \Theta$.

Розподіл ймовірності випадкової величини, що характеризує зовнішнє середовище, відомий, позначимо ймовірність настання θ_j стану зовнішнього середовища як ${}^{\ominus}p_j$ та визначимо вектор ${}^{\ominus}P = ({}^{\ominus}p_1, {}^{\ominus}p_2, \dots, {}^{\ominus}p_J)$.

Позначимо через $e = (e_1, \dots, e_N)$ множину локальних критеріїв, які вибирає суб'єкт, котрий приймає рішення (СПР), для аналізу стратегій. Тоді кожній стратегії ставитися у відповідність вектор оцінювання:

$$E^l(s_k) = (e_1^l(s_k), e_2^l(s_k), \dots, e_N^l(s_k)), \quad (5)$$

де $e_n^l(s_k) = e_n(f^l(s_k; \theta_j))$ – елемент вектора, який є кількісним відображенням спектру якісних характеристик стратегії, які виділяють на основі l -ї цілі.

Крок 2. Нормалізація функціоналів оцінювання.

Крок 3. Визначення парето-ефективної стратегії.

Крок 4. Визначення міри ризику відхилення оптимальної стратегії від бажаної (ідеальної).

Розроблена математична реалізація цього алгоритму. Комплекс моделей включає теоретико-ігрову модель розподілу ресурсів для оптимального управління процесом функціонування ІС економічного об'єкту. Сутність цієї моделі полягає у необхідності координувати дії окремих підрозділів в умовах дефіциту наявних ресурсів. Головним набутком цієї моделі є введення $H_i(X_i)$ – функції доходу від реалізації i -го проекту та $C(x_{ij})$ – функції витрат, пов'язаних з використанням j -го ресурсу на реалізацію i -го проекту. Це дає змогу надати економічну оцінку ефективності розподілу ресурсів в умовах дефіциту. Для розв'язання цієї задачі було розроблено такий алгоритм:

- 1) визначити механізми розподілу ресурсів;
- 2) визначити критерії ефективності розподілу ресурсів;
- 3) визначити міру ризику, що виникає при розподілі ресурсів.

При цьому запропоновано використовувати такий відомий механізм розподілу ресурсів, як механізм прямих пріоритетів.

При визначенні критеріїв ефективності розподілу ресурсів запропоновані такі:

1. Критерій ефективності розподілу ресурсів з позиції Центру, тобто керівництва фірми:

$$e^{\circ} = \sum_{i=1}^n H_i(X_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(x_{ij}). \quad (6)$$

Критерій ефективності e^H визначає прибуток, який одержує фірма

при розподілі ресурсів на реалізацію всіх проектів. Очевидно, що критерій e^U потребує своєї максимізації й повинен буди в загальному випадку додатним, що обумовлюється незбитковістю діяльності фірми.

2. Вектор $e^C = (e_1^C, e_2^C, \dots, e_n^C)$ критеріїв ефективності реалізації проектів з точки зору підрозділів, що реалізовували проекти. При цьому:

$$e_i^C = H_i(X_i) - \sum_{j=1}^m C(x_{ij}), \quad i \in N. \quad (7)$$

Як видно з формули (5) критерій e_i^C ефективності реалізації i -го проекту є прибутком, який фірма отримує від реалізації цього проекту. Однак слід зазначити такий зв'язок між визначеними критеріями. З умови $e_i^C > 0$ випливає $e^U > 0$, але не навпаки. Це означає, що для того, щоб Центр досяг цілі деякі проекти можуть бути збитковими. При цьому прибутковість усіх проектів разом забезпечує досягнення цілі, тобто прибутковості діяльності фірми. Однак може скластися ситуація, в якій максимізація прибутку фірми в цілому може спричинити збитковість окремих проектів.

При визначенні міри специфічних ризиків автором пропонується до відомих додати специфічні ризики: ризик можливих збитків Центру, ризик можливих збитків Споживачів від реалізації i -го проекту, ризик можливих втрат Споживачів від недофінансування проектів, ризик втрат від недофінансування проектів для Центру. Математична форма наведена у формулах (8)-(11).

1. Міра ризику можливих збитків Центру

$$w_3^0 = \alpha \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(x_{ij}) - \sum_{i=1}^n H_i(X_i) \right), \quad (8)$$

де

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(x_{ij}) > \sum_{i=1}^n H_i(X_i) \\ 0, & \text{якщо } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(x_{ij}) \leq \sum_{i=1}^n H_i(X_i), \end{cases} \quad i \in N, \quad j \in M.$$

2. Міра ризику можливих збитків Споживачів від реалізації i -го проекту:

$$w_{2i}^C = \alpha \left(\sum_{j=1}^m C(x_{ij}) - H_i(X_i) \right), \quad i \in N, \quad (9)$$

де

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sum_{j=1}^m C(x_{ij}) > H_i(X_i); \\ 0, & \text{якщо } \sum_{j=1}^m C(x_{ij}) \leq H_i(X_i), \end{cases} \quad i \in N, \quad j \in M.$$

3. Міра ризику можливих втрат Споживачів від недофінансування проектів:

$$w_{3i}^C = \alpha (H_i(S_i) - H_i(X_i)), \quad i \in N, \quad (10)$$

де

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{якщо } H_i(S_i) > H_i(X_i); \\ 0, & \text{якщо } H_i(S_i) \leq H_i(X_i), \end{cases} \quad i \in N, \quad j \in M.$$

4. Міра ризику втрат від недофінансування проектів для Центру:

$$w_4^{\ddot{O}} = \sum_{i=1}^n \alpha (H_i(S_i) - H_i(X_i)), \quad (11)$$

де

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{якщо } H_i(S_i) > H_i(X_i); \\ 0, & \text{якщо } H_i(S_i) \leq H_i(X_i), \end{cases} \quad i \in N, \quad j \in M.$$

На основі алгоритму вартість інформаційного сервісу визначено як:

$$p_{5i} = \left(\frac{C \cdot \bar{Q} \cdot \bar{I} \cdot \bar{I}}{N} + \frac{\sum_{k=1}^c \hat{E} D_k \cdot \bar{Q} \cdot \bar{I} \cdot \max_{i=1, m_k} (p_{2i})}{\frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} p_{3i}} \right) + \left(\frac{\sum_{j=1}^1 \left(\alpha_j \left(\sum_{q=1}^Q \hat{A} \hat{D} \cdot q_j + \bar{I} \cdot \bar{O}_j \right) \right)}{N} + \beta_i \cdot C \bar{O}_i \right) \cdot p_{4i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (12)$$

p_{5i} – ціна i -го сервісу, грн.;
 C – кількість адміністративних процесів, од.;
 $ЗПНН$ – заробітна плата керівників напрямків адміністративних процесів, грн.;
 N – кількість сервісів, од.;
 KP_k – кількість робітників в k -м адміністративному напрямку, од.;
 $ЗП_k$ – заробітна плата робітників k -го адміністративного напрямку за період, грн.;
 p_{2i} – доступність i -го сервісу;
 m_k – кількість сервісів, що обслуговуються k -м адміністративним напрямком, од.;
 p_{3i} – рівень i -го сервісу;
 l – загальна кількість процесів ІСл, од.;
 α_j – коефіцієнт використання j -м процесом технологічних рішень;
 $АРМ_{qj}$ – вартість автоматизованого робочого місця в q -м Б-П, що використовується у j -му процесі, грн.;
 Q – кількість Б-П, од.;
 $ПУ_j$ – вартість периферійних устроїв, що використовуються в j -му процесі, грн.;
 β_i – коефіцієнт використання i -м сервісом технологічних рішень;
 p_{4i} – продуктивність i -го сервісу;
 $Ст_i$ – вартість програмно-апаратних комплексів, що використовуються i -м сервісом, грн.

Витратні методи економічної оцінки функціонування інформаційно-сервісних систем є досить розвиненими, але окремо кожна з них не дає чіткої відповіді на поставлені питання. Тому запропоновано об'єднати методи оцінки сукупної вартості володіння ІС і функціонально-вартісний аналіз. При цьому базовою є модель функціонально-вартісного аналізу, а концепція сукупної вартості володіння доповнює базову, додаючи в якості ресурсів такі специфічні ресурси ІС як прості ІС, витрати на самопідтримку і витрати на взаємопідтримку користувачів ІС. Вдосконалення існуючих моделей, заснованої на цих методах, дозволяє отримати кількісну оцінку функціонування ІСС економічного об'єкту.

Література

1. Оліфіров О.В. Контролінг інформаційної системи підприємства в умовах невизначеності: дис. ... д-ра екон.наук: 08.06.01 / О.В. Оліфіров; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — К., 2004. — 401 с.
2. Ткачук М.В. Моделі, методи та інформаційні технології адаптивної розробки та реінжинірингу інформаційно—управляючих систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.13.06 «Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології» / М.В. Ткачук; Нац. техн. ун-т "Харк.політехн. ін.-т". — Х., 2006. — 36 с.