

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

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

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

Ключові слова: 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.

Ключевые слова: 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.

Keywords: economic-mathematical models, multi multicriteria problem, information service system.

Системні перетворення в економіці України, її інтенсивна інтеграція у світовий економічний простір потребують 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, але і більшою мірою визначають зміни в структурі підприємства, його цілях і методах роботи. Таким чином, розвиток інформаційних систем впливає не тільки на технічні й інформаційні, але і на соціальні та економічні аспекти діяльності підприємств. Стабільність функціонування інформаційної системи визначає стабільність діяльності всього підприємства. З огляду на це, актуальними завданнями є розробка й визначення методів оцінки й управління ризиками інформаційних систем.

Проблемам організації та управління інформаційними системами присвячено праці вітчизняних учених Л.М. Бандоріної, О.О. Бондаренко,

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

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

Незважаючи на великий обсяг публікацій, присвячених проблемам управління й оптимізації ІС, питання оцінки ефективності й управління ризиками ІС розглянуто недостатньо. Зростаюча інтеграція ІС та їх вплив на різні аспекти роботи підприємств, у тому числі економічні, соціальні, технічні, потребують 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.

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

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

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

Аналіз існуючих методів оцінки економічної ефективності ІС дає змогу класифікувати їх і 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 безлічі всіх процесів виділяють окремі процеси, що визначають роботу ІС. Проведено паралель між процесним підходом та концепцією ІС, що дозволило визначити зв'язок між процесами та функціонуванням ІС.

На основі аналізу визначено методологічний базис, сформульовано гіпотези та виявлено передумови дослідження. Методологічний базис дослідження наведено на рис. 1.

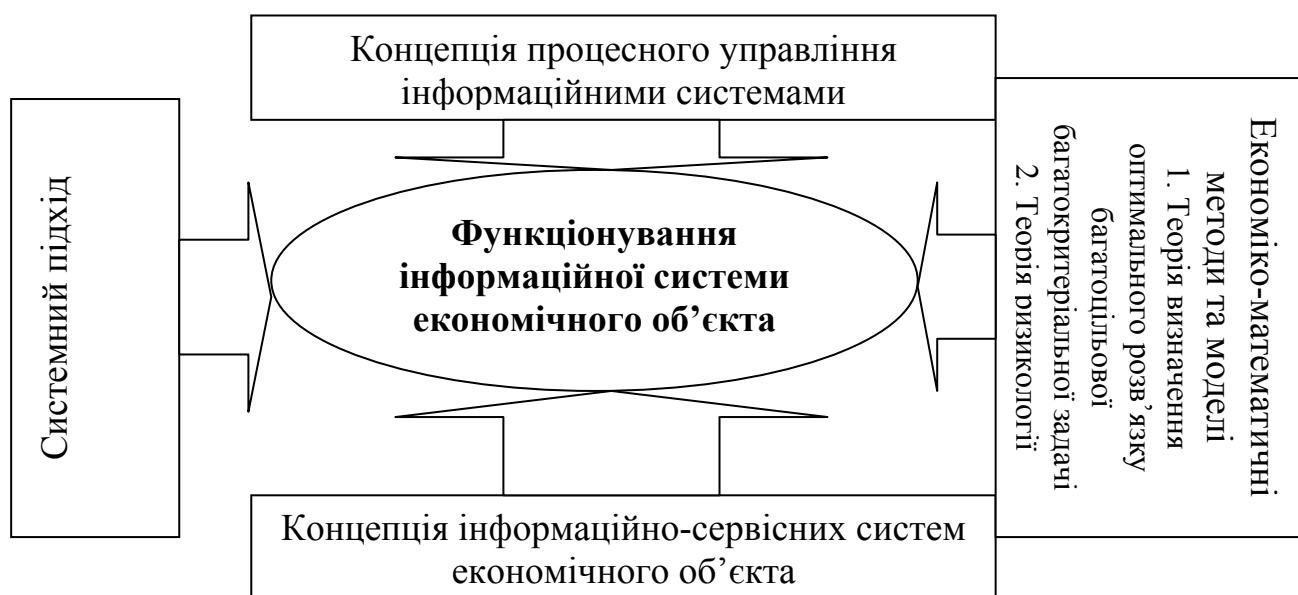


Рис. 1. Методологічний базис дослідження

Передумови побудови комплексу моделей функціонування ІС економічного об'єкта:

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

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

3) на рівні інформаційної служби техніко-організаційні параметри інформаційного сервісу є ендегенними факторами, а економічний параметр – екзогенним. На рівні бізнес-підрозділу економічний параметр є ендегенним 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 дозволяє одночасно використовувати переваги обох.

Принципову схему об'єднання моделі ФВА і СВВ наведено на рис. 2.

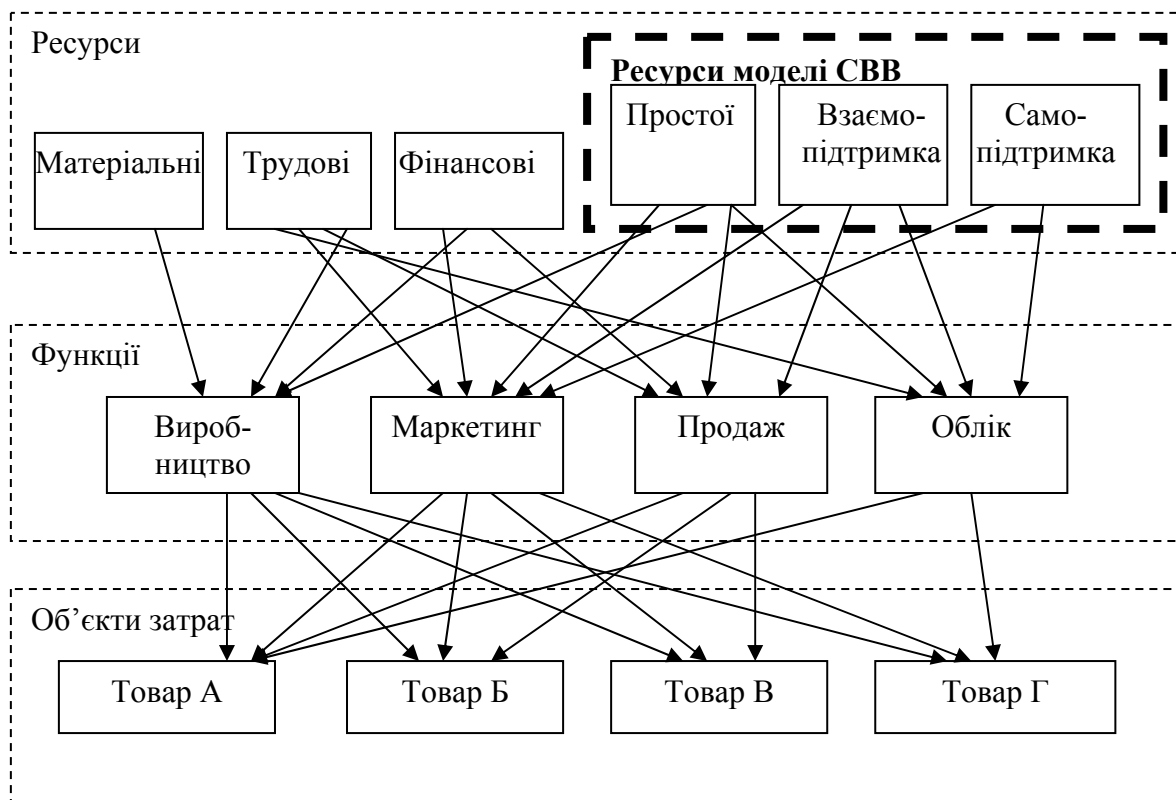


Рис. 2. Принципова схема поєднання моделей ФВА і СВВ

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 -ю 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 -ї функції.

Тоді маємо:

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

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 – кількість функцій ІС, використовуваних в j -му функціональному підрозділі;

m – кількість функціональних підрозділів.

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

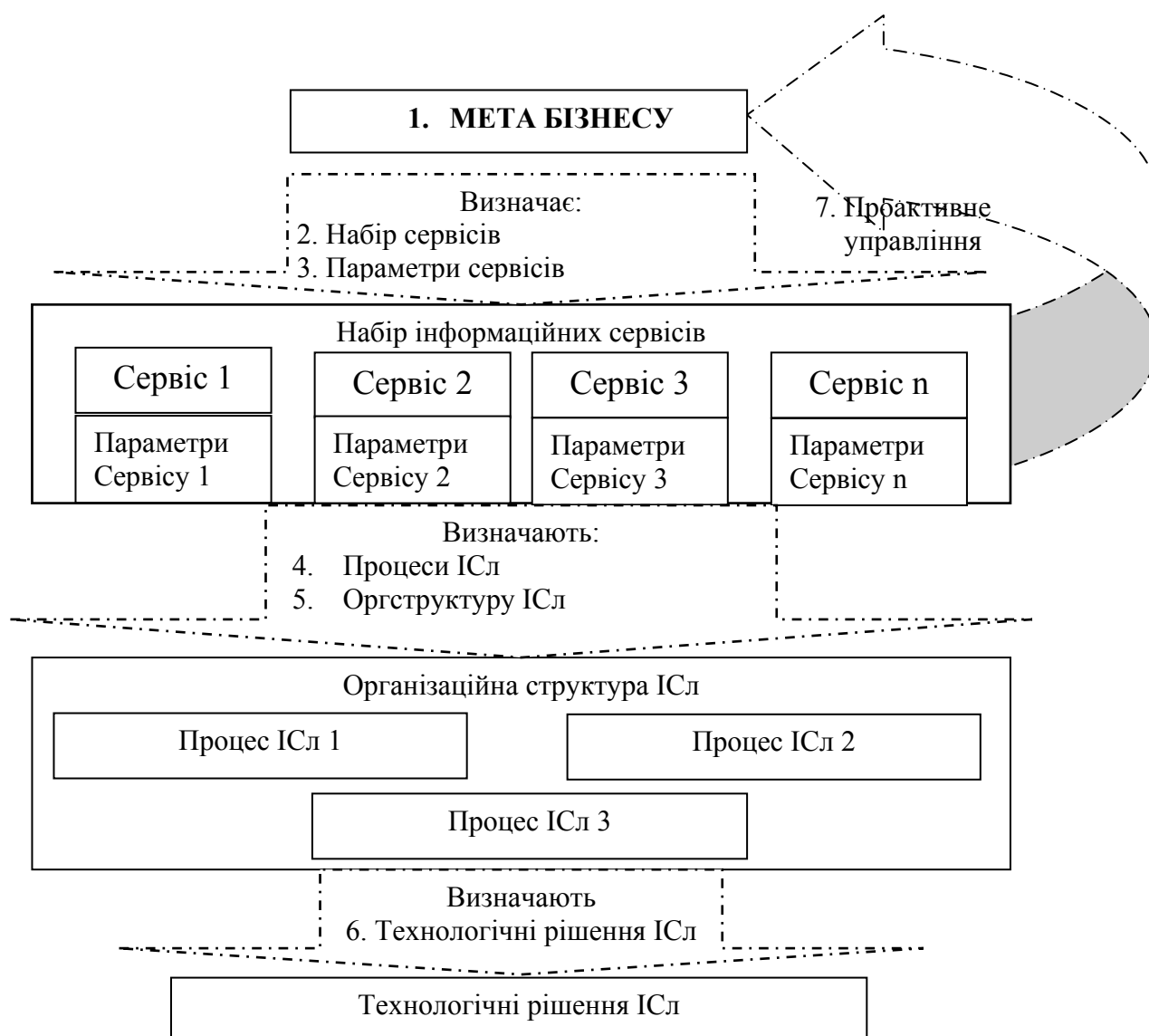


Рис. 3. Схема причинно-наслідкових зв'язків принципів моделі IT Service Management (ITSM)

Результатом даної 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 їх розв'язку;

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 на 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'язку задачі щодо визначення оптимального інформаційного сервісу розроблено алгоритм, який відображає 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: множини стратегій; множини станів зовнішнього середовища; розподіл імовірностей станів зовнішнього середовища; функціонали оцінювання; критерії якості стратегій; пріоритети критеріїв якості стратегій; бажаної (ідеальної) стратегії:

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 мети $l = 1, \dots, L$, 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 мети за умови, що зовнішнє середовище перебуває у стані $\theta_j \in \Theta$.

Розподіл імовірності 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, що 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, що виділяють на основі l -ї мети.

Крок 2. Нормалізація функціоналів оцінювання.

Крок 3. Визначення парето-ефективної стратегії.

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

Розроблено математичну реалізацію цього алгоритму. Комплекс моделей включає теоретико-ігрову модель розподілу ресурсів для оптимального управління процесом функціонування ІС економічного об'єкта. Сутність цієї моделі полягає в 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 із використанням j -го ресурсу на реалізацію i -го проекту. Це дозволяє надати економічну оцінку ефективності розподілу ресурсів в умовах дефіциту. Для розв'язку цієї задачі розроблено такий алгоритм:

- 1) визначити механізми розподілу ресурсів;
- 2) визначити критерії ефективності розподілу ресурсів;
- 3) визначити ступінь 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:

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

Критерій ефективності e^H визначає прибуток, який одержує фірма при розподілі ресурсів на реалізацію всіх проектів. Очевидно, що критерій e^H потребує своєї максимізації та має бути 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 $e^c > 0$, але не навпаки. Це означає, що для того, щоб центр досяг мети, деякі проекти можуть бути збитковими. При цьому прибутковість усіх проектів разом забезпечує досягнення мети, 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 пропонується до відомих додати такі: 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. Математичну форму наведено у формулах (8-11).

1. Міра ризику можливих збитків центру:

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

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:

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

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

$$p_{5i} = \left(\frac{C \cdot \text{ЗПНН} + \sum_{k=1}^C KP_k \cdot \text{ЗП}_k \cdot \max_{i=1, m_k}(p_{2i})}{N} + \frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} p_{3i} \right) + \left(\frac{\sum_{j=1}^I \left(\alpha_j \left(\sum_{q=1}^Q \text{АРМ}_{qj} + \text{ПУ}_j \right) \right)}{N} + \beta_i \cdot C_{T_i} \right) \cdot p_{4i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (12)$$

де p_{5i} – ціна i -го сервісу, грн;

C – кількість адміністративних процесів, од.;

ЗПНН – заробітна плата керівників напрямів адміністративних процесів, грн;

N – кількість сервісів, од.;

KP_k – кількість робітників у k -му адміністративному напрямі, 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 напрямом, од.;

p_{3i} – рівень i -го сервісу;

l – загальна кількість процесів ІСл, од.;

α_j – коефіцієнт використання j -м процесом технологічних рішень;

APM_{qj} – вартість автоматизованого робочого місця в q -му Б-П, що використовується в 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 як ресурси такі специфічні ресурси ІС, як прості ІС, витрати на самопідтримку і витрати на взаємопідтримку користувачів ІС. Удосконалення існуючих моделей, заснованої на цих методах, дозволяє отримати кількісну оцінку функціонування ІСС економічного об'єкта.

Література

1. Оліфіров О.В. Контролінг інформаційної системи підприємства в умовах невизначеності: дис. ... д.е.н.: 08.06.01 / О.В. Оліфіров; Київ. нац. торг.-екоп. ун-т. –К., 2004. – 401 с.

2. Ткачук М.В. Моделі, методи та інформаційні технології адаптивної розробки та реінжинірингу інформаційно-управляючих систем: автореф. дис. ... д.т.н.: 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.