

УДК 658.012.23

doi: 10.32620/reks.2019.2.11

В. М. ВАРТАНЯН, Д. О. ШТЕЙНБРЕХЕР

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЄКТІВ

Предметом вивчення в статті є використання методу аналізу ієрархій для побудови оптимальної стратегії управління проектними знаннями на основі аналізу впливу елементів системи управління знаннями (УЗ) на показники високотехнологічного проекту (ВТП). *Метою* є розробка математичної моделі розстановки пріоритетів складових елементів системи УЗ, на основі аналізу ефективності їх використання в процесі реалізації ВТП. Використовуваними *методами* є: метод аналізу ієрархій для обґрунтування рішень відносно ефективності системи управління знаннями та побудови оптимальної стратегії управління проектними знаннями. Отримані такі *результати*. Викладено підхід до оцінювання ефективності процесів, що пов'язані із реалізацією високотехнологічних проєктів в частині управління знаннями. Використання методу аналізу ієрархій дозволяє розглянути систему УЗ як множину елементів ієрархії, які об'єднуються у групи у відповідності з розподілом деяких властивостей між цими елементами. Такими групами визначено підсистеми та модулі системи УЗ. Розглянуто процедуру оцінки ефективності системи УЗ на прикладі типового високотехнологічного підприємства ПАТ «НВП «Радій», яке спеціалізується на розробці та установці інформаційно-керуючих систем на базі FPGA для АЕС і дослідницьких реакторів. Для оцінювання інтенсивності впливів елементів системи управління знаннями застосовано метод аналізу ієрархій, розвинений Т. Сааті, що дає можливість визначити пріоритети факторів системи управління знаннями в високотехнологічних проєктах. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: вдосконалено процес прийняття рішень відносно побудови оптимальної стратегії УЗ шляхом визначення ефективності системи УЗ, за рахунок аналізу інтенсивності впливу елементів системи на показники вартості і тривалості проєкту. В результаті застосування оптимальної стратегії УЗ проєкт може досягти економії витрат проєкту на 31,4 %, а економії часових витрат на 40,2 %, при залученні до проєкту визначеної кількості кваліфікованих спеціалістів.

Ключові слова: управління знаннями; стратегія; метод аналізу ієрархій; проєкт; оцінка ефективності; показники.

Вступ

Будь-який бізнес-проєкт створюється на основі розуміння його ефективності з точки зору затребуваності і прибутковості. Як правило, переваги використання інструментів УЗ в процесі реалізації ВТП не викликають сумнівів. Ефективність побудови системи УЗ, як конкурентної переваги компанії, є складним параметром для визначення через ряд причин, серед яких можна виділити наступні: відсутність єдиної формули оцінки ефективності; відсутність інструментів для побудови стратегії УЗ; значний рівень невизначеності на етапі планування ВТП та ін. З одного боку, повернення інвестицій в УЗ не є найголовнішим критерієм, в тому числі, для ВТП, з іншого боку, інформація про вплив системи УЗ на показники проєкту в процесі його реалізації є кри-

тичним для прийняття рішень менеджером проєкту та керівництвом. Крім того, для побудови оптимальної стратегії УЗ в проєктному середовищі необхідно визначити, які складові є найбільш впливовими на ключові показники ВТП через високу ціну втрати критичних для проєкту знань. Розробки таких сучасних авторів, як Іляшенко С. Н. [1], Ковтуненко Ю. В. [2], Shareef Younis [3] не враховують особливості проєктного підходу до УЗ, та розглядають побудову стратегії УЗ як елемент операційної діяльності, що не дає можливості оцінити їх вплив на параметри проєкту.

Тому, **актуальною науковою задачею** є розробка моделі оцінки ефективності системи УЗ, яка дозволяє побудувати оптимальну стратегію УЗ ВТП. Запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій, який дозволяє моделювати роботу системи УЗ та визначати рівень її впливу на показники проєкту.

На основі отриманих результатів компанія зможе оцінити доцільність використання системи УЗ та визначити стратегію УЗ в проектному середовищі.

1. Стратегія управління знаннями високотехнологічного проекту

Оскільки видимий ефект від УЗ проявляється в довгостроковій перспективі, а керівники часто відмовляються вкладати кошти в довгостроковий розвиток організації, так як це погіршує поточні результати діяльності, то інвестиції в галузі УЗ організації повинні спочатку розглядатися як вкладення в довгостроковий проект розвитку, що, однак, не перешкоджає появі ефектів в більш ранній перспективі. Всі дії в галузі УЗ незважаючи на їх спрямованість (індивідуальний рівень, груповий, організаційний, елементи зовнішнього середовища), повинні чітко відповідати цілям проекту та побудованій стратегії, що в кінцевому підсумку забезпечить досягнення конкурентоспроможності, оцінка якої не завжди можлива за допомогою кількісних показників.

Найчастіше створені математичні моделі оцінки системи УЗ працюють не так, як передбачалося, що пояснюється тим, що не враховуються деякі істотні фактори. Для того, щоб модель імітаційного моделювання, яка розробляється, стала адекватною, вона повинна включати в себе і дозволяти вимірювати всі важливі кількісні та якісні фактори впливу на показники проекту (тривалість, вартість або якість). Відповідну методологію пошуку рішень складної проблеми і структурування завдання у вигляді ієрархії пропонує Метод Аналізу Ієрархій – МАІ (*Analytic Hierarchy Process – AHP*), запропонований і розвинений Т. Сааті [4, 5], при якому також допускаються розходження в думках і конфлікти між експертами, як це буває в реальному світі [6]. Метод використовується як дієвий спосіб підтримки прийняття рішень в результаті розрахунків пріоритетів альтернатив. Дивлячись на множину контрольованих, чи неконтрольованих елементів, що відтворюють складну ситуацію, ієрархії як елементи аналізу об'єднуються у групи у відповідності з розподілом деяких властивостей між цими елементами.

Модель підтримки прийняття рішень для побудови системи УЗ дозволяє реалізовувати даний процес таким чином, щоб групи ієрархій, а точніше загальні властивості, які їх визначають, були б розглянуті у якості елементів наступного рівня системи. Ці елементи, у свою чергу, можуть бути об'єднані у відповідності з іншим набором властивостей, утворюючи елементи ще одного, більш високого рівня, і так продовжується до тих пір, поки не буде досягнуто єдиний елемент – вершину ієрархії, яку, як пра-

вило, можливо ототожнити з метою процесу прийняття рішень.

Такий процес є ієрархічним, тобто є системою накопичених рівнів, кожний з яких складається з багатьох елементів, або факторів. Центральним питанням у сенсі ієрархії є таке: наскільки сильно впливають окремі фактори самого низького рівня ієрархії на вершину як на мету. Нерівномірність впливу за усіма факторами призводить до необхідності визначення інтенсивності впливів, або визначення пріоритетів факторів. Знаходження пріоритетів факторів нижнього рівня відносно мети може бути зведено до послідовності задач визначення пріоритетів для кожного рівня, а кожна така задача веде до послідовності попарних порівнянь. Порівняння залишаються основними складовими вказаної теорії ієрархій, і навіть тоді, коли задача може бути ускладнена умовами наявності зворотного зв'язку між різними рівнями, чи факторами.

Практика прийняття рішень пов'язана із порівнянням альтернатив, кожна з яких задовольняє деякому набору наявних цілей. Мета використання МАІ полягає в отриманні такої альтернативи, яка найбільш повно задовольняє весь набір цілей, а також в отриманні числових коефіцієнтів ваги для альтернатив відносно цілей як нижнього порядку, так і відносно цілей більш високого порядку.

Спочатку використовується декомпозиція системи за вказаними ієрархіями, а потім проводиться синтез положень впливу, шляхом отримання пріоритетів одного елементу ієрархії по відношенню до іншого. Проводиться оцінка дії різних компонент системи (модулів, підсистем) на всю систему і знаходяться пріоритети дії цих компонент. Припускається, що елементи у кожній групі ієрархії, що мають назву рівень ієрархії, є незалежними.

Основною задачею в теорії ієрархій виступає оцінка вищих рівнів ієрархії на основі взаємодії різних низових рівнів ієрархії, а також із їхніх залежностей між елементами на таких рівнях. Особливо це проявляється в науково-технічних задачах теорії систем, пов'язаних з розробкою нових систем.

Первинними критеріями, які визначають вплив на систему, визначено підсистеми, які є необхідними складовими системи УЗ високотехнологічного проекту. Для використання МАІ на першому етапі необхідно прийняти рішення про складові системи УЗ ВТП, до яких можна віднести, наприклад, такі:

1. Підсистема стратегії УЗ.
2. Економічна підсистема УЗ.
3. Підсистема кадрів з УЗ.
4. Підсистема забезпечення УЗ.
5. Підсистема факторів ризиків втрати знань.
6. Підсистема інфраструктури УЗ.

МАІ використовує підсистеми як загальні критерії, а модулі підсистем як локальний критерій. До запропонованих підсистем розроблено 36 модулів: серед яких, наприклад такі модулі підсистеми інфраструктури УЗ:

- а) модуль інформаційної мережі;
- б) модуль корпоративної культури;
- в) модуль рівня автоматизації управління;
- г) модуль спільноти практиків;
- д) модуль взаємодії з університетами.

Загальна мета застосування МАІ – побудова ефективної системи УЗ ВТП. Тобто, проблема вибору стратегії УЗ розбита на рівні: визначення оптимального складу системи УЗ, побудова ієрархії з підсистем та модулів, вибір пріоритетів запропонованих альтернатив.

2. Побудова моделі для підтримки прийняття рішень у розробці системи УЗ для ВТП

Розглянемо ключові етапи реалізації моделі для підтримки прийняття рішень у розробці системи УЗ для ВТП:

Крок 1. Вибір складових елементів підсистем та модулів, які задані критеріями проекту.

Для аналізу системи УЗ за допомогою МАІ спочатку необхідно обрати підсистеми та модулі, які входять до складу системи УЗ ВТП. Цей етап виконується із залученням експертів.

Крок 2. Побудувати ієрархію підсистем УЗ та модулів підсистем.

Далі будується власне ієрархія системи УЗ, яка включає в себе мету, розташовану в її вершині – ефективна система УЗ ВТП, проміжні рівні (обрані підсистеми) і альтернативи, що формують найнижчий ієрархічний рівень – модулі підсистем.

Крок 3. Усунути невизначеності, ретельно визначити кожен елемент ієрархії

Щоб усунути невизначеності, необхідно ретельно визначити кожен елемент в ієрархії, мати однозначне визначення елементів підсистем та модулів, їх відношення та вплив на параметри проекту.

Крок 4. Визначити оціночні критерії парних порівнянь.

Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використовується шкала критеріїв парних порівнянь (табл. 1), запропонована автором [4]. Дана шкала дозволяє особі, що приймає рішення (ОПР), ставити деякі числа у відповідність ступеню переваги одного порівнюваного об'єкта перед іншим.

Крок 5. Встановити пріоритети підсистем та модулів відносно впливу на загальну мету.

Таблиця 1

Шкала критеріїв парних порівнянь

Ступінь значущості	Визначення
1	Однаковий рівень значимості
3	Деяка перевага значимості однієї дії у порівнянні з другою дією
5	Істотна або сильна значимість
7	Очевидна або дуже сильна значимість
9	Абсолютна значимість
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між двома сусідніми судженнями
Зворотні величини	Якщо одній дії, яку визначимо як і, при порівнянні з іншою дією, визначеною як j, приписується певне ненульове значення, яке обирається з вище перелічених чисел, то дії j при порівнянні з дією і приписується зворотнє значення

Необхідно ранжувати підсистеми за рівнем впливу на систему УЗ. Наприклад, якщо групою експертів обрано 7 підсистем, то їм необхідно надати свої пріоритети починаючи від найнижчого до найвищого пріоритету, і саме в такій послідовності виконати аналіз модулів підсистем. В рамках підсистеми модулі отримують пріоритети, які не перевищують пріоритет підсистеми.

Крок 6. Розрахунок пріоритетів модулів.

Розрахунок локальних пріоритетів (найнижчого рівня) починаємо з формування матриць парних порівнянь.

Нехай E_1, E_2, \dots, E_n – множина з n елементів (альтернатив) і v_1, v_2, \dots, v_n – відповідно до їх ваги, або інтенсивності. Порівняємо попарно ваги, або інтенсивність, кожного елемента з вагою, або інтенсивністю будь-якого іншого елемента множини по відношенню до загальної для них властивості або цілі. В цьому випадку матриця парних порівнянь в загальному вигляді для системи УЗ $[E]$ має вигляд:

$$\begin{array}{cccc}
 & E_1 & E_2 & \dots & E_n \\
 E_1 & v_1/v_1 & v_1/v_2 & & v_1/v_n \\
 E_2 & v_2/v_1 & v_2/v_2 & & v_2/v_n \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 E_n & v_n/v_1 & v_n/v_2 & & v_n/v_n
 \end{array}$$

В таких матрицях через v_j позначена вага, або інтенсивність, E_j -го елемента. Наступний етап розрахунків – отримання векторів локальних пріоритетів. Тобто, ранжування елементів, які аналізуються з використанням матриці парних порівнянь $[E]$, здійснюється на підставі головних власних векторів W , які формуються в результаті обробки матриць за формулою:

$$EW = \lambda_{\max} W, \quad (1)$$

де λ_{\max} – максимальне власне значення матриці.

Для позитивної квадратної матриці $[E]$ правий власний вектор W , який відповідає максимальному власному значенню, з точністю до постійного співмножника C , розраховується за наступною формулою:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{[E]^k e}{e^T [E]^k e} = CW, \quad (2)$$

де $e = \{1, 1, \dots, 1\}^T$ – одиничний вектор;

$k = 1, 2, 3, \dots$ – кількість ступенів свободи;

T – транспонування.

Обчислення власного вектора W за виразом (1) проводяться до моменту досягнення заданої точності:

$$e^T |W^l - W^{l+1}| \leq \xi, \quad (3)$$

де l – номер ітерації;

ξ – припустима похибка, яку можна прийняти за $\xi = 0,01$ незалежно від порядку матриці $[E]$.

Максимальне власне значення обчислюється за формулою:

$$\lambda_{\max} = e^T [E] W. \quad (4)$$

Оцінка ступеня узгодженості матриць парних порівнянь є важливим елементом визначення пріоритетів. Однорідність суджень оцінюється індексом однорідності (I_O) або відношенням однорідності (P_O):

$$I_O = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad P_O = \frac{I_O}{M(I_O)}, \quad (5)$$

де $M(I_O)$ – математичне очікування індексу однорідності випадковим чином складеної матриці парних порівнянь $[E]$, яке засноване на експериментальних даних.

В роботах [1, 3] визначається, що значення $P_O \leq 0,1$ є допустимим, тобто рішення експертів приймаються. У випадку, коли значення $P_O > 0,1$, експертам пропонують переглянути дані, використані для побудови матриці, адже такий показник свідчить про істотне порушення логічності суджень експертів.

Крок 7. Визначення локальних пріоритетів альтернатив за критеріями.

Обчислення векторів пріоритетів проводиться в напрямку від нижніх рівнів до верхніх з урахуванням конкретних зв'язків між елементами, що належать різним рівням. Обчислення проводиться шляхом перемноження відповідних векторів і матриць. Такий алгоритм називається ієрархічним синтезом [5]. Розглянемо його елементи більш детально.

Спочатку визначаються вектори пріоритетів альтернатив $W_{(B^i)}^A$ відносно елементів E_j^i передос-

таннього рівня ієрархії ($i = S$). Елемент E_j^i визначається як елемент ієрархії, причому i – рівень ієрархії, j – порядковий номер елемента на визначеному рівні. Вектори пріоритетів альтернатив W_S^A відносно рівня ієрархії S відповідно до ітераційного алгоритму, реалізованого на основі формул (2) і (3) за вихідними даними, зафіксованим в матрицях попарних порівнянь:

$$W_S^A = \left\{ W_{E^S_1}^A, W_{E^S_2}^A, \dots, W_{E^S_p}^A \right\}. \quad (6)$$

Аналогічно обробляються матриці попарних порівнянь власне елементів E_{ij} з метою визначення переваги елементів певного ієрархічного рівня щодо елементів вищого рівня, з якими вони безпосередньо пов'язані.

В результаті обробки матриць попарних порівнянь визначається множина векторів пріоритетів:

$$W^E = \left\{ W_{E_j^i}^E \right\}. \quad (7)$$

Отримані значення векторів $W_{E_j^i}^E$ використовуються у подальшому при визначенні векторів пріоритетів альтернатив щодо всіх елементів ієрархії та представляють собою коефіцієнти впливу мо-

дуля на підсистему по другому рівню ієрархії. За результатами виконання таких розрахунків за кожною підсистемою отримуємо множину коефіцієнтів за кожною підсистемою.

Визначимо індикатори нижнього рівня, які представляють собою групу показників впливу на підсистему. Для цього група експертів визначає, на які групи робіт проекту $WP_i(x_i; y_i)$, де i – кількість груп робіт проекту, x_i – вартість i -ї групи робіт, y_i – тривалість i -ї групи робіт, впливає підсистема. В результаті множення матриць отримуємо значення індикаторів підсистем, наприклад індикатор фактору ризику втрати знань розраховується як:

$$I_{kk_x} = \sum \left\{ W_{E_j^i}^E \right\} * \{X_i\}; I_{kk_y} = \sum \left\{ W_{E_j^i}^E \right\} * \{Y_i\}, \quad (8)$$

де $\{X_i\}$ – статистичні дані матриці значень тривалості групи робіт проекту;

$\{Y_i\}$ – статистичні дані матриці значень вартості групи робіт проекту.

Представлені вище розрахунки виконуються для кожної підсистеми в залежності від визначених експертами груп робіт, на які впливає підсистема. За результатами виконання розрахунків можуть бути сформовані наступні індикатори: індикатор розвитку інфраструктури, індикатор розвитку учасників проекту, індикатор забезпечення УЗ, індикатор економічної підсистеми.

Крок 8. Визначення вектора глобальних пріоритетів альтернатив щодо мети.

Для визначення вектора глобальних пріоритетів в матриці локальні пріоритети, притаманні кожній альтернативі, множаться на пріоритет кожного критерію, і результат підсумовується.

На цьому етапі здійснюється власне ієрархічний синтез, що полягає в послідовному визначенні векторів пріоритетів альтернатив щодо елементів E_{ij} , що знаходяться на всіх ієрархічних рівнях, крім останнього, який містить елементи E_j^S . Обчислення векторів пріоритетів проводиться в напрямку від нижніх рівнів до верхніх з урахуванням конкретних зв'язків між елементами, що належать різним рівням. Обчислення проводиться шляхом перемноження відповідних векторів і матриць.

Загальний вигляд формули для обчислення векторів пріоритетів альтернатив визначається наступним чином:

$$W_{E_j^i}^A = \left[W_{E_1^{i-1}}^A, W_{E_2^{i-1}}^A, \dots, W_{E_n^{i-1}}^A \right] W_{E_j^{i-1}}^E, \quad (9)$$

де $W_{E_j^i}^A$ – вектор пріоритетів альтернатив щодо елемента E_1^{i-1} , який визначає j -й стовбець матриці

$W_{E_j^{i-1}}^E$ – вектор пріоритетів елементів $E_1^{i-1}, E_2^{i-1}, \dots, E_n^{i-1}$, пов'язаних з елементом вищої ієрархії.

Наприклад, розрахунок векторів пріоритетів альтернатив щодо елементів третього (E_j^3), другого (E_j^2) і першого (E_j^1) рівнів ієрархії з урахуванням конкретних зв'язків між елементами ієрархії виконується наступним чином:

$$W_{E_1^3}^A = \left[W_{E_1^2}^A, W_{E_2^2}^A \right] W_{E_1^2}^E;$$

$$W_{E_2^3}^A = \left[W_{E_2^2}^A, W_{E_3^2}, \dots, W_{E_n^2}^A \right] W_{E_2^2}^E;$$

$$\dots$$

$$W_{E_m^3}^A = \left[W_{E_3^2}^A, W_{E_3^2}, \dots, W_{E_n^2}^A \right] W_{E_m^2}^E.$$

Результуючий вектор пріоритетів альтернатив щодо кореневої вершини ієрархії ефективної системи УЗ E_1^1 обчислюється таким чином:

$$W_{E_1^1}^A = \left[W_{E_1^2}^A, W_{E_2^2}, \dots, W_{E_m^2}^A \right] W_{E_1^2}^E. \quad (10)$$

Сумарні індикатори I_{sys_i} , де i – кількість індикаторів підсистем, визначаються як сума індикаторів за значенням y та x , наприклад, значення індикатора фактору ризику втрати знань розраховується як:

$$I_{kk} = I_{kk_x} + I_{kk_y}, \quad (11)$$

а комплексний показник системи УЗ розраховується за формулою:

$$I_{suz} = \sum_{i=1} I_{sys_i} \cdot W_{E_1^1}^A. \quad (12)$$

Розрахунок пріоритетів свідчить про необхідність почергового впливу на певні підсистеми в процесі реалізації ВТП, що призведе до найбільш ефективного використання інструментів УЗ.

3. Апробація результатів

Виконання розрахунків для вибору стратегії УЗ та побудови системи УЗ з використанням запропонованої моделі представлено на основі даних проекту компанії ПАТ «НВП «Радій». Представлений проект має наступні характеристики: вартість 420090 грн., загальна тривалість задач 3864 днів; команда проекту складається з 38-49 розробників. Компанія організувала команду для прийняття рішень щодо стратегії УЗ в проекті, до якої висунуто наступну задачу: обрати підсистему та модулі системи УЗ ВТП, які є найбільш ефективними для успішної реалізації проекту. За результатами виконання перелічених етапів, було отримано наступні результати.

Складові елементи системи УЗ була визначена експертами та складається із 5 підсистем та 31 модуля. Запропоновану модель оцінки ефективності системи УЗ, яка використовується для побудови стратегії, розроблено в програмному продукті MathCad14 – програмному засобі для виконання різноманітних математичних і технічних розрахунків, який надає користувачеві інструменти для роботи з формулами, числами, графіками і текстами. Підготовка вхідних даних моделювання виконується за допомогою програмного продукту Excel. Запропонована комп'ютерна модель є універсальною і може використовуватись для різних ВТП.

Приклад матриці ієрархії для підсистеми "Фактори ризиків втрати знань" має наступний вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{7}{6} & \frac{5}{4} & \frac{17}{12} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} \\ \frac{6}{7} & 1 & \frac{15}{14} & \frac{17}{14} & \frac{9}{7} & \frac{10}{7} \\ \frac{4}{5} & \frac{14}{15} & 1 & \frac{17}{15} & \frac{6}{5} & \frac{4}{3} \\ \frac{12}{17} & \frac{14}{17} & \frac{15}{17} & 1 & \frac{18}{17} & \frac{20}{17} \\ \frac{2}{3} & \frac{7}{9} & \frac{5}{6} & \frac{17}{18} & 1 & \frac{10}{9} \\ \frac{3}{5} & \frac{7}{10} & \frac{3}{4} & \frac{17}{20} & \frac{9}{10} & 1 \end{bmatrix}$$

До цієї підсистеми входять модулі з наступними пріоритетами:

1. Тривалість проекту (пріоритет 2).
2. Фінансовий ризик (пріоритет 9/5).
3. Економічний ризик (пріоритет 17/10).
4. Посадовий ризик (пріоритет 3/2).
5. Інформаційний ризик (пріоритет 7/5).
6. Інституціональний ризик (пріоритет 6/5).

Розраховані за формулою (2) коефіцієнти впливу модулів на підсистему "Фактори ризиків втрати знань", спираючись на статистичні значення за 5 років, за другим рівнем ієрархії складають:

$$W^T = (0,216 \quad 0,185 \quad 0,173 \quad 0,152 \quad 0,144 \quad 0,13).$$

Результати розрахунку коефіцієнту узгодженості за формулою (5) в рамках оцінки підсистеми "Фактори ризиків втрати знань":

$$P_O = 3,434 \times 10^{-3}.$$

Індикатор фактору ризиків втрати знань, розрахований за формулою (11) для значення вартості та тривалості проекту:

$$Ikk_x^T = (0,996 \quad 0,664 \quad 1,011 \quad 0,999 \quad 1),$$

$$Ikk_y^T = (0,979 \quad 1,088 \quad 1,014 \quad 0,999 \quad 1).$$

Аналогічні розрахунки були проведені для 5 підсистем системи УЗ ВТП, які отримали наступні пріоритети:

- 1) пріоритет IV – підсистема інфраструктури управління знаннями;
- 2) пріоритет V – підсистема факторів ризиків втрати знань;
- 3) пріоритет II – підсистема забезпечення управління знаннями;
- 4) пріоритет I – економічна підсистема управління знаннями;
- 5) пріоритет III – підсистема кадрів з управління знаннями;

Крім того, було визначено коефіцієнти впливу підсистем на систему в цілому:

$$W^T = (0,453 \quad 0,181 \quad 0,151 \quad 0,113 \quad 0,101).$$

В результаті розрахунку індикаторів системи, було побудовано графіки (рис. 1).

За результатами аналізу графіків можна, стверджувати, що економічна підсистема, підсистеми інфраструктури та забезпечення мають критичне значення на 4 рік реалізації проекту, а значення підсистеми кадрів в той же час поступово знижується, що може свідчити про необхідність впровадження кадрових рішень на початку реалізації проекту.

Результат використання оптимальної стратегії УЗ моделюється за допомогою факторного аналізу в програмному продукті MathCad14, порівнюючи показники проекту без використання УЗ та за результатами впливу системи. За рахунок застосування

запропонованого методу в рамках загальної УЗ ВТП може бути досягнена економія витрат проекту на суму 131851 грн. (31,4%), а економія часових витрат на проект відповідно – 1555 днів (40,2%), при залученні до реалізації проекту до 49 розробників визначеної кваліфікації.

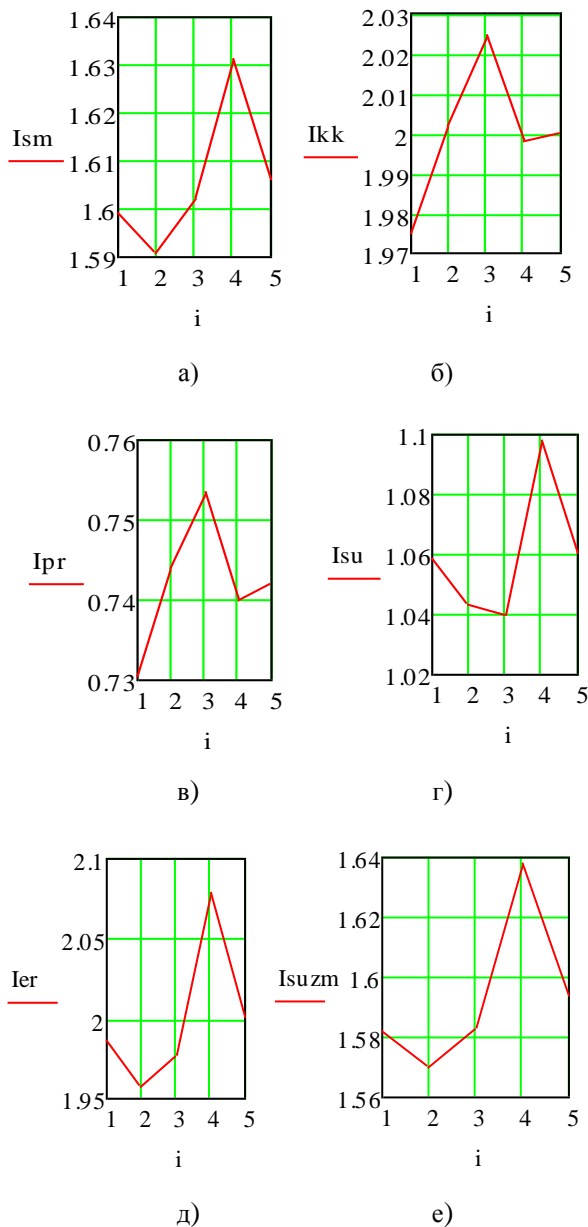


Рис. 1. Пріоритети системи СУЗн і складових підсистем: а – індикатор інфраструктури; б – індикатор фактору ризиків втрати знань; в – індикатор кадрів; г – індикатор забезпечення управління знаннями; д – індикатор економічної підсистеми; е – загальний індикатор впливу підсистем на систему

Висновки

В роботі запропоновано підхід до оцінювання ефективності процесів, що пов'язані із реалізацією ВТП в частині УЗ з метою визначення оптимальної стратегії управління проектними знаннями. Методичною основою дослідження обрано метод аналізу ієрархій для обґрунтування рішень відносно ефективності системи УЗ. Для оцінювання ефективності управління знаннями застосовано метод аналізу ієрархій розвинений Т. Сааті, що дає можливість визначити інтенсивності впливів елементів системи УЗ на показники проекту та пріоритетів факторів системи УЗ в ВТП. Розглянуто процедуру оцінки ефективності на прикладі типового високотехнологічного підприємства ПАТ «НВП «Радій», яке спеціалізується на розробці та установці інформаційно-керуючих систем на базі FPGA для АЕС і дослідницьких реакторів. На основі отриманих пріоритетів організація може обґрунтовано будувати стратегію УЗ, яка враховує рівень впливу підсистем та модулів системи УЗ на показники проекту. В результаті застосування оптимальної стратегії УЗ проект може досягти економії витрат на 31,4%, а економії часових витрат на 40,2%, при залученні до проекту визначеної кількості кваліфікованих спеціалістів.

Подальші дослідження будуть направлені на побудову комплексного процесу оцінки ефективності системи УЗ ВТП, що дозволить оптимізувати витрати на побудову інфраструктури в проектному середовищі, та розрахувати рентабельність системи.

Література

1. *Управління знаннями в системі інноваційного розвитку організації [Текст] / С. М. Ілляшенко, Ю. С. Шипуліна, Н. С. Ілляшенко, Г. О. Комарницька // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2017. – № 1. – С. 231-241.*
2. *Ковтуненко, Ю. В. Методичний інструментарій оцінки інтелектуального капіталу інноваційного розвитку підприємства [Текст] / Ю. В. Ковтуненко, С. Ю. Каверіна // Економіка та суспільство. – 2016. – № 2. – С. 286-291.*
3. *Younis, T. Shareef. Strategic vision to knowledge management strategy: An evaluative paradigm [Text] / T. Shareef Younis // World Sustainable Development Outlook 2007. – Routledge, 2017. – P. 86-93. DOI: 10.4324/9781351280242-7*
4. *Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.*
5. *Кігель, В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці [Текст] : моногр. / В. Р. Кігель. – К. : ЦУЛ, 2003. – 202 с.*
6. *Egorova, N. Decision Making Model for Outsourcing by Analysis of Hierarchies of T. Saaty*

Under Fuzzy Environment [Text] / Natalia Egorova, Yana Sorokina // Proceedings of the Third International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ITI'18). ITI'18 2018. – Springer, Cham, 2019. – Vol. 874. – P. 280-289. DOI: 10.1007/978-3-030-01818-4_28

References

1. Ilyashenko, S. M., Shypulina, Yu. S., Ilyashenko, N. S., Komarnyts'ka, H. O. Upravlinnya znannyamy v systemi innovatsiynoho rozvytku orhanizatsiyi [Knowledge management in the system of innovative development of the organization]. *Marketynh i menedzhment innovatsiy – Marketing and management of innovations*, 2017, no. 1, pp. 231-241.

2. Kovtunenکو, Yu. V., Kavyerina, S. Yu. Metodychnyy instrumentariy otsinky intelektual'noho kapitalu innovatsiynoho rozvytku pidpryyemstva [Methodical tool for estimating the intellectual capital of enterprise innovation development]. *Ekonomika ta suspil'stvo – Economics and Society*, 2016, no. 2, pp. 286-291.

3. Younis, T. Shareef. Strategic vision to knowledge management strategy: An evaluative paradigm. *World Sustainable Development Outlook 2007*, Routledge Publ., 2017, pp. 86-93. DOI: 10.4324/9781351280242-7

4. Saati, T. *Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij* [Decision Making. Method of analyzing hierarchies]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1993. 278 p.

5. Kihel', V. R. *Metody i modeli pidtrymky pryunyattya rishen' u rynkoviy ekonomitsi* [Methods and models of decision-making support in a market economy]. Kyiv, TSUL Publ., 2003. 202 p.

6. Egorova, N., Sorokina, Y. Decision Making Model for Outsourcing by Analysis of Hierarchies of T. Saaty Under Fuzzy Environment. In: Abraham A., Kovalev S., Tarassov V., Snasel V., Sukhanov A. (eds) *Proceedings of the Third International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ITI'18). ITI'18 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 874. Springer, Cham, 2019, pp. 280-289. DOI: 10.1007/978-3-030-01818-4_28

Надійшла до редакції 15.05.2019, розглянута на редколегії 12.06.2019

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

В. М. Вартамян, Д. А. Штейнбрехер

Предметом изучения в статье является использование метода анализа иерархий для построения оптимальной стратегии управления проектными знаниями на основе анализа влияния элементов системы управления знаниями (УЗ) на показатели высокотехнологичного проекта (ВТП). Целью является разработка математической модели расстановки приоритетов составляющих элементов системы УЗ, на основе анализа эффективности их использования ее элементов в процессе реализации ВТП. Используемые методы: метод анализа иерархий для обоснования решений относительно эффективности системы УЗ и построения оптимальной стратегии управления проектными знаниями. Получены следующие результаты. Изложены подходы к оценке эффективности процессов, связанных с реализацией ВТП в части УЗ. Использование метода анализа иерархий позволяет рассмотреть систему УЗ как множество элементов иерархии, которые объединяются в группы в соответствии с распределением некоторых свойств между этими элементами. Такими группами определены подсистемы и модули системы УЗ. Рассмотрена процедура оценки эффективности системы УЗ на примере типового высокотехнологичного предприятия ОАО «НПП «Радий», которое специализируется на разработке и установке информационно-управляющих систем на базе FPGA для АЭС и исследовательских реакторов. Для оценки интенсивности воздействий элементов системы УЗ применен метод анализа иерархий Т. Саати, что дает возможность определить приоритеты факторов системы УЗ в ВТП. Выводы. Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: мы усовершенствовали процесс принятия решений относительно построения оптимальной стратегии УЗ путем определения эффективности системы УЗ, за счет анализа интенсивности воздействия элементов системы на показатели стоимости и продолжительности проекта. В результате применения оптимальной стратегии УЗ проект может достичь экономии затрат проекта на 31,4%, а экономии временных затрат на 40,2%, при привлечении к проекту заранее определенного количества квалифицированных специалистов.

Ключевые слова: управление знаниями; стратегия; метод анализа иерархий; проект; оценка эффективности; показатели.

APPLICATION OF THE HIERARCHY ANALYSIS TECHNIQUE FOR THE DESIGN OF HIGH-TECHNOLOGICAL PROJECTS KNOWLEDGE MANAGEMENT STRATEGY

V. M. Vartanyan, D. A. Shteinbrekher

The subject of the study is the use of the hierarchy analysis technique to develop an optimal strategy for project knowledge management (KM) based on the analysis of the KM system elements influence on the indicators of the high-tech project. The main purpose is to develop a mathematical model for prioritizing the components of the KM system, based on an analysis of their effectiveness during the high-tech project's implementation. The methods: a hierarchy analysis technique is used to justify the decisions regarding the effectiveness of the KM system and the development of an optimal project KM strategy. The following results are obtained. Hierarchy analysis technique allows us to consider the KM system set of elements of the hierarchy, which are grouped in accordance with the distribution of some properties between these elements. Such groups identify the subsystems and modules of the KM system. The procedure of efficiency of KM estimation is considered on the example of a typical high-tech enterprise PJSC "Scientific-Production Enterprise "Rady", which specializes in the design and installation of information-control systems based on FPGA for Nuclear Power Propulsion Systems and research reactors. To assess the intensity of the KM elements effects a method of analysis of the hierarchy developed by T. Saati has been used. This method makes it possible to determine the priorities of the factors in the KM system of high-tech projects. Conclusions. The scientific novelty of the obtained results is as follows: we have improved the decision-making process in relation to the construction of an optimal KM strategy. This is achieved by determining the effectiveness of the KM system by analyzing the intensity of the system elements influence the project's cost and duration indicators. As a result of applying the optimal strategy, the project can achieve 31.4% savings in project costs and 40.2% savings in time costs, with the involvement of a qualified number of specialists in the project.

Keywords: knowledge management; strategy; hierarchy analysis technique; project; evaluation of efficiency; indicators.

Вартанян Василь Михайлович – д-р техн. наук, проф., проф. кафедри менеджменту, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Штейнбрехер Дар'я Олександрівна – асистент кафедри менеджменту, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна.

Vartanyan Vasily Mikhailovich – Doctor of Technical Sciences, Prof., Prof. of the Management Department, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: vartanyan_vm@ukr.net, ORCID Author ID: 0000-0001-9428-2763, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=Xzyic-AAAAAJ&hl=ru>

Shteinbrekher Daria Olexandrivna – lecturer assistant of department 602, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: d.shteinbrekher@gmail.com, ORCID Author ID: 0000-0003-2584-3437, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=NkR6RkwAAAAJ&hl=ru>