

В. М. ВАРТАНЯН, Д. О. ШТЕЙНБРЕХЕР

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

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЕКТІВ

Предметом вивчення в статті є процеси оцінки впливу системи управління знаннями (УЗ) на реалізацію високотехнологічних проектів (ВТП). *Метою* є розробка підходів до оцінки впливу інструментів УЗ на процеси реалізації проекту, які дозволять підвищити достовірність прийняття рішень щодо ефективності системи УЗ. *Завдання:* розробити інструмент підтримки прийняття рішень шляхом створення математичної моделі нелінійної динаміки для аналізу впливу системи управління знаннями на ВТП. Для аналізу динаміки роботи складної системи в умовах невизначеності повної інформації про об'єкт дослідження, використовується метод нелінійної динаміки, який використовується для аналізу динаміки роботи складної системи в умовах невизначеності повної інформації про об'єкт дослідження. В статті визначено, що на сучасному етапі розвитку інформаційної забезпеченості процесу прийняття рішень, розрахунок ефективності системи УЗ є ускладненим, через відсутність підходів, які визначають вплив системи на проект під час його реалізації. Розглянуто процедуру оцінки ефективності на прикладі типового високотехнологічного підприємства ПАТ «НВП «Радій», яке є новатором в області розробки і установки інформаційно-керуючих систем на базі FPGA для АЕС і дослідницьких реакторів. Поетапне відстеження впливу системи УЗ на розвиток проекту дозволить менеджеру прогнозувати як успішне його завершення, так і ризики відхилення від запланованих термінів через втрату критичних знань, що значною мірою впливає на успішну реалізацію проекту. *Висновки.* Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: розроблено математичну модель нелінійної динаміки для аналізу впливу системи УЗ на проект, яка базується на методі Булірша-Штера та, на відміну від існуючих, дає можливість оцінити вплив елементів системи УЗ на прогнозовані етапи реалізації проекту і розрахувати тривалість проекту з урахуванням їх впливу. Подальші дослідження будуть направлені на розробку моделі, яка дозволить оцінити рентабельність системи УЗ в проектному середовищі, спираючись на результати розрахунків запропонованої математичної моделі.

Ключові слова: управління знаннями; модель; нелінійна динаміка; інвестиції; розвиток.

Вступ

Постановка задачі. Одним із наслідків зростаючої значущості знань в сучасній економіці стала інтеграція процесів управління знаннями в проектно-орієнтованих організаціях як нової функції управління, так і особливого виду спільної діяльності. У відповідь на швидкий розвиток потреб клієнтів в умовах глобальної конкуренції, підприємства авіаційної галузі обирають проектну діяльність як інструмент підвищення своєї конкурентоздатності.

Питання ефектної реалізації високотехнологічних проектів (ВТП) є найбільш актуальним в умовах впливу технологічних проривів на ринок авіацій [1]. Такі проекти представляють собою унікальний комплекс науково-дослідних, дослідно-конструкторських, виробничих, організаційних, фінансових, комерційних та інших дій, які мають за мету впровадження інновації, та обмежені бюджетом, термінами

та рівнем якості. Для складних наукоємних проектів оцінка ефективності є важливою складовою управління знаннями (УЗ), яка підвищує достовірність прийняття рішень щодо застосовуваних методів та інструментів, їх впливу на реалізацію задач.

Складність оцінки впливу системи УЗ на проект полягає в декількох факторах, серед яких відзначають наступні: відсутність стандартизованих методів оцінки проектних знань (наприклад, автори [2] визначають знання як нематеріальний актив, з відповідними підходами до його оцінки, а іншими авторами [3] цей факт спростовується); відсутність методик та методів оцінки ефективності системи УЗ; довгострокова перспектива отримання ефекту від впровадження інструментів УЗ та ін.

Таким чином, розробка підходів до оцінки впливу інструментів УЗ на процеси реалізації проекту є актуальною науковою задачею, вирішення якої дозволить підвищити достовірність прийняття рі-

шень про ефективність системи УЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження спрямовано на вирішення проблем, що виникають в складних науково-технічних проектах, для яких характерні великі витрати часових, матеріальних і фінансових ресурсів, значні обсяги новостворюваних знань, відсутність підтримки системи управління знаннями на етапі передпроектних робіт, знань утруднено ресурсне та календарне планування та ін. В таких організаціях при паралельному виконанні великої кількості проектів, кожен з яких знаходиться на різних етапах життєвого циклу, виникає необхідність розробки моделей, методів та інструментарію системи управління знаннями.

Наша гіпотеза полягає в тому, що рішення відносно інвестицій в облік, контроль і прогнозування знань мають прийматися на основі прогнозування ефективності системи УЗ в проектному середовищі. Спираючись на обґрунтоване рішення, така система дозволить скоротити витрати і терміни, а також підвищити якість складного науково-технічного проекту.

Аналіз сучасних підходів до оцінки системи УЗ показав, що не існує єдиної системи оцінки ефективності управління знаннями, яку можливо використовувати в проектному середовищі. Наприклад, автори [4, 5] в якості показника ефективності знань розглядають кількість патентів, зареєстрованих прав інтелектуальної власності і торгових марок. Згідно підходу [6], управління знаннями вважається ефективним, якщо досягнуті такі чотири цілі, як: між персоналом компанії організований обмін знаннями, які використовуються для оптимізації внутрішніх бізнес-процесів; здійснюється постійний пошук інформації по раніше невідомим напрямках, при цьому набуті знання адаптуються і інтегруються з вже відомою інформацією; постійно здійснюється ідентифікація «білих плям», тобто виявляються теми і напрямки, які є не вивченими і потребують удосконалення. Одним із найбільш популярних підходів до оцінки ефективності системи УЗ – це розрахунок показника інтелектуального капіталу, так званий коефіцієнт Тобіна [7,8], який розраховується відносно ринкової вартості компанії та ринкової вартості її зобов'язань. Але такий розрахунок не дає інформації для прийняти рішення відносно впливу системи УЗ на проект, та не враховує складності, які можуть виникнути у високотехнологічних проектах через втрату критичних знань.

Мета статті – розробити інструмент підтримки прийняття рішень шляхом створення математичної моделі нелінійної динаміки для аналізу впливу системи управління знаннями на високотехнологічний проект.

Умови використання нелінійної динаміки для оцінки системи управління знаннями

Компанії використовують УЗ для створення, виявлення і поширення знань та вивчених уроків. Однак, оскільки проекти мають конкретні цілі і унікальні результати, це може привести до труднощів ефективного вилучення знання проекту. Застосування УЗ в середовищі проекту набуває все більшого значення, оскільки це допомагає підвищити шанси на успіх проекту.

Унікальність проекту та обмеженість в часі є головними бар'єрами в організаційному навчанні в процесі реалізації проектного підходу. Інтенсивність отримання нових знань працівниками проектних організацій зумовлює необхідність створення такої системи, яка дозволить вилучати, зберігати та розповсюджувати знання, отримані в результаті реалізації проектів, попереджуючи втрату знань, пов'язану з плинністю кадрів. Крім того, проекти за своєю природою не пов'язані між собою на відміну від процесів операційної діяльності, що може призводити до фрагментації організаційних знань та досвіду.

Через перелічені бар'єри, процеси, що пов'язані зі збереженням проектних знань, є необхідними для проектно-орієнтованих організацій, а на самперед для високотехнологічних проектів. Автор роботи [9] стверджує, що проектний менеджмент та управління знаннями повинні доповнювати один одного та створювати нові конкурентні переваги для організації. Організації продовжують зазнавати труднощі з низьким рівнем віддачі від інвестицій в управління знаннями.

Оскільки, основне завдання дослідження полягає в розробленні моделі для оцінки впливу системи УЗ на проект, автором запропоновано використати модель нелінійної динаміки, або теорію детермінованого хаосу, що дозволяє отримати динаміку роботи складної системи в умовах оцінки невизначеності, або неповної інформації про об'єкт дослідження. Це головна перевага застосування моделей нелінійної динаміки по відношенню до великої кількості інших моделей. Недолік використання цього підходу полягає в обмеженій кількості числових методів вирішення диференціальних рівнянь, наприклад: принципи побудови різницевих схем, составні схеми, екстраполяційні методи, безперервно-дискретні методи.

Нелінійна динаміка являє собою єдиний методологічний підхід, що дозволяє аналізувати рух різноманітних динамічних систем різного рівня складності. Методи екстраполяції широко застосовуються для вирішення звичайних диференціальних рівнянь, які потребують високої точності рішення. Переваги

методів екстраполяції полягають, перш за все, в тому, що при їх використанні не вимагається багаторазового повторного перерахування правих частин диференціальних рівнянь. Це особливо важливо, коли праві частини рівнянь досить складні. Розробкою методів екстраполяції займалися такі відомі фахівці, як Л. Річардсон, Р. Булірш, Дж. Штер та ін. Крім того, метод екстраполяції, на відміну від інших, забезпечує розгляд складної системи інформаційного профілю (за знаннями), коли відбувається початкова розробка науково-технічного проекту.

Опис методу нелінійної динаміки

Для аналізу динаміки роботи складної системи в умовах невизначеності повної інформації про об'єкт дослідження, використовується метод нелінійної динаміки, або теорія детермінованого хаосу. Якщо розглядати процедуру інтегрування диференціального рівняння $y' = f(x, y)$, $y(x_0) = y_0$, $x \in (a, b)$ на двоточковому шаблоні (x_i, x_{i+1}) з довжиною кроку h і відповідну послідовність значень кроку $h_0, h_1, \dots, h_r, \dots, h_M$, який називається базовим. Відповідно для вирішення задачі Коші з використанням раціональної екстраполяції, запропоновану Буліршем і Штером [10] величину $T_{r,s}$ можна представити за допомогою раціональних функцій наступного вигляду:

$$T_{r-1} = 0;$$

$$r = 1, \dots, M; T_{r,0} = y(x_{i+1}, h_r),$$

$$T_{r,s} = T_{r+1,s+1} + \frac{T_{r+1,s-1} - T_{r,s-1}}{\left(\frac{h_r}{h_{r+s}}\right)^\gamma \left(1 - \frac{T_{r+1,s-1} - T_{r,s-1}}{T_{r+1,s-1} - T_{r+1,s-2}}\right) - 1}, \quad (1)$$

$$s = 1, 2, \dots, M; r = 0, 1, \dots, M-s.$$

Вважають, що $\gamma = 1$ або $\gamma = 2$, тоді $T_{r,s}$ можна визначити наступним чином:

$$T_{r,s} = \begin{cases} \frac{a_0 + a_2 h^2 + \dots + a_j h^j}{b_0 + b_2 h^2 + \dots + b_j h^j}, & (j - \text{парне}); \\ \frac{a_0 + a_2 h^2 + \dots + a_{j-1} h^{j-1}}{b_0 + b_2 h^2 + \dots + b_{j-1} h^{j-1}}, & (j - \text{непарне}); \end{cases} \quad (2)$$

тобто функціями: $\frac{a_0}{b_0}, \frac{a_0}{b_0 + b_2 h^2}, \frac{a_0 + a_2 h^2}{b_0 + b_2 h^2}, \dots$

Враховуючи опис вимог до моделі з боку проектного середовища та системи управління знаннями, запропонуємо наступні елементи рівняння Булірша-Штера для системи управління знаннями високотехнологічного проекту:

1) m_0 – нормована кількість робіт (публікацій, патентів та ін.) про проект ($m_0 > 0$);

2) m_1 – нормований темп зростання робіт (публікацій, патентів та ін.);

3) H_0 – обмежена кількість основних робіт (публікацій, патентів та ін.), з яких відомо про проект;

4) H_1 – кількість публікацій про проект станом на початок розробки проекту;

5) H – нормована кількість робіт (публікацій, патентів та ін.) на період сталого $m_1 > 0$ стану розвитку проекту:

$$H = \frac{H_0}{H_1}; \quad (3)$$

6) k_1 – коефіцієнт впливу системи УЗ на темп розвитку проекту за рахунок індивідуального розвитку розробника проекту (тобто за наявності індивідуальних джерел):

$$k_1 = \frac{n_0}{n_1}, \quad (4)$$

де n_0 – кількість розробників з вищою освітою;

n_1 – кількість розробників без вищої освіти;

7) k_2 – коефіцієнт впливу на темп розвитку проекту за рахунок групового розвитку розробників проекту:

$$k_2 = \frac{Y_S}{Y_1}, \quad (5)$$

де Y_1 – тривалість впровадження групових об'єктів розвитку, наприклад: центрів інновації, підвищення кваліфікації, супроводження сталого розвитку проекту);

Y_S – повна тривалість розробки проекту без дії системи УЗ;

8) k_3 – коефіцієнт впливу системи УЗ на темп розвитку проекту за рахунок світового досвіду розробників проекту:

$$k_3 = \frac{Y_S}{Y_2}, \quad (6)$$

де Y_2 – тривалість впровадження об'єктів світового досвіду (наприклад: нарощування потенціалу розробників, розповсюдження інформації);

9) k_4 – коефіцієнт впливу системи УЗ на темп розвитку проекту (зменшення) за рахунок обмеження розвитку та старіння публікацій:

$$k_4 = \frac{Y_S}{Y_3}, \quad (7)$$

де Y_3 – тривалість перекваліфікації спеціаліста, або поновлення знань розробників;

10) k_5 – коефіцієнт впливу на темп (зменшення) за рахунок втрати знань, необхідних для виконання проекту (втрата знань через розрахування розробників, зниження якості проекту, погіршення якості управління проектом:

$$k_5 = \frac{Y_S}{Y_4 \cdot r}, \quad (8)$$

де Y_4 – тривалість впровадження об'єктів інтелектуальної власності, де можлива втрата знань з допустимим ризиком r .

Запропоновану математичну модель нелінійної динаміки для аналізу впливу системи управління знаннями на ВТП розроблено в програмному продукті MathCad14. Представляємо початкові дані в вигляді формули (9). Розрахунок всіх параметрів моделі Булірша-Штера в запропонованій моделі нелінійної динаміки виконуємо за формулою (10), яка отримана на основі формули (1). Система диференціальних рівнянь у моделі Булірша-Штера використовується в запропонованій моделі при визначенні даних $m_0 > 0$, $m_1 > 0$ [11].

$$\begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{n_0}{n_1} \\ \frac{Y_S}{Y_1} \\ \frac{Y_S}{Y_2} \\ \frac{Y_S}{Y_3} \\ \frac{Y_S}{Y_4 r} \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$F(t, m) = [m_1 m_0 / (k_1 \cdot m_1 \cdot m_0 + k_2 \cdot (m_1)^2 + k_3 \cdot (m_1)^2 \cdot m_0 - k_4 \cdot (m_0 - H) - k_5 \cdot (m_1) \cdot (m_0)^3)]. \quad (10)$$

Початкові дані нормованих змінних вказані як m . Крім того, модель може мати ряд припущень, наприклад, таке: якщо в рамках високотехнологічного проекту відбувається розробка дисертації, приймаємо, що відбувається 10 % зростання публікацій при 3-х разовому темпі зростання використання інформації

З розв'язків системи нелінійних диференціальних рівнянь знаходяться додаткові параметри проекту і формуються необхідні дані у підсистемах та модулях для підтримки прийняття рішень у розробці моделі системи УЗ, а також встановлюються пріоритети робіт у модулях та у підсистемах.

Апробація запропонованої моделі

Виконання розрахунків з використанням запропонованої моделі представлено на основі аналізу проекту компанії ПАТ «НВП«Радій» [12], яка є новатором в області розробки і установки інформаційно-керуючих систем на базі FPGA для АЕС і дослідницьких реакторів. На сьогодні ПАТ «НВП «Радій» має понад 100 встановлених систем. В рамках проекту, який було проаналізовано, компанія походила етап сертифікації SIL 3 для нової платформи RadICS. Даний проект потребує технічної і технологічної компетентності для забезпечення безпеки і ефективності роботи ядерних об'єктів. Проаналізований проект має наступні характеристики: вартість 420090 грн., загальна тривалість задач 3864 днів; команда проекту складається з 38-49 розробників.

В результаті обробки вхідних даних з використанням програмного забезпечення MathCad14 отримуємо рішення за допомогою вбудованого методу Рунге-Куты 4 порядку [10], в якому задаємо параметри розрахунків $Rk(x, 0, 10, 5000, F)$, тобто x змінюється від 0 до 10 за 5000 точок.

Розв'язок системи для даного проекту свідчать про наявність максимуму у розвитку проекту в кінці другого року. Сталий розвиток проекту починається з 1 року 3 місяців та триває до 2 років 7 місяців, при кількості публікацій за цей період від 6 до 11. Існування проекту без модернізації системи УЗ можливе протягом 2 років 10 місяців, а активна стадія становлення проекту 47 днів. Далі процес розвитку проекту уповільнюється до початку 4 року, та триває до закінчення проекту на 5 році.

В результаті використання програмного забезпечення MathCad14 для вирішення рівняння (9) було побудовано графік, зображений на рисунку 1, на якому відображено значень

$M^{<0>}$, $M^{<1>}$, $M^{<2>}$ і поверхня M .



M

Рис. 1. Моделювання процесу реалізації проекту в програмі MathCad14

Відповідно, вісі, зображені на графіку $M^{<0>}$ – роки становлення проекту (до 5-ти років), $M^{<1>}$ – нормована кількість робіт (публікацій, патентів та ін.) за проектом, $M^{<2>}$ – нормований темп зростання робіт (публікацій, патентів та ін.) у відсотках до загальних публікацій за фахом. Поверхня M на графіку гладка, проект не зривається. Зрив відображається на графіку, коли поверхня M розривна.

Висновки

В статті викладено основні результати аналізу поточного стану проблеми моделювання системи управління знаннями високотехнологічних проектів, встановлено, що одним із факторів успіху впровадження ефективної системи збереження знань є можливість оцінки впливу системи на проектне середовище.

Було запропоновано математичну модель нелінійної динаміки для аналізу впливу системи управління знаннями на проект, яка базується на методі Булірша-Штера та дає можливість оцінити вплив елементів системи управління знаннями на прогнозовані етапи реалізації проекту і розрахувати тривалість проекту з урахуванням їх впливу.

Для апробації результатів дослідження було виконано моделювання проекту компанії

ПАТ «НВП «Радій» та визначено етапи його розвитку із впливом системи УЗ. Використання запропонованого підходу, в рамках загальної стратегії УЗ, може сприяти зниженню витрат на 31,4%, а термінів реалізації проекту на 40,2%.

Подальші дослідження будуть направлені на розробку моделі, яка дозволяє оцінити рентабельність системи УЗ в проектному середовищі, спираючись на результати роботи запропонованої математичної моделі.

Література

1. Кривов'язюк, І. В. Забезпечення інноваційної активності авіаційних підприємств у контексті їх логістичної діяльності [Текст] / І. В. Кривов'язюк, Ю. М. Кулик // Проблеми системного підходу в економіці. Збірник наукових праць. – 2017. – Вип. 6(62), част. 1. – С. 7-13.
2. Шедяков, В. Є. Досягнення й утримання конкурентоспроможності в умовах посилення ролі економіки знань [Текст] / В. Є. Шедяков // Формування ринкових відносин в Україні. – 2015. – № 4 (167). – С. 22-29.
3. Hislop, D. Knowledge management in organizations: A critical introduction [Text] / D. Hislop, R. Bousua, R. Helms. – Oxford University Press, 2018. – 344 p.
4. Николаева, Ю. Р. Управление интеллектуальным капиталом в условиях инновационной экономики [Текст] / Ю. Р. Николаева, Е. А. Шубина, Р. М. Тайдаев // Социально-экономические явления и процессы. – 2015. – Т. 10. – №. 10. – С. 93-97. DOI: 10.20310/1819-8813-2015-10-10-93-97
5. Білоус-Сергєєва, С. О. Оцінка інтелектуального капітала промислового підприємства [Текст] / С. О. Білоус-Сергєєва // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2011. – Т. 1. – С. 208-213.
6. 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.
7. Massingham, P. R. Measuring the impact of knowledge loss: a longitudinal study [Text] / P. R. Massingham // Journal of Knowledge Management. – 2018. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 721-758. DOI: 10.1108/JKM-08-2016-0338
8. Смоквіна, Г. А. Підходи та інструменти оцінювання інтелектуального капіталу як чинника забезпечення економічної безпеки підприємства [Текст] / Г. А. Смоквіна // ЕКОНОМІКА: реалії часу. – 2016. – № 6 (28). – С. 114-126.
9. Intellectual capital, knowledge management practices and firm performance [Text] / H. Hussinki, P. Ritala, M. Vanhala, A. Kianto // Journal of Intellectual Capital. – 2017. – Vol. 18, Iss. 4. – P. 904-922. DOI: 10.1108/JIC-11-2016-0116

10. Чуличков, А. И. Математические модели нелинейной динамики [Текст] / А. И. Чуличков. – М.: Физматгиз, 2003. – 296 с.

11. Шарковский, А. Н. Разностные уравнения и их приложения [Текст] / А. Н. Шарковский, Ю. А. Майстренко, Ю. Е. Романенко. – К.: Наукова Думка, 1986. – 280 с.

12. Офіційна сторінка Науково-виробничого підприємства «Радій» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.radiy.com/> – 12.03.2019.

References

1. Kryvovyazyuk, I. V., Kulyk, Y. M. Zabezpechennya innovatsiynoi aktyvnosti aviatsiynykh pidpryyemstv u konteksti yikh lohistychnoyi diyal'nosti [Supply of innovative activity of aviation enterprises in the context of their logistics activity]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi. Zbirnyk naukovykh prats'* – *Problems systematic approach in economics*, 2017, vol. 6(62), part 1, pp. 7-13.

2. Shedyakov, V. Ye. Dosyahnennya y utrymannya konkurentospromozhnosti v umovakh posylennoy roli ekonomiky znan' [Achieving and maintaining competitiveness in conditions of strengthening the role of the knowledge economy]. *Formuvannya rynkovykh vidnosyn v Ukrayini – The formation of market relations in Ukraine*, 2015, no. 4(167), pp. 22-29.

3. Hislop, D., Bosua, R., Helms, R. *Knowledge management in organizations: A critical introduction*. Oxford University Press Publ., 2018. 344 p.

4. Nikolaeva, Ju. R., Shubina E. A., Tajdaev, R. M. Upravlenie intellektual'nym kapitalom v usloviyah innovatsionnoy jekonomiki [Management of the intellectual capital in the conditions of innovative economy] *Sotsial'no-jekonomicheskie javleniya i processy – Social and Economic Phenomena and Processes*, 2015, vol. 10, iss. 10, pp. 93-97. DOI: 10.20310/1819-8813-2015-10-10-93-97.

5. Belous-Sergeeva, S. O. Otsinka intelektual'nogo kapitala promyslovoho pidpryyemstva [Estimation of the intellectual capital of an industrial enterprise]. *Teoretychni i praktychni aspekty ekonomiky ta intelektual'noyi vlasnosti – Theoretical and practical aspects of economy and intellectual property*, 2011, vol. 1, pp. 208-213.

6. Ilyashenko, S. M., Shypulina, Yu. S., Ilyashenko, N. S., Komarnyts'ka, H. O. Upravlinnya znannyamy v systemi innovatsiynoho rozvytku orhanyzatsiyi [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.

7. Massingham, P. R. Measuring the impact of knowledge loss: a longitudinal study. *Journal of Knowledge Management*, 2018, vol. 22, iss. 4, pp. 721-758. DOI: 10.1108/JKM-08-2016-0338.

8. Smokvina, H. A. Pidkhody ta instrumenty otsynuyvannya intelektual'nogo kapitalu yak chynnyka zabezpechennya ekonomichnoyi bezpeky pidpryyemstva [Approaches and tools for evaluating intellectual capital as a factor for providing enterprise economic security]. *EKONOMIKA: realiyi chasu – ECONOMICS: realities of time*, 2016, vol. 28, iss. 6, pp. 114-126.

9. Hussinki, H., Ritala, P., Vanhala, M., Kianto, A. Intellectual capital, knowledge management practices and firm performance. *Journal of Intellectual Capital*, 2017, vol. 18, iss. 4, pp. 904-922. DOI: 10.1108/JIC-11-2016-0116.

10. Chulichkov, A. I. *Matematicheskie modeli nelineynoy dinamiki* [Mathematical models of nonlinear dynamics]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 2003. 296 p.

11. Sharkovskij, A. N., Majstrenko, Ju. A., Romanenko, Ju. E. *Raznostnye uravneniya i ih prilozheniya* [Difference equations and their applications]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1986. 280 p.

12. *Ofitsiyina storinka Naukovo-vyrobnychoho pidpryyemstva «Radiy»* [Official page of the Scientific-Production Enterprise "Radiy"]. Available at: <http://www.radiy.com/> (Accessed 12.03.2019).

Надійшла до редакції 28.05.2019, розглянута на редколегії 12.06.2019

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

В. М. Вартамян, Д. А. Штейнбрехер

Предметом изучения в статье являются процессы оценки влияния системы управления знаниями (УЗ) на реализацию высокотехнологичных проектов (ВТП). Целью является разработка подходов к оценке влияния инструментов УЗ на процессы реализации проекта, которые позволят повысить достоверность принятия решений об эффективности системы УЗ. Задача статьи: разработать инструмент поддержки принятия решений путем создания математической модели нелинейной динамики для анализа влияния системы управления знаниями на ВТП. В статье определено, что на современном этапе развития информационной обеспеченности процесса принятия решений, расчет эффективности системы УЗ затруднен из-за отсутствия подходов, которые определяют влияние системы на проект во время его реализации. Рассмотрена процедура

оценки эффективности на примере типового высокотехнологичного предприятия ОАО «НПП «Радий», которое является новатором в области разработки и установки информационно-управляющих систем на базе FPGA для АЭС и исследовательских реакторов. Поэтапное отслеживание влияния системы УЗ на развитие проекта позволит менеджеру прогнозировать как успешное его завершение, так и риски отклонения от запланированных сроков по причине потери критических знаний, что в значительной мере влияет на успешную реализацию проекта. Выводы. Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: мы разработали математическую модель нелинейной динамики для анализа влияния системы УЗ на проект, основанную на методе Булирша-Штера которая, в отличие от существующих, дает возможность оценить влияние элементов системы УЗ на прогнозируемые этапы реализации проекта и рассчитать продолжительность проекта с учетом их влияния. Использование предложенного подхода в рамках стратегии УЗ исследуемого проекта, по расчетам, дает возможность снизить затраты на 31,4%, а срок реализации проекта на 40,2%. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку модели, которая позволяет оценить рентабельность системы УЗ в проектной среде, опираясь на результаты расчетов предложенной математической модели.

Ключевые слова: управление знаниями; модель; нелинейная динамика; инвестиции; развитие.

NONLINEAR DYNAMICS MODEL FOR THE ANALYSIS OF THE OF THE KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM INFLUENCE ON HIGH-TECHNOLOGICAL PROJECTS IMPLEMENTATION

V. Vartanyan, D. Shteinbrekher

The article determines that at the present stage of the project management development in information-oriented society, the decision-making process on the efficiency of the knowledge management system assessment is complicated, due to the lack of approaches that determine the impact of the system on the project implementation. The article presents the main results of the analysis of the current state of the problem of modeling the knowledge management system of high-tech projects, which helped to establish that one of the factors of the introduction of an effective system of knowledge preservation is the ability to assess the impact of the system on the project environment.

In order to solve the problem, the mathematical model of nonlinear dynamics for the analysis of the influence of knowledge management system on the project based on the Bulirsch–Stoer method was proposed, it is possible to evaluate the influence of elements of the knowledge management system on the projected stages of the project implementation and to calculate the duration of the project taking into account their influence. The mathematical model of nonlinear dynamics for the analysis of the influence of the knowledge management system on the Bulirsch–Stoer method is given to evaluate the influence of elements of the knowledge management system on the projected implementation stages and to calculate the duration of the project, taking into account their impact. Bulirsch–Stoer algorithm is a method for the numerical solution of ordinary differential equations which combines three powerful ideas: Richardson extrapolation, the use of rational function extrapolation in Richardson-type applications, and the modified midpoint method, to obtain numerical solutions to ordinary differential equations (ODEs) with high accuracy and comparatively little computational effort. The step-by-step tracking of the knowledge management system impact on the project development will allow the project manager to predict both its successful completion and the risks of deviation from the scheduled time due to the loss of critical knowledge, which largely stems from the successful implementation of the project.

Further research will be aimed at developing a model that allows us to assess the profitability of the system in the design environment, based on the results of the proposed mathematical model.

Keywords: knowledge management; model; nonlinear dynamics; investment; development.

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

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

Vartanyan Vasily – 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>