

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Інна ЧАЙКОВСЬКА

Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова

<https://orcid.org/0000-0001-7482-1010>

e-mail: inna.chaikovska@gmail.com

У статті вперше розроблена інтегрована система економіко-математичних моделей для управління знаннями проєктно-орієнтованих підприємств. Дана система складається з двох підсистем: підсистема управління знаннями операційної діяльності підприємства та підсистема управління знаннями проєктної діяльності підприємства. Система містить наступні блоки: визначення цілей системи управління знаннями (СУЗ) проєктно-орієнтованого підприємства, тобто критеріїв ефективності для СУЗ та окремо для її підсистем; оцінювання підсистеми управління знаннями (ПУЗ); встановлення взаємозв'язку ПУЗ та критерію ефективності; формування сценаріїв розвитку; вибір оптимального сценарію розвитку; оптимізація проблемних місць сценарію; формування управлінського рішення. В рамках розробленої інтегрованої системи використано 13 економіко-математичних моделей. Реалізація інтегрованої системи економіко-математичних моделей для управління знаннями здійснювалося для проєктно-орієнтованого підприємства комунального сектору України МКП «Хмельницьктеплокомуненерго».

Ключові слова: інтегрована система, управління знаннями, проєктно-орієнтоване підприємство, економіко-математична модель.

<https://doi.org/10.31891/mdes/2022-4-17>

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

На сьогоднішній день знання підприємства виступають новим фактором виробництва та стають ключовим елементом бізнес-процесів. Ефективне управління знаннями на проєктно-орієнтованих підприємствах стає дедалі гострішим та все більш актуальним питанням. Вирішення даного питання вимагає побудови інтегрованої системи економіко-математичних моделей для управління знаннями проєктно-орієнтованих підприємств із врахуванням специфіки їх діяльності, а також особливостей функціонування підсистеми управління знаннями як операційної, так і проєктної діяльності.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботі [1] розглядаються моделі управління знаннями (КММ), які найчастіше використовуються у практиці підприємств. Встановлено, що КММ відіграють життєво важливу роль для швидкого розвитку технологій та появи нових продуктів і послуг у суспільстві. У цьому дослідженні підготовлено теоретичну основу для мультиагентної системи управління знаннями, і організації можуть використовувати пов'язані моделі відповідно до їх організаційної структури та особливостей функціонування. Зазначено, що при наявності великої кількості КММ, значна кількість моделей ще буде створена в майбутньому, адже дане питання є досить актуальним.

У роботі [2] описано схему математичної моделі системи управління знаннями в організації. Також успішно продемонстровано, що можна отримати рекомендації щодо проєктування, використовуючи модель. У запропонованій моделі передача знань визначається за допомогою трьох факторів (прибутки, витрати та перешкоди).

У дослідженні [3] обговорюються методи математичного моделювання для представлення та керування людськими знаннями, які по суті є нечіткими та залежними від контексту. У цій роботі також запропоновано новий метод нечіткої лінійної регресії для даних, у яких існує безліч різних вихідних даних для одного і того ж входу. Основною ідеєю запропонованої методики є відображення даних окремих оцінювачів у простір параметрів моделі, максимально зберігаючи зв'язки між думками оцінювачів.

У роботі [4] запропоновано математичну модель для оцінки організаційних можливостей навчання в контексті управління знаннями в компаніях. Оскільки спрощення та розвиток рівня навчання в будь-якій організації видається необхідним, у цій статті представлено математичну модель для максимізації організаційних можливостей навчання. Запропонована математична модель зосереджена на необхідних витратах, праці та капіталу для реалізації деяких ефективних вимірів про здатність до навчання в різних частинах організації.

У дослідженні [5] зазначено, що у нинішньому макроекономічному сценарії прийняття економічних рішень у будь-якій державній організації має підтримуватися відповідним економіко-інтелектом. В роботі представлено модель управління знаннями, засновану на структурі «вхід-випуск», яка дає змогу знати економічний вплив інвестицій. Ця модель підтримується інформаційною системою, яка сприятиме економічним аналітикам у прийнятті рішень у сфері державних інвестицій. Модель і система були застосовані в галузі оборони для оцінки економічного впливу низки інвестиційних програм в авіаційному секторі. Результати цього дослідження підкреслюють, що інвестиції в оборонну сферу мають велике значення для економіки та зосереджені на ключових галузях економіки. Набір програм має велику складність, оскільки охоплює закупівлі, включаючи технічну допомогу, консалтинг, виробничі системи, матеріально-технічне забезпечення, навчання, конструювання матеріалів, розробку комп'ютерних і комунікаційних систем, розробку електронного обладнання, фінансові домовленості та інші.

У роботі [6] досліджено важливість процесів управління знаннями в проектно-орієнтованій організації. Зазначена необхідність вивчення питання управління знаннями про проекти із врахуванням різних рівнів зрілості підприємства з управління проектами. У зв'язку з дослідницьким та індуктивним характером цього дослідження в якості методології дослідження було обрано якісні методи. У цій роботі представлені часткові результати проведеного дослідження дослідницької організації з найнижчим рівнем зрілості. Результат показує, що створення та одержання знань є найважливішими процесами, тоді як передача та повторне використання знань не настільки важливі, як два інші процеси.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Незважаючи на значну кількість досліджень у даному напрямку, які спрямовані на побудову економіко-математичних моделей для управління знаннями проектно-орієнтованих підприємств, невирішеним залишається питання побудови системи управління знаннями проектно-орієнтованого підприємства як комплексу взаємопов'язаних моделей, котрі дозволяють приймати обґрунтовані ефективні управлінські рішення у сфері управління знаннями з метою досягнення цільових значень критеріїв економічної ефективності діяльності підприємства.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є розробка інтегрованої системи економіко-математичних моделей для управління знаннями проектно-орієнтованого підприємства.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У попередніх дослідженнях автором розроблені економіко-математичні моделі для управління знаннями проектно-орієнтованого підприємства (таблиця 1).

Таблиця 1

Комплекс економіко-математичних моделей інтегрованої системи управління знаннями проектно-орієнтованого підприємства

Номер моделі	Назва моделі	Опис моделі та методів, які використано для її побудови
1	2	3
Операційна діяльність		
1	Економіко-математична модель формування комплексної оцінки та визначення рівня зрілості системи управління знаннями підприємства [7]	Використано сірий реляційний аналіз та метод аналізу ієрархій
2	Моделі залежності показника економічної ефективності діяльності підприємства від комплексного показника системи управління знаннями підприємства [8]	Побудовано експоненціальну, лінійну, логарифмічну, поліноміальну, степеневу залежність. Для підприємства обирається оптимальна модель залежності із врахуванням величини достовірності апроксимації. Обрана модель дозволяє визначити необхідне значення комплексного показника системи управління знаннями підприємства з метою досягнення цільового значення показника економічної ефективності діяльності підприємства
3	Моделі комплексної оцінки працівника при підборі персоналу в системі управління знаннями підприємства [9]	Встановлено найбільш вагомі фактори оцінки працівника при підборі персоналу із використанням експертного опитування та методу побудови мажоритарного відношення переваг на множині факторів, що оцінюються. Визначено рівень взаємозв'язку між обраними факторами

1	2	3
4	Економіко-математична модель формування підрозділу (команди проєкту) [10]	Для комплексної оцінки оптимальності складу структурного підрозділу з управління знаннями (команди проєкту) застосуються елементи комбінаторики, експертне опитування та метод безпосередньої оцінки
Проектна діяльність		
5	Економіко-математична модель для визначення комплексної оцінки рівня сформованості областей знань з управління проєктами на підприємстві та визначення рівня зрілості підприємства з управління проєктами [11]	Використано теорію нечітких множин та експертний метод безпосередньої оцінки. Для визначення рівня прояву складових в якості функції належності використана шкала Харрінгтона
6	Економіко-математична модель, яка дозволяє оцінити вплив системи управління знаннями проєктної діяльності підприємства на успішну реалізацію проєктів	Модель дозволяє визначити ймовірність успішної реалізації проєктів на підприємстві із використанням нечіткої логіки, а саме нечіткого логічного висновку Мамдані
7	Моделі залежності показника економічної ефективності діяльності підприємства від успіху проєкту	Побудовано експоненціальну, лінійну, логарифмічну, поліноміальну, степеневу залежність. Для підприємства обирається оптимальна модель залежності із врахуванням величини достовірності апроксимації. Обрана модель дозволяє визначити необхідне значення ймовірності успішної реалізації проєктів з метою досягнення цільового значення показника економічної ефективності діяльності підприємства
8	Економіко-математична модель формування оптимального складу команди проєкту за рівнем знань в сучасних умовах, яка дозволяє успішно реалізувати проєкт [12]	Модель передбачає застосування елементів комбінаторики для визначення можливих комбінацій працівників підрозділів. Також використано знання експертів та метод Фішберна для визначення вагових коефіцієнтів областей знань. Побудована карта знань підприємства, ієрархічне дерево областей знань проєкту із використанням системи відношень переваг. Використана модифікована шкала Харрінгтона для оцінювання рівня знань потенційних членів команди проєкту
9	Використання моделі Лотки-Вольтерри для управління знаннями проєкту [13]	Досліджено вплив вхідних показників на максимальний рівень згенерованих знань у його коливальному процесі під час реалізації проєкту
10	Економіко-математична модель визначення оптимальної тривалості робіт проєкту з метою генерації нових знань [14]	Модель дозволяє оптимізувати область знань «Управління термінами проєкту» підприємства. Модель передбачає застосування елементів комбінаторики для визначення можливих комбінацій тривалості етапів. Також застосовувались знання експертів та метод безпосередньої оцінки для визначення вагових коефіцієнтів етапів проєкту
11	Економіко-математична модель визначення комплексної оцінки ризиків інвестиційного проєкту підприємства [15]	Модель дозволяє оптимізувати область знань «Управління ризиками проєкту» підприємства. Модель побудована із використанням нечіткої логіки та враховує ймовірність настання кожного із визначених ризиків та рівень впливу кожного з них на проєкт. Вірогідність настання ризиків задається експертами у вигляді балів та перетворюється у лінгвістичні терми, а рівень впливу кожного з них на проєкт - відношенням переваги та визначається за допомогою ваг Фішберна.
12	Застосування статистичного методу та елементів теорії ігор до значень показника чистого приведенного доходу проєкту [16, 17]	Модель дозволяє оптимізувати область знань «Управління вартістю проєкту» підприємства. З метою обрання підприємством найменш ризикового проєкту запропоновано до значень показника чистого приведенного доходу за кожен рік реалізації проєкту застосувати статистичний метод оцінки ризику, а також критерій, які використовуються при прийнятті рішення в умовах невизначеності: критерій Вальда; критерій домінуючого результату; критерій Севіджа; критерій Лапласа; критерій Гурвіца
13	Економіко-математична модель вибору проєкту для реалізації [18]	Модель дозволяє оптимізувати область знань «Управління вмістом (масштабом) проєкту» підприємства. Застосовано метод аналізу ієрархії, який дозволяє кількісно визначити порівняльну важливість критеріїв та субкритеріїв оцінки кожного з проєктів та вибору оптимального

Джерело: сформовано автором на основі [7-18]

Розроблені моделі використано при розробці інтегрованої системи економіко-математичних моделей для управління знаннями проєктно-орієнтованого підприємства (рис.1).

На рис.1 використано наступні умовні позначення: СУЗ – система управління знаннями; ПОП – проектно-орієнтоване підприємство; ПУЗ – підсистема управління знаннями; ОДП – операційна діяльність підприємства; ПДП – проектна діяльність підприємства.

Блок «Визначення цілей СУЗ» передбачає визначення загальної цілі СУЗ ПОП та цілей у вигляді критеріїв ефективності для ПУЗ ОДП ($EI_{цiл(2)}$) та ПУЗ ПДП ($EI_{цiл(5)}$).

Блок «Оцінювання ПУЗ» передбачає комплексне оцінювання підсистем управління знаннями (операційної та проектної). Для комплексної оцінки ПУЗ ОДП запропонована «Модель 1» (таблиця 1) із використанням методу аналізу ієрархії та сірого реляційного аналізу. Входами у дану модель є: $[x_{1(1)}(t)...x_{43(1)}(t)]$ – вхідні показники для визначення комплексної оцінки системи управління знаннями операційної діяльності підприємства, яке досліджується в рамках критеріїв «Люди», «Технології», «Процеси» у визначений період t ; $[x_{e1}(t)...x_{e43}(t)]$ – вхідні показники для підприємства-еталона; $[w_{1(1)}...w_{43(1)}]$ – вагові коефіцієнти показників.

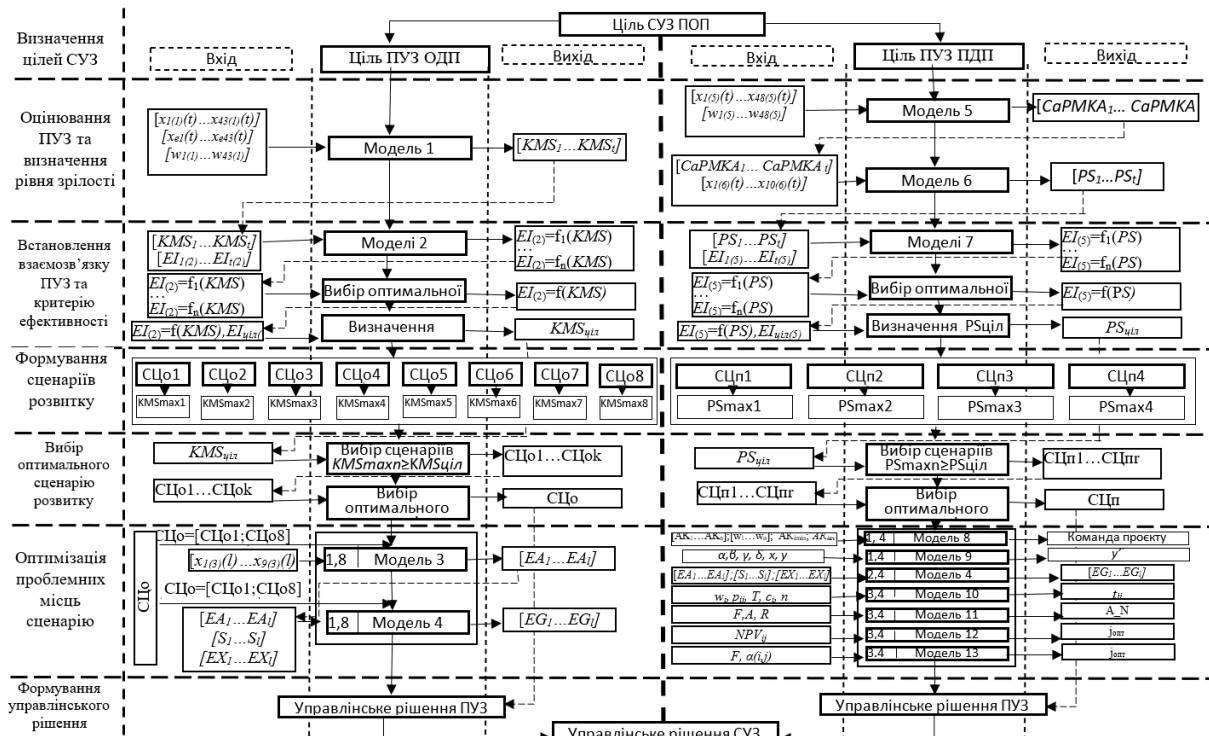


Рис. 1. Інтегрована система економіко-математичних моделей для управління знаннями проектно-орієнтованого підприємства

Виходом «Моделі 1» є $[KMS_1...KMS_t]$ – комплексна оцінка системи управління знаннями операційної діяльності підприємства, котре досліджується. Для оцінювання ПУЗ ПДП використана «Модель 5» та «Модель 6». «Модель 5» дозволяє визначити комплексну оцінку рівня сформованості областей знань з управління проектами (згідно РМВОК). Входами у дану модель є: $[x_{1(5)}(t)...x_{48(5)}(t)]$ – вхідні показники для визначення комплексної оцінки рівня сформованості областей знань з управління проектами (управління інтеграцією, вмістом, термінами, вартістю, якістю, ресурсами, комунікаціями, ризиками, закупівлями, зацікавленими сторонами проекту) підприємства, яке досліджується, у визначений період t ; $[w_{1(5)}...w_{48(5)}]$ – вагові коефіцієнти вхідних показників моделі. Виходом «Моделі 5» є $[CaPMKA_1...CaPMKA_t]$ – комплексна оцінка рівня сформованості областей знань підприємства, яке досліджується, у визначений період t . «Модель 6» дозволяє визначити вплив ПУЗ ПДП на успіх проекту (ймовірність успішної реалізації проекту). Входами у «Модель 6» є $[CaPMKA_1...CaPMKA_t]$ – вихід «Моделі 5», $[x_{1(6)}(t)...x_{10(6)}(t)]$ – вхідні показники в рамках критеріїв «Управління знаннями проекту (РКМ)», та «Управління знаннями між проектами (КМаР)» для підприємства, яке досліджується, у визначений період t . Виходом «Моделі 6» є $[PS_1...PS_t]$ – ймовірність успішної реалізації проектів на підприємстві у період t .

Блок «Встановлення взаємозв'язку ПУЗ та критерію ефективності» дозволяє знайти вплив ПУЗ на встановлений цільовий критерій ефективності. Даний блок передбачає побудову моделей взаємозв'язку, вибір оптимальної моделі та визначення цільового значення отриманого

комплексного показника, що характеризує ПУЗ, котрий був отриманий у попередньому блоці. Входами у «Моделі 2» для операційної діяльності підприємства є: $[KMS_1 \dots KMS_t]$ – вихід «Моделі 1»; $[EI_{t(2)} \dots EI_{t(2)}]$ – значення обраного показника ефективності для ПУЗ ОДП $EI_{(2)}$ в динаміці за період t . Виходами у «Моделі 2» є $[EI_{(2)}=f_1(KMS) \dots EI_{(2)}=f_n(KMS)]$ – комплекс моделей взаємозв'язку між $EI_{(2)}$ та KMS . Серед побудованих моделей обирається оптимальна та, згідно обраної моделі, та встановленого підприємством цільового значення критерію ефективності $EI_{цiл(2)}$ визначається цільове значення $KMS_{цiл}$ – цільове значення комплексної оцінки системи управління знаннями операційної діяльності підприємства, котре досліджується. Входами у «Моделі 7» для проєктної діяльності підприємства є: $[PS_1 \dots PS_t]$ – вихід «Моделі 6»; $[EI_{t(5)} \dots EI_{t(5)}]$ – значення обраного показника ефективності для ПУЗ ПДП $EI_{(5)}$ в динаміці за період t . Виходами у «Моделі 7» є $[EI_{(5)}=f_1(PS) \dots EI_{(5)}=f_n(PS)]$ – комплекс моделей взаємозв'язку між $EI_{(5)}$ та PS . Серед побудованих моделей обирається оптимальна $EI_{(5)}=f(PS)$ та, згідно обраної моделі, та встановленого підприємством цільового значення критерію ефективності $EI_{цiл(5)}$ визначається цільове значення $PS_{цiл}$ – цільове значення ймовірності успішної реалізації проєктів на підприємстві.

Блок «Формування сценаріїв розвитку». Для ПУЗ ОДП сформовані наступні сценарії розвитку: СЦо1 - сценарій «Люди», СЦо2 - сценарій «Технології», СЦо3 - сценарій «Навчання», СЦо4 - сценарій «Інноваційна діяльність», СЦо5 - сценарій «Інноваційні процеси», СЦо6 - сценарій «Інноваційна співпраця», СЦо7 - сценарій «Операційна діяльність», СЦо8 - сценарій «Комплексний». Із використанням аналізу чутливості для кожного сценарію (в рамках однойменного критерію) складові показники збільшено до максимально можливого рівня, за умови, що інші параметри залишаються незмінними, та відслідковано вплив даних змін на кінцеві характеристики (для операційної діяльності – KMS). Таким чином для кожного сценарію визначено максимально можливе значення KMS (KMS_{max1} , KMS_{max2} , KMS_{max8}). Для ПУЗ ПДП сформовані наступні сценарії розвитку: СЦп1 – сценарій «Управління знаннями проєкту», СЦп2 – сценарій «Управління знаннями між проєктами», СЦп3 – «Управління знаннями про управління проєктами», СЦп4 – сценарій «Комплексний». Аналогічно операційній діяльності для проєктної знайдено PS_{max1} , PS_{max2} , PS_{max3} , PS_{max4} .

Блок «Вибір оптимального сценарію розвитку» передбачає відбір сценаріїв згідно умови: для операційної діяльності $KMS_{maxn} \geq KMS_{цiл}$, для проєктної – $PS_{maxn} \geq PS_{цiл}$, а також вибір оптимального з обраних сценаріїв за умовою мінімізації витрат.

Блок «Оптимізація проблемних місць сценарію» включає моделі в рамках окремих сценаріїв з метою прийняття управлінського рішення. Для ПУЗ ОДП це «Модель 3» та «Модель 4», котрі можна використати при реалізації сценарію 1 («Люди») та сценарію 8 («Комплексний»). «Модель 3» – це модель комплексної оцінки працівника при підборі персоналу в системі управління знаннями підприємства. Входом у дану модель є $[x_{1(3)}(l) \dots x_{9(3)}(l)]$ – вхідні показники професійної, інтелектуальної та соціальної складової для кандидата l . Виходом у «Моделі 3» є $[EA_1 \dots EA_l]$ – комплексна оцінка працівника l (EA) в системі управління знаннями підприємства та рекомендація стосовно обрання кандидата з максимальним значенням EA . «Модель 4» – це модель формування підрозділу з управління знаннями (комплексної оцінки оптимальності складу структурного підрозділу). Входами у «Модель 4» є: $[EA_1 \dots EA_l]$ – індивідуальні показники потенційних працівників підрозділу (професійна та інтелектуальна складові); $[S_1 \dots S_l]$ – індивідуальні показники потенційних працівників підрозділу (знання, зацікавленість і досвід вирішення аналогічних задач); $[EX_1 \dots EX_l]$ – групові показники (соціальна взаємодія між членами групи). Виходом «Моделі 4» є $[EG_1 \dots EG_l]$ – комплексна оцінка групи працівників підприємства, створеної для генерації нового знання та рекомендація стосовно формування структурного підрозділу. Для ПУЗ ПДП це «Модель 4», «Модель 8», «Модель 9», «Модель 10», «Модель 11», «Модель 12», «Модель 13». «Модель 4» може бути використана для сценарію 2 та 4 з метою формування Офісу з управління проєктами. «Модель 8» – економіко-математична модель формування оптимального складу команди проєкту за рівнем знань. Входами у «Модель 8» є: $[AK_1 \dots AK_n]$ – бальна оцінка області знань (Area of Knowledge) працівника, n – кількість областей знань, яким має відповідати працівник підрозділу; $[w_1 \dots w_n]$ – вагові коефіцієнти (рівень впливу) для областей знань; AK_{imin} – мінімальний рівень знань для кожної області знань; AK_{iav} – середній рівень знань для комбінацій працівників з одного підрозділу. Виходом «Моделі 8» є рекомендація стосовно оптимального складу команди проєкту за рівнем знань. У якості вхідних показників «Моделі 9» запропоновано використовувати: ймовірність того, що обсяги корисної та необхідної інформації збільшаться (α); ймовірність того, що наявна корисна та необхідна інформація перетвориться у знання (β); ймовірність того, що для формування знань буде відсутня необхідна інформація (γ); ймовірність того, що для формування та збільшення обсягу

знань буде достатньо наявної корисної інформації та налагоджених каналів комунікації на підприємстві під час реалізації проєкту (δ); усереднене початкове значення наявної інформації з різних областей знань для реалізації проєкту за 10-бальною шкалою (x); усереднене початкове значення наявних знань з різних областей знань для реалізації проєкту за 10-бальною шкалою (y). Виходом «Моделі 9» є y' – згенерований рівень знань. Входами у «Моделі 10» є w_i – вагові коефіцієнти реалізації завдань та генерації знань на окремому етапі, які встановлені експертами; i – номер етапу проєкту; p_{ij} – ймовірність виконання поставлених завдань на певному етапі, тобто генерація нових знань за встановлений термін; j – варіант кількості днів реалізації завдань проєкту та генерації нового знання на певному етапі; T – загальна тривалість проєкту; c_i – витрати на i -му етапі проєкту для реалізації встановлених завдань та генерації нового знання за одиницю часу; n – кількість етапів, за допомогою яких реалізується проєкт. Виходом «Моделі 10» є оптимальна тривалість етапів проєкту t_{ij} . Входами у «Моделі 11» є F – ієрархія існуючих ризиків проєкту (ієрархічне дерево логічного висновку); A – набір якісних оцінок кожного фактору в ієрархії (лінгвістичні терми); R – система відношень переваг одних ризиків над іншими (для одного рівня ієрархії). Виходом «Моделі 11» є A_N – комплексний показник ризиків інвестиційного проєкту. Входами у «Моделі 12» є NPV_{ij} – значення показника чистого приведенного доходу за кожен рік (i) реалізації проєкту (j). Виходом у «Моделі 12» є рекомендація обрання оптимального проєкту j_{opt} . Входами у «Моделі 13» є F – ієрархія обраних критеріїв проєкту, $a(i,j)$ – попарні порівняння критеріїв та проєктів. Виходом у «Моделі 13» є рекомендація обрання оптимального проєкту j_{opt} .

Блок «Формування управлінського рішення» передбачає формування управлінського рішення для ПУЗ ОДП, ПУЗ ПДП та формування єдиного управлінського рішення у вигляді вектора необхідних змін з метою досягнення встановленої цілі СУЗ ПОП.

Розроблена інтегрована система відповідає загальним методологічним принципам побудови інтегрованих систем: принципу розвитку, адже передбачає необхідність та можливість постійного вдосконалення економіко-математичних моделей, котрі входять до її складу та можливість інтегрування нових моделей за необхідності; принципу єдності, тому що комплекс економіко-математичних моделей інтегрованої системи відображені в єдиній структурі взаємопов'язаних блоків. Використано спільний підхід до методологічних підходів при побудові однотипних моделей, які використовуються в підсистемах управління знаннями; принципу відносної автономності, адже система розроблених моделей дозволяє виділяти відносно самостійні частини, які можна використовувати відокремлено для вирішення визначеного завдання, не очікуючи завершення робіт по всій системі моделей; принципу відповідності та адаптації, адже розроблені моделі враховують особливості підсистем управління знаннями шляхом підбору та деталізації вхідних показників, а також моделі можна адаптувати до будь-яких підприємств із врахуванням особливостей їх діяльності. Також розроблена система враховує принцип орієнтації на цільові значення показників, адже враховуються критерії ефективності як для ПУЗ ОДП, так і для ПУЗ ПДП; принцип необхідного різноманіття шляхом підбору відповідного математичного апарату для кожної моделі із врахуванням особливостей процесу, що моделюється; принцип взаємного доповнення груп моделей, оскільки для досліджуваних підсистем управління знаннями розроблено моделі, котрі дозволяють оцінити стан підсистеми управління знаннями, її взаємозв'язок із обраними критеріями ефективності; формування та вибір оптимального сценарію розвитку; моделі для оптимізації проблемних місць сценарію, що у комплексі дозволяють приймати ефективні обґрунтовані управлінські рішення. Також враховано принцип інформаційного зв'язку моделей, оскільки вихідна інформація одних моделей виступає вхідною інформацією для інших моделей.

Результати застосування розробленої інтегрованої систему управління знаннями для проєктно-орієнтованого підприємства МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» представлені у таблиці 2.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У статті вперше розроблена інтегрована система економіко-математичних моделей для управління знаннями проєктно-орієнтованих підприємств. Дана система складається з двох підсистем: підсистема управління знаннями операційної діяльності підприємства та підсистеми управління знаннями проєктної діяльності підприємства.

Таблиця 2

**Результати застосування розробленої інтегрованої системи управління знаннями на
МКП «Хмельницьктеплокомуненерго»**

Блок	ПУЗ ОДП		ПУЗ ПДП	
	Складові елементи	Результат	Складові елементи	Результат
Визначення цілей СУЗ	Ціль СУЗ ПОП – покращення показників конкурентоспроможності підприємства			
	Ціль ПУЗ ОДП (($EL_{цiл(2)}$))	Підвищення продуктивності праці на одного працюючого (ПП) до рівня 70000 грн.	Ціль ПУЗ ПДП (($EL_{цiл(5)}$))	Зменшення споживання електроенергії по підприємству до рівня 9200 тис.кВт*год
Оцінювання ПУЗ та визначення рівня зрілості	Модель 1	$KMS_{2015}=0,531$ $KMS_{2016}=0,578$ $KMS_{2017}=0,602$ $KMS_{2018}=0,630$ $KMS_{2019}=0,627$ $KMS_{2020}=0,634$	Модель 5	$CaPMKA_{2016}=5,15$ $CaPMKA_{2017}=5,27$ $CaPMKA_{2018}=5,65$ $CaPMKA_{2019}=5,86$ $CaPMKA_{2020}=5,90$
			Модель 6	$PS_{2016}=51,80$ $PS_{2017}=54,60$ $PS_{2018}=55,50$ $PS_{2019}=59,80$ $PS_{2020}=61,60$
	Рівень зрілості з управління знаннями	на межі між середнім та вище середнього рівнем	Рівень зрілості з управління проектами	на межі між середнім та вище середнього рівнем
Встановлення взаємозв'язку ПУЗ та критерію ефективності	Моделі 2 Позначення: $KMS(x)$; продуктивність праці 1 працюючого в місяць, грн. (y).	$y = 321170x - 142064$ $y = 537,57e^{0,5172x}$ $y = 187430\ln(x) + 146749$ $y = -880424x^2 + 1E+06x - 441142$ $y = -1E+07x^3 + 2E+07x^2 - 1E+07x + 2E+06$ $y = 466303x^{4,398}$	Моделі 7 Позначення: $PS, \%$ (x); споживання електроенергії по підприємству, тис.кВт*год (y).	$y = -199,7x + 23325$ $y = 30552e^{-0,017x}$ $y = -11394\ln(x) + 57987$ $y = 535267x^{-0,941}$ $y = 18,417x^2 - 2294,4x + 82650$ $y = -3,8048x^3 + 662,08x^2 - 38512x + 760517$
	Вибір оптимальної	$y = 187430\ln(x) + 146749$.	Вибір оптимальної	$y = 535267x^{-0,941}$.
	Визначення $KMS_{цiл}$	0,664	Визначення $PS_{цiл}$	75,06 %
Формування сценаріїв розвитку	СЦо1 - сценарій «Люди», СЦо2 - сценарій «Технології», СЦо3 - сценарій «Навчання», СЦо4 - сценарій «Інноваційна діяльність», СЦо5 - сценарій «Інноваційні процеси», СЦо6 - сценарій «Інноваційна співпраця», СЦо7 - сценарій «Операційна діяльність», СЦо8 - сценарій «Комплексний».		СЦп1 - сценарій «Управління знаннями проекту», СЦп2 - сценарій «Управління знаннями між проектами», СЦп3 - «Управління знаннями про управління проектами», СЦп4 - сценарій «Комплексний».	
	$KMS_{max1}=0,688$; $KMS_{max2}=0,729$; $KMS_{max3}=0,672$; $KMS_{max4}=0,685$; $KMS_{max5}=0,733$; $KMS_{max6}=0,655$; $KMS_{max7}=0,679$; $KMS_{max8}=1,000$.		$PS_{max1}=74,2 \%$ $PS_{max2}=63,7 \%$ $PS_{max3}=74,3 \%$ $PS_{max4}=100 \%$	
Вибір оптимального сценарію розвитку	Вибір сценаріїв $KMS_{max} \geq KMS_{цiл}$	СЦо1, СЦо2, СЦо3, СЦо4, СЦо5, СЦо7, СЦо8	Вибір сценаріїв $PS_{max} \geq PS_{цiл}$	СЦп4
	Вибір оптимального сценарію	СЦо3 $KMS_{max3}=0,672$	Вибір оптимального сценарію	СЦп4 $PS_4=75,10$
Оптимізація проблемних місць сценарію	Модель 3	-	Модель 8	+
	Модель 4	-	Модель 9	+
			Модель 4	+
			Модель 10	+
			Модель 11	+
			Модель 12	+
			Модель 13	+
Формування управлінського рішення	Управлінське рішення ПУЗ ОДП	збільшення частки працівників, які здійснювали навчання в навчальних закладах з 7 % до 15%; збільшення витрат на навчання з 0,6 % до 3 % від фонду оплати праці	Управлінське рішення ПУЗ ПДП	показник <i>People</i> (команда проекту) збільшити до рівня 10 балів (модель 8); <i>Pr3</i> (обмін та використання знань) - до рівня 5 балів (із використанням Моделі 9); збільшити $KMaPM$ ($CaPMKA$) - до рівня 8 балів (модель 10, 11, 12, 13); створити структурний підрозділ «Офіс управління проектами» (модель 4)
	1) збільшення частки працівників, які здійснювали навчання в навчальних закладах з 7 % до 15%; 2) збільшення витрат на навчання з 0,6 % до 3 % від фонду оплати праці; 3) об'єднане формування команди проекту за рівнем знань з 3,5 бали до 10 балів із використанням «Моделі 8»; 4) підвищити комплексну оцінку рівня сформованості областей знань з управління проектами з 5,9 бали до 8 балів за рахунок: - управління знаннями проекту з 2 до 10 балів (із використанням «Моделі 9»); - оптимізувати визначення масштабу (охоплення) проекту від 4 до 10 балів (із використанням «Моделі 13»); - оптимізувати визначення послідовності робіт проекту, оцінка тривалості робіт проекту, розробка графіку робіт проекту, управління графіком робіт проекту до 10 балів (із використанням «Моделі 10»); - вдосконалити оцінку витрат проекту з 4 до 10 балів (із використанням «Моделі 12»); - вдосконалити розвиток та управління командою проекту з 2 до 10 балів (із використанням «Моделі 8»); - вдосконалити визначення ризиків проекту, якісний аналіз ризиків проекту, кількісний аналіз ризиків проекту, план реагування на ризики до 10 балів (із використанням «Моделі 11»); 5) створити структурний підрозділ «Офіс управління проектами» (із використанням «Моделі 4»).			

Джерело: сформовано автором

Система містить наступні блоки: визначення цілей системи управління знаннями (СУЗ) проектно-орієнтованого підприємства, тобто критеріїв ефективності для СУЗ та окремо для її підсистем; оцінювання підсистеми управління знаннями (ПУЗ); встановлення взаємозв'язку ПУЗ та критерію ефективності; формування сценаріїв розвитку; вибір оптимального сценарію розвитку; оптимізація проблемних місць сценарію; формування управлінського рішення. В рамках розробленої інтегрованої системи використано 13 економіко-математичних моделей, розроблених автором. Реалізація інтегрованої системи економіко-математичних моделей для управління знаннями здійснювалося для проектно-орієнтованого підприємства комунального сектору України МКП «Хмельницьктеплокомуненерго». З метою підвищення продуктивності праці на одного працюючого (ПП) до рівня 70000 грн. підприємству необхідно збільшення частки працівників, які здійснювали навчання в навчальних закладах з 7 % до 15%; збільшення витрат на навчання з 0,6 % до 3 % від фонду оплати праці. З метою зменшення споживання електроенергії по підприємству до рівня 9200 тис.кВт*год (за рахунок збільшення ймовірності успішної реалізації проектів до 0,7410) підприємству необхідно обґрунтоване формування команди проекту за рівнем знань з 3,5 бали до 10 балів із використанням «Моделі 8»; підвищити комплексну оцінку рівня сформованості областей знань з управління проектами з 5,9 бали до 8 балів за рахунок: управління знаннями проекту з 2 до 10 балів (із використанням «Моделі 9»); оптимізувати визначення масштабу (охоплення) проекту від 4 до 10 балів (із використанням «Моделі 13»); оптимізувати визначення послідовності робіт проекту, оцінка тривалості робіт проекту, розробка графіку робіт проекту, управління графіком робіт проекту до 10 балів (із використанням «Моделі 10»); вдосконалити оцінку витрат проекту з 4 до 10 балів (із використанням «Моделі 12»); вдосконалити розвиток та управління командою проекту з 2 до 10 балів (із використанням «Моделі 8»); вдосконалити визначення ризиків проекту, якісний аналіз ризиків проекту, кількісний аналіз ризиків проекту, план реагування на ризики до 10 балів (із використанням «Моделі 11»), а також необхідно створити структурний підрозділ «Офіс управління проектами» (із використанням «Моделі 4»).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Mohajan H.K. The Impact of Knowledge Management Models for the Development of Organizations / H.K. Mohajan // *Journal of Environmental Treatment Techniques*. – 2017. – Vol. 5. – Is. 1. – P. 12-33.
2. Mathematical Model of Knowledge Management System in an Organization / A.W.Saviour, F. Mahama, N. Kuadey, C. Ankorah // *Global Journal of Management and Business Research: A Administration and Management*. – 2016. –Vol. 16. – Is. 5. – P. 13- 20.
3. Nakamori Y. Systems Methodology and Mathematical Models for Knowledge Management / Y. Nakamori // *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. – 2003. – Vol. 12. – №1. – P. 49-72.
4. Alikhani M. A Mathematical Model for Optimizing Organizational Learning Capability / M. Alikhani, H. Fazlol-lahtabar // *Advances in Operations Research*. – 2014. – Vol. 2014. [Електронний ресурс]. – Available at : <http://dx.doi.org/10.1155/2014/490210>
5. Fernández J.R. Knowledge management model proposal based on an economic output input framework / J.R. Fernández, A.V. Castro // 2015. [Електронний ресурс]. – Available at : <https://eprints.ucm.es/id/eprint/30681/1/PAPER%20ABOUT%20KMMEI%20FROM%20JR%20and%20AVALINO.pdf>
6. Sokhanvar Sh. Importance of Knowledge Management Processes in a Project-based organization: a Case Study of Research Enterprise / Sh. Sokhanvar, J. Matthews, P. Yarlagadda // *Procedia Engineering*. – 2014. – № 97. – P. 1825 – 1830.
7. Чайковська І.І. Застосування методу сірого реляційного аналізу для формування комплексної оцінки та визначення рівня зрілості системи управління знаннями підприємства / І.І. Чайковська // *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. – 2022. – № 2. – Том 1. – С. 19-39.
8. Чайковська І.І. Управління знаннями як інструмент підвищення економічної ефективності діяльності підприємств / І.І. Чайковська // *Український журнал прикладної економіки та техніки*. – 2022. – № 1. – Том 7. – С. 72-82.
9. Chaikovska I.I. Economic-mathematical modelling of employee evaluation in the system of enterprise knowledge management / I.I. Chaikovska // *Актуальні проблеми економіки*. – 2016. – № 9 (183). – С. 417-428.
10. Economic-mathematical tools for building up a project team in the system of company's knowledge management / I. Chaikovska, T. Fasolko, L. Vaganova, O. Barabash // *Eastern-European journal of enterprise technologies*. – 2017. – № 3/3 (87). – P. 29-37.
11. Чайковська І.І. Економіко-математична модель формування комплексної оцінки рівня сформованості областей знань з управління проектами на підприємстві / І.І. Чайковська // *Modeling the Development of the Economic Systems*. – 2022. – № 1. – С. 92-107.
12. Чайковська І.І. Розробка економіко-математичної моделі формування команди проекту в сучасних умовах: знанневий аспект / І.І. Чайковська, М.Ю. Чайковський // *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. – 2021. – №3. – С. 129-147.
13. Чайковська І.І. Особливості застосування моделі Лотки-Вольтерри в управлінні знаннями проекту / І.І. Чайковська, А. Гаррасас // *Modeling the Development of the Economic Systems*. – 2021. – № 2. – С.54-61.
14. Chaikovska I.I. Development of an economic-mathematical model to determine the optimal duration of project operations / I. Chaikovska, M. Chaikovskiy // *Eastern-European journal of enterprise technologies (control processes)*. – 2020. – № 3 (105). – P. 34-42.

15. Chaikovska I. Fuzzy model for complex risk assessment of an enterprise investment project / I. Chaikovska, P. Hryhoruk, M. Chaikovskiy // CEUR Workshop Proceedings (ISSN 1613-0073). - 2021. - Vol.3048. - P.163-179.
16. Чайковська І.І. Застосування статистичного методу для оцінювання ризиків інноваційно-інвестиційних проєктів підприємства / І.І. Чайковська // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. - 2020. - № 3. - С.184-189.
17. Чайковська І.І. Оцінка ризиків інвестиційних проєктів підприємства / І.І. Чайковська // Economy digitalization in a pandemic conditions: processes, strategies, technologies: International scientific conference (January 22-23, 2021. Kielce, Poland). - Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2021. С. 260-263.
18. Strategize company's sustainable management of investment project evaluation based on the information support / K. Dumanska, I. Chaikovska, L. Vahanova, D. Kobets // Journal of Information Technology Management (ISSN: Print: 2008-5893; Online: 2423-5059). - 2021. - Vol. 13. - Special Issue: Role of ICT in Advancing Business and Management. - P. 143-158. [Electronic resource]. - website: https://jitm.ut.ac.ir/issue_10477_10826.html

REFERENCES:

1. Mohajan H.K. The Impact of Knowledge Management Models for the Development of Organizations / H.K. Moha-jan // Journal of Environmental Treatment Techniques. - 2017. - Vol. 5. - Is. 1. - P. 12-33.
2. Mathematical Model of Knowledge Management System in an Organization / A.W.Saviour, F. Mahama, N. Kuadey, C. Ankorah // Global Journal of Management and Business Research: A Administration and Management. - 2016. -Vol. 16. - Is. 5. - P. 13- 20.
3. Nakamori Y. Systems Methodology and Mathematical Models for Knowledge Management / Y. Nakamori // Journal of Systems Science and Systems Engineering. - 2003. - Vol. 12. - №.1. - P. 49-72.
4. Alikhani M. A Mathematical Model for Optimizing Organizational Learning Capability / M. Alikhani, H. Fazlol-lahtabar // Advances in Operations Research. - 2014. - Vol. 2014. [Elektronnyi resurs]. - Available at : <http://dx.doi.org/10.1155/2014/490210>
5. Ferández J.R. Knowledge management model proposal based on an economic output input framework / J.R. Ferández, A.V. Castro // 2015. [Elektronnyi resurs]. - Available at : <https://eprints.ucm.es/id/eprint/30681/1/PAPER%20ABOUT%20KMMEI%20FROM%20RCOZ%20and%20AVALINO.pdf>
6. Sokhanvar Sh. Importance of Knowledge Management Processes in a Project-based organization: a Case Study of Research Enterprise / Sh. Sokhanvar, J. Matthews, P. Yarlagadda // Procedia Engineering. - 2014. - № 97. - R. 1825 – 1830.
7. Chaikovska I.I. Zastosuvannia metodu siroho reliatsiinoho analizu dlia formuvannia kompleksnoi otsinky ta vyznachennia rivnia zrilosti systemy upravlinnia znanniamy pidpriemstva / I.I. Chaikovska // Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences. - 2022. - № 2. - Tom 1. - S. 19-39.
8. Chaikovska I.I. Upravlinnia znanniamy yak instrument pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti diialnosti pidp-ryiemstv / I.I. Chaikovska // Ukrainian Journal of Applied Economics. - 2022. - № 1. - Tom 7. - S. 72-82.
9. Chaikovska I.I. Economic-mathematical modelling of employee evaluation in the system of enterprise knowledge management / I.I. Chaikovska // Aktualni problemy ekonomiky. - 2016. - № 9 (183). - С. 417-428.
10. Economic-mathematical tools for building up a project team in the system of companys knowledge management / I. Chaikovska, T. Fasolko, L. Vaganova, O. Barabash // Eastern-European journal of enterprise technologies. - 2017. - № 3/3 (87). - P. 29-37.
11. Chaikovska I.I. Ekonomiko-matematychna model formuvannia kompleksnoi otsinky rivnia sformovanosti obla-stei znan z upravlinnia proiektamy na pidpriemstvi / I.I. Chaikovska // Modeling the Development of the Economic Systems. - 2022. - № 1. - S. 92-107.
12. Chaikovska I.I. Rozrobka ekonomiko-matematychnoi modeli formuvannia komandy proiektu v suchasnykh umovakh: znannievyy aspekt / I.I. Chaikovska, M.Iu. Chaikovskiy // Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences. - 2021. - №3. - S. 129-147.
13. Chaikovska I.I. Osoblyvosti zastosuvannia modeli Lotky-Volterra v upravlinni znanniamy proiektu / I. Chaikovska, A. Harhasas // Modeling the Development of the Economic Systems. - 2021. - № 2. - S.54-61.
14. Chaikovska I.I. Development of an economic-mathematical model to determine the optimal duration of project operations / I. Chaikovska, M. Chaikovskiy // Eastern-European journal of enterprise technologies (control processes). - 2020. - № 3 (105). - P. 34-42.
15. Chaikovska I. Fuzzy model for complex risk assessment of an enterprise investment project / I. Chaikovska, P. Hryhoruk, M. Chaikovskiy // CEUR Workshop Proceedings (ISSN 1613-0073). - 2021. - Vol.3048. - P.163-179.
16. Chaikovska I.I. Zastosuvannia statystychnoho metodu dlia otsiniuvannia ryzykiv innovatsiino-investytsiinykh proiektiv pidpriemstva / I.I. Chaikovska // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky. - 2020. - № 3. - S.184-189.
17. Chaikovska I.I. Otsinka ryzykiv investytsiinykh proiektiv pidpriemstva / I.I. Chaikovska // Economy digitalization in a pandemic conditions: processes, strategies, technologies: International scientific conference (January 22-23, 2021. Kielce, Poland). - Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2021. S. 260-263.
18. Strategize companys sustainable management of investment project evaluation based on the information support / K. Dumanska, I. Chaikovska, L. Vahanova, D. Kobets // Journal of Information Technology Management (ISSN: Print: 2008-5893; Online: 2423-5059). - 2021. - Vol. 13. - Special Issue: Role of ICT in Advancing Business and Management. - P. 143-158. [Electronic resource]. - website: https://jitm.ut.ac.ir/issue_10477_10826.html

INTEGRATED SYSTEM OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT OF A PROJECT-ORIENTED ENTERPRISE

Inna CHAIKOVSKA

Leonid Yuzkov Khmelnytskyi University of Management and Law

The article for the first time developed an integrated system of economic and mathematical models for knowledge management of project-oriented enterprises. This system consists of two subsystems: the subsystem of knowledge management of operational activities of the enterprise and the subsystem of knowledge management of project activities of the enterprise. The system contains the following blocks: defining the objectives of the knowledge management system (KMS) of the project-oriented enterprise, ie the efficiency criteria for the KMS and separately for its subsystems; assessment of the knowledge management subsystem (KMS); establishing the relationship between KMS and efficiency criteria; formation of development scenarios; selection of the optimal development scenario; optimization of problem areas of the script; formation of management decisions. Within the framework of the developed integrated system, 13 economic and mathematical models were used. The implementation of an integrated system of economic and mathematical models for knowledge management was carried out for a project-oriented enterprise of the communal sector of Ukraine MKP "Khmelnitskteplokumunenergo".

Key words: integrated system, knowledge management, project-oriented enterprise, economic-mathematical model.