

УДК 330.14:658.382

[https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(1\)-3](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(1)-3)

ЧАЙКОВСЬКА І. І.

<https://orcid.org/0000-0001-7482-1010>e-mail: [inna.chaikovska@gmail.com](mailto:inna.chaikovska@gmail.com)

Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СІРОГО РЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗРІЛОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ ПІДПРИЄМСТВА

У роботі розроблена економіко-математична модель формування комплексної оцінки та визначення рівня зрілості системи управління знаннями підприємства із використанням сірого реляційного аналізу та методу аналізу ієрархій. Система управління знаннями підприємства є прикладом «сірої» системи, адже, на відміну від «чорної», в якій всі критерії є нечіткими, та «білої», в якій є повний набір числових даних про критерії та обмеження, знаходиться поміж ними та є системою з неповним описом. Запропонована модель складається з наступних етапів: постановка завдання; визначення критеріїв та показників системи управління знаннями; оцінка показників системи управління знаннями (у числовій формі та у лінгвістичних термах) і визначення їх еталонних значень; попередня обробка даних (зведення всіх показників до одного порядку); обчислення сірих реляційних класів (визначення сірих реляційних коефіцієнтів; визначення вагових коефіцієнтів; визначення сірих реляційних класів); побудова матриці оцінок; формування комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства; визначення зрілості підприємства з управління знаннями; інтерпретація отриманих результатів. Було обрано три узагальнюючі критерії та 43 показники (у вигляді кількісних та якісних характеристик): Люди (11 показників), Технології (9 показників), Процеси (23 показники). Критерій Процеси включає блоки: Навчання (2 показники), Інноваційна діяльність (5 показників), Інноваційні процеси (7 показників), Інноваційна співпраця (2 показники), Основна діяльність (7 показників). Модель враховує складові елементи (люди, технології, процеси), рівні (індивідуальний, груповий, організаційний, міжорганізаційний), етапи (фази) управління знаннями (формування → накопичення, отримання → генерування → обмін → збереження та документування → використання → результат управління знаннями) та дозволяє визначити рівень зрілості підприємства з управління знаннями. Визначення вагових коефіцієнтів критеріїв та показників системи управління знаннями підприємства відбувалося за допомогою використання методу аналізу ієрархії (методу попарних порівнянь). Практична реалізація моделі здійснювалася для підприємств комунальної сфери України. Розроблена модель є універсальною та може бути використана для підприємств різних сфер діяльності з метою комплексного оцінювання системи управління знаннями у порівнянні з підприємством-еталоном, визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями та виявлення проблемних місць з метою прийняття ефективного управлінського рішення для підвищення підприємством показників конкурентоспроможності.

**Ключові слова:** система управління знаннями, комплексна оцінка, метод сірого реляційного аналізу (GRA), реляційний коефіцієнт, реляційний клас, метод аналізу ієрархій (АНР), рівень зрілості підприємства з управління знаннями.

INNA CHAIKOVSKA

Leonid Yuzkov Khmelnytskyi University of Management and Law

## APPLICATION OF THE METHOD OF GRAY RELATION ANALYSIS FOR THE FORMATION OF COMPLEX ASSESSMENT AND DETERMINATION OF THE MATURITY OF THE ENTERPRISE KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM

The economic-mathematical model of formation of complex estimation and definition of level of risk of knowledge management of the enterprise with use of the gray relational analysis and a method of the analysis of hierarchies is developed in work. An enterprise knowledge management system, an example of a "gray" system, is usually a variant of "black", in which all criteria are fuzzy, and "white", in any there is a complete set of data on criteria and constraints, are between them and is a system with incomplete description. The proposed model consists of the following stages: problem statement; determination of criteria and indicators of knowledge management system; evaluation of indicators of the knowledge management system (in numerical form and in linguistic terms) and determination of their reference values; preliminary data processing (reduction of all indicators to one order); calculation of gray relational classes (determination of gray relational coefficients; determination of weight coefficients; determination of gray relational classes); construction of a matrix of estimates; formation of a comprehensive assessment of the knowledge management system of enterprises; determining the maturity of the enterprise for knowledge management; interpretation of the obtained results. Three general criteria and 43 indicators (in terms of quantitative and qualitative characteristics) were selected: People (11 indicators), Technology (9 indicators), Processes (23 indicators). Criterion Processes include blocks: Learning (2 indicators), Innovation (5 indicators), Innovation processes (7 indicators), Innovation cooperation (2 indicators), Core activity (7 indicators). The model consists of constituent elements (people, technologies, processes), levels (individual, group, organizational, inter-organizational), stages (phases) of knowledge management (Formation – accumulation, exchange – generation – storage and documentation – use – result of knowledge management) and allows the interaction of the level of maturity of the enterprise for knowledge management. The weights of the criteria and indicators of knowledge management of the enterprise analysis of the definition system occur using the method of hierarchy (pairwise comparison method). The practical implementation of the model was implemented for public utilities of Ukraine. The developed model is universal and can be used for enterprises of different spheres of activity to comprehensively assess the knowledge management system in comparison with the benchmark enterprise, determine the level of maturity of the enterprise with management and identify problems of effective management decisions to improve competitiveness.

**Keywords:** knowledge management system, complex assessment, gray relational analysis method (GRA), relational coefficient, relational class, hierarchy analysis method (AHP), level of maturity of knowledge management enterprise.

### **Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Формування комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства є досить актуальним питанням, адже дозволяє порівняти між собою підприємства, здійснити їх ранжування, об'єднати багато показників, які характеризують її, в одну оцінку, встановити взаємозв'язок даного комплексного показника із фінансовими результатами діяльності підприємства, виявити проблемні місця.

Складовими елементами системи управління знаннями є люди, технології, процеси та моделі взаємодії між ними. Люди створюють, діляться, застосовують знання та стимулюють обмін знаннями. Процеси включають методи отримання, генерування, упорядкування, обміну та передачі знань. Технології відображають механізми, які зберігають і надають доступ до баз даних і знань, створених людьми, тобто здійснюють взаємозв'язок між людьми та процесами, а також збирання, зберігання, обробку, аналіз і поширення інформації. Система управління знаннями має враховувати різні рівні: індивідуальний, груповий, організаційний та міжорганізаційний; а також етапи (фази) управління знаннями: формування → накопичення, отримання → генерування → обмін → збереження та документування → використання → результат управління знаннями [1].

Існує велика кількість методів, котрі дозволяють отримати комплексну оцінку. Система управління знаннями підприємства є прикладом «сірої» системи, адже вона частково відома і частково невідома. «Сіра» система, на відміну від «чорної», в якій всі критерії є нечіткими, та «білої», в якій є повний набір числових даних про критерії та обмеження, знаходиться поміж ними та є системою з неповним описом. Для даної «сірої» системи доцільним для визначення комплексної оцінки використати сірий реляційний аналіз.

В теорії сірих систем сірий реляційний аналіз знаходить відношення між головним фактором та іншими допоміжними факторами в досліджуваній системі. У процесі порівняння еталонна послідовність співвідноситься з порівнюваними послідовностями, які показують певний ступінь подібності з еталонною моделлю і, таким чином, визначається найкраща з них.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

У статті [2] запропонована нечітка модель для оцінки рівня знань організації, яка базується на знаннях. Модель передбачає, що вхідні та вихідні дані є нечіткими числами. Вхідними даними є сума інвестицій та середній час кожного процесу, а вихідними – обмін знаннями між персоналом та кількість програмного забезпечення та новий план. Запропонований підхід також може бути використаний для ранжування подібних організацій за критеріями управління знаннями. Цей підхід особливо актуальний для організацій, які хочуть порівняти себе з подібними організаціями з точки зору управління знаннями та вибрати найбільш ефективний еталон. Перевагою даного підходу є можливість використання нечітких вхідних та вихідних даних, можливість використання даного підходу для ранжування підприємств, можливість обрання підприємства-еталону. Значним недоліком є мала кількість вхідних показників, які не дозволяють усебічно охарактеризувати систему управління знаннями підприємства з метою визначення проблемних місць.

У дослідженні [3] запропонована математична модель передачі знань для того, щоб механізм або система управління знаннями вкоренилися в організації та щоб отримати необхідні вказівки для її вдосконалення. У дослідженні описана схема математичної моделі системи управління знаннями в організації. У даній моделі передача знань визначається за допомогою трьох факторів (прибутки, витрати та перешкоди). Передача знань активно відбувається, коли залишок після віднімання вартості від заробітку перевищує перешкоду. Крім того, щаслива різниця між постачальником і одержувачем знань впливає на витрати та заробіток на стороні одержувача і служить параметром передачі знань. Недоліком запропонованої моделі є її абстрактність, відсутність реальної практичної реалізації.

У роботах [4, 5] досліджено сучасні інформаційно-комунікаційні технології, які дозволяють краще керувати потоками інформації та знань, що необхідно для досягнення успіху в бізнесі. Дані дослідження наголошують на необхідності використання інформаційних технологій в системі управління знаннями підприємства, але обов'язковими складовими є також люди та процеси.

У роботі [6] досліджено характер взаємодоповнюваності моделювання підприємства та управління знаннями та відстеження переваг цієї взаємодоповнюваності. Перевага дослідження полягає у вивченні підходів до моделювання кожної області. Для цього оцінені деякі важливі методології в кожній області, а також пояснено кілька точок зору моделювання.

У статті [7] 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 [8] досліджено зв'язок між електронною комерцією та економікою знань та їх роллю в процесі оцінки ризиків.

Отже, можна помітити різні підходи науковців до моделювання процесу управління знаннями підприємства. Але, оскільки дана система є сірою, необхідно проаналізувати використання сірого реляційного аналізу (GRA) при дослідженні сірих систем у різних сферах.

Сірий реляційний аналіз набув широкого поширення у дослідженнях різних сфер життєдіяльності науковців. У роботі [9] зазначено, що сірий реляційний аналіз, є моделлю в теорії сірих систем, яка найчастіше використовується. Теорія сірих систем застосовується в різних сферах, включаючи виробничі, технологічні та сервісні операції. Дослідження відображає застосування сірого реляційного аналізу при виборі веб-сервісів, визначенні ефективності лікарні, продажі автомобілів, покращенні процесу електричного розряду, прийнятті рішення про переробку матеріалу, капітальних інвестицій, вибору автомобіля, вибору співробітників, визначенні якості фруктів, бензину, а також визначення дизайну продукту. З дослідження зрозуміло, що сірий реляційний аналіз можна застосувати для оптимізації будь-якого процесу. Цей підхід також можна ефективно застосувати в процесі відбору, а також покращити якість процесу, продукту чи послуги. Метод також надає інформацію для прогнозування та прийняття рішень. Метод також може застосовуватися при прийнятті рішень за багатьма критеріями. Це також допомагає ранжувати альтернативи під час прийняття рішень. Отже, дослідження робить висновок про сірий реляційний аналіз як один із гарних варіантів для прийняття рішень у складних проблемах.

У роботах [10, 11] запропоноване використання GRA та нечіткої логіки як інструменту для формування портфеля цінних паперів. Динамічний аналіз дає уявлення про змодельовані характеристики портфеля, які порівнюються з еталонними. Результати досліджень свідчать про те, що існує потенціал у поєднанні згаданих двох підходів для досягнення інвестиційних цілей.

У роботі [12] вирішується проблема вибору найбільш зручного для життя міста в Туреччині. Результати опитування були оцінені за допомогою факторного аналізу (ФА) і було виявлено, що критерії, включені в опитування, були згруповані за сімома факторами. Потім визначеним критеріям було присвоєно ваги критеріїв за допомогою методу аналізу ієрархії (АНП). На останньому етапі шість найпопулярніших міст Туреччини оцінюються за допомогою сірого реляційного аналізу (GRA), щоб зменшити невизначеність, яка існує в процесі оцінки.

Об'єднання різних змінних в один індекс ефективності безпеки дорожнього руху є популярним поняттям для оцінки безпеки дорожнього руху та порівняння ефективності територій/об'єктів. У статті [13] представлено розробку нової та інноваційної методології зважування з використанням сірого реляційного аналізу.

У дослідженні [14] обговорюється проблема компанії, що працює в секторі громадського транспорту в Туреччині. Компанія хоче збільшити пасажиропотік та оновити автопарк. Для цього вона повинна вибрати з восьми альтернативних транспортних засобів з різними перевагами. З огляду на високі витрати, які можуть виникнути внаслідок неправильного вибору, стає зрозумілим, наскільки важливо використовувати правильний метод для вирішення проблеми. У цьому дослідженні критерії оцінки визначалися на основі думок експертів. Потім критеріям було присвоєно ваги за допомогою процесу аналітичної ієрархії (АНП). На останньому етапі здійснюється вибір найкращої альтернативи за допомогою сірого реляційного аналізу (GRA).

У роботі [15] досліджується ступінь впливу різних факторів на зміну характеристик навантаження електричної мережі за допомогою GRA, за допомогою якого здійснюється їх кількісна оцінка та визначення основних та другорядних факторів. У роботі [16] представлено метод діагностики несправностей електромереж на основі GRA.

У роботі [17] GRA використано для аналізу даних індексу кращого життя (BLI) Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), котрий дозволяє визначити рівень добробуту націй. Таким чином, було визначено, що у 2017 році до країн з найвищими балами увійшли Норвегія, Австралія, США, Канада, Ісландія, Швейцарія, Данія та Швеція, а країнами з найнижчими показниками були Південна Африка, Туреччина, Мексика, Греція.

У роботі [18] досліджувався рівень економічної життєдіяльності міст Китаю та основні фактори впливу на нього. Окрім множинної лінійної регресії у дослідженні використовується GRA для ранжування міст та отримано рейтинг рівня економічної життєдіяльності різних міст. В результаті надано пропозиції (на основі отриманих вагових коефіцієнтів факторів впливу) для підвищення рівня економічної життєдіяльності.

У роботі [19] GRA використовується для оцінки пріоритету елементів моделювання продукту, які найкраще відповідають емоційним потребам споживачів.

У роботі [20] зазначено, що оцінка програмного забезпечення – це процес прогнозування кількості людей, необхідних для створення системи програмного забезпечення. Оцінка зусиль розраховується в термінах осіб на місяць для завершення проекту. Якщо будь-який новий проект запущений на ринок або в промисловості, тоді буде оцінено вартість та зусилля нового проекту. У цьому контексті було запропоновано ряд моделей для побудови оцінки зусиль і витрат. У цій статті використано GRA для оцінки зусиль конкретного проекту.

У дослідженні [21], використовуючи відповідні дані провінції Гуандун з 2000 по 2019 рік, GRA використовується для емпіричного дослідження зв'язку між масштабом, структурою, ефектом регіонального

розподілу науково-технічних ресурсів і технічним прогресом. Результати емпіричного аналізу показують, що масштаби регіонального розподілу науково-технічних ресурсів мають найвищу кореляцію з технічним прогресом.

Отже, проведений аналіз досліджень науковців свідчить про актуальність застосування GRA для вирішення різноманітних питань сучасності. Однією з таких є оцінювання системи управління знаннями підприємства.

### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття**

Не зважаючи на значні досягнення науковців у питаннях застосування економіко-математичного моделювання в управлінні знаннями підприємства, актуальним залишається визначення комплексної оцінки та рівня зрілості системи управління знаннями підприємства. Оскільки застосування сірого реляційного аналізу набуває значного поширення при дослідженні різних сфер життя, тому доцільним є його застосування для комплексного оцінювання системи управління знаннями підприємства та його порівняння з підприємством-еталоном.

### **Формулювання цілей статті**

Метою статті є розробка економіко-математичної моделі комплексної оцінки та визначення рівня зрілості системи управління знаннями підприємства із використанням сірого реляційного аналізу та методу аналізу ієрархій.

Для досягнення встановленої мети необхідним є вирішення наступних завдань:

- ✓ здійснити постановку задачі та розробити описову модель визначення комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства;
- ✓ побудувати математичну модель задачі визначення комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства та алгоритм її вирішення;
- ✓ визначити критерії та показники, побудувати ієрархічне дерево системи управління знаннями підприємства;
- ✓ оцінити показники системи управління знаннями підприємства (у числовій формі та у лінгвістичних термах) і визначити їх еталонні значення;
- ✓ здійснити попередню обробку даних (зведення всіх показників до одного порядку);
- ✓ обчислити сірі реляційні класи (визначити сірі реляційні коефіцієнти, визначити вагові коефіцієнти за допомогою методу аналізу ієрархій, визначити сірі реляційні класи);
- ✓ побудувати матрицю оцінок;
- ✓ сформувати комплексну оцінку системи управління знаннями підприємств;
- ✓ визначити зрілість підприємства з управління знаннями;
- ✓ надати інтерпретацію отриманих результатів.

### **Виклад основного матеріалу**

Розглянемо системи управління знаннями  $S1, S2, S3$  трьох комунальних підприємств житлово-комунального господарства, а саме МКП «Хмельницьктеплокомуненерго», КП «Південно-західні тепломережі», МКП «Хмельницькводоканал». Дані системи є сірими системами. Для них потрібно визначити комплексну оцінку системи управління знаннями  $KMS1, KMS2, KMS3$  за  $n$  критеріями  $C1, C2 \dots Cn$ , та проранжувати підприємства згідно отриманої комплексної оцінки. Комплексна оцінка системи управління знаннями  $KMS$  може бути в межах від 0 до 1.

Якщо критерій  $C_i, i=1,2,\dots,n$  складається з  $n_i$  елементів критерію, то система  $S_j, j=1,2,\dots,m$  відносно критерію  $C_i$ , може бути представлена послідовністю  $S_{ji} = \{s_{ji}(1), s_{ji}(2), \dots, s_{ji}(n_i)\}$ , де  $s_{ji}(k), k=1,2,\dots, n_i$  може бути як чітким значенням, так і лінгвістичним термом (нечітким числом). Крім того будемо вважати, що вагові коефіцієнти критеріїв, задані особою, яка приймає рішення (експертами), відображені ваговим вектором  $W, W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ , де  $w_i$  відображає вагу критерію  $C_i$ .

### **Математична модель задачі визначення комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства та алгоритм її вирішення**

Для комплексного оцінювання системи управління знаннями підприємства доцільно розглянути модель KMS (Knowledge Management System):

$$KMS = \langle F, C, W \rangle, \quad (1)$$

де  $F$  – ієрархія показників системи управління знаннями підприємства (ієрархічне дерево логічного висновку);

$C$  – набір якісних та кількісних оцінок кожного показника в ієрархії;

$W$  – система вагових коефіцієнтів обраних показників (ваговий вектор).

Запропонована модель складається з наступних етапів:

Етап 1. Визначення критеріїв та показників, побудова ієрархічного дерева системи управління знаннями. Комплексна оцінка системи управління знаннями *KMS* відображається функцією залежності від обраних критеріїв  $C1, C2 \dots Cn$ :

$$KMS = f(C1, C2, \dots, Cn). \quad (2)$$

Критерій  $C_i$  відображається функцією залежності від обраних показників  $s1, s2 \dots sk$ :

$$C_i = f(s1, s2, \dots, sk). \quad (3)$$

Етап 2. Оцінка показників системи управління знаннями (у числовій формі та у лінгвістичних термах) і визначення їх еталонних значень.

Еталонна послідовність  $S_{oi}, i=1,2,\dots,n$  буде представлена у вигляді  $S_{oi}=\{s_{oi}(1), s_{oi}(2), \dots, s_{oi}(n_i)\}$ , де  $s_{oi}(k), k=1,2,\dots, n$  є оптимальним (еталонним) значенням та визначається експертами.

Для якісних показників результати відображаються у вигляді лінгвістичних термів. Для цього використано трикутну функцію належності:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (4)$$

де  $\mu(x)$  – функція належності лінгвістичних термів (0 - не належить, 1 - належить на всі 100%);  $a, b, c$  – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:  $a \leq b \leq c$ .

Етап 3. Попередня обробка даних (зведення всіх показників до одного порядку)

Оскільки в процесі обчислення сірих реляційних класів (коефіцієнтів) потрібно розрахувати максимальні та мінімальні відхилення між всіма послідовностями, тому всі показники кожної з послідовностей повинні бути чіткими значеннями, а також необхідно, щоб вони мали один порядок.

У разі, якщо  $s_{ji}(k), k=1, 2, \dots, m$  – чітке значення, то було використано наступний підхід до приведення вихідних значень показників до одного порядку:

$$\bar{s}_{ji}(k) = \frac{s_{ji}(k)}{M_{ik}}, \quad (5)$$

де  $M_{ik} = \max \{s_{1i}(k), s_{2i}(k), \dots, s_{mi}(k)\}$ .

У випадку, якщо  $s_{ji}(k), k=1,2,\dots,m$  представлено лінгвістичним термом, тому для дефазифікації використано метод центру тяжіння для трикутної функції належності:

$$\bar{s}_{ji}(k) = \frac{a_{ji}(k) + b_{ji}(k) + c_{ji}(k)}{3}. \quad (6)$$

Після попередньої обробки досліджуваних послідовностей буде отримано  $m \times n$  нових послідовностей  $\bar{S}_{ji} = \{\bar{s}_{ji}(1), \bar{s}_{ji}(2), \dots, \bar{s}_{ji}(n_i)\}$ , котрі використовуються в сірому реляційному аналізі, як послідовності, котрі можна порівнювати.

Етап 4. Обчислення сірих реляційних класів

4.1. Визначення сірих реляційних коефіцієнтів

Отже, сірий реляційний коефіцієнт розраховується для встановлених критеріїв та показників наступним чином:

$$\gamma_{ji}(k) = \gamma(s_{oi}(k), \bar{s}_{ji}(k)) = \frac{\min_p \min_l |s_{oi}(l) - \bar{s}_{pi}(l)| + \epsilon \max_p \max_l |s_{oi}(l) - \bar{s}_{pi}(l)|}{|s_{oi}(k) - \bar{s}_{ji}(k)| + \epsilon \max_j \max_l |s_{oi}(l) - \bar{s}_{pi}(l)|}, \quad (7)$$

де  $\gamma \in (0, 1]$  – відомий коефіцієнт, зазвичай обирається на рівні 0,5;  $p=1,2,\dots,m; k=1,2,\dots,n_i$ .

4.2. Визначення вагових коефіцієнтів

Для визначення вагових коефіцієнтів запропоновано використати метод аналізу ієрархій, а саме метод парних порівнянь. Більш детально методику їх розрахунку наведено у роботах [22, 23].

4.3. Визначення сірих реляційних класів

Сірий реляційний клас між еталонною послідовністю  $S_{oi}$  та послідовністю, яка порівнюється  $\bar{S}_{ji}$  розраховується за формулою:

$$\gamma_{ji} = \sum_{k=1}^{n_i} \bar{w}_k \cdot \gamma_{ji}(k), \quad (8)$$

де  $w_k$  – вага сірого реляційного коефіцієнту  $\gamma_{ji}(k)$  та  $\sum_{k=1}^{n_i} \bar{w}_k = 1$ .

Етап 5. Побудова матриці оцінок

На попередньому кроці сірий реляційний коефіцієнт  $\gamma_{ji}(k)$  може розглядатися як рівень відповідності для системи  $S_j$  по відношенню до  $k$ -го показника критерію  $C_i$ . Тому, відображаючи сірий реляційний клас кожної системи (підприємства) по відношенню до кожного критерію, отримуємо матрицю оцінок:

$$A = \begin{array}{c|cccc} & C1 & C2 & \dots & Cn \\ S1 & \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ S2 & \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Sm & \gamma_{m1} & \gamma_{m2} & \dots & \gamma_{mn} \end{array} \quad (9)$$

Етап 6. Формування комплексної оцінки системи управління знаннями підприємств.

В якості комплексного показника виступає показник  $V$ :

$$V = AW^T = \begin{bmatrix} w_1\gamma_{11} + w_2\gamma_{12} + \dots + w_n\gamma_{1n} \\ w_1\gamma_{21} + w_2\gamma_{22} + \dots + w_n\gamma_{2n} \\ w_1\gamma_{m1} + w_2\gamma_{m2} + \dots + w_n\gamma_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_m \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Якщо значення показника  $v_p$  найбільше серед  $v_1, v_2, \dots, v_m$ , то система  $S_p$  оптимальна.

Етап 7. Визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями

Для визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями запропоновано використати Гауссову функцію належності до отриманої комплексної оцінки системи управління знаннями підприємств (попередній етап). Гауссова функція належності у загальному випадку може бути задана аналітично наступними виразами (проста та двостороння):

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{c}\right), \quad (11)$$

$$\mu(u) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{2c^2}\right), \quad (12)$$

де  $b$  – координата максимуму (центр нечіткої множини);

$c$  – коефіцієнт концентрації.

Етап 8. Інтерпретація отриманих результатів

### Реалізація економіко-математичної моделі визначення комплексної оцінки та рівня зрілості системи управління знаннями підприємства

#### Етап 1. Визначення критеріїв та показників, побудова ієрархічного дерева системи управління знаннями

Було обрано три узагальнюючі критерії та 43 показники (рис. 1): Люди (11 показників), Технології (9 показників), Процеси (23 показники). Критерій Процеси включає блоки: Навчання (2 показники), Інноваційна діяльність (5 показників), Інноваційні процеси (7 показників), Інноваційна співпраця (2 показники), Основна діяльність (7 показників) (рис. 1).

До критерію Люди (*People*) відносяться показники: середньооблікова чисельність штатних працівників, чол. ( $P1$ ); частка адміністративного персоналу (керівники, фахівці, службовці), % ( $P2$ ); середньомісячна заробітна плата штатних працівників, грн. ( $P3$ ); середньомісячна заробітна плата (адміністративний персонал), грн. ( $P4$ ); середньомісячна заробітна плата (виробничий персонал), грн. ( $P5$ ); коефіцієнт плинності кадрів, % ( $P6$ ); середній віковий рівень, років ( $P7$ ); частка працівників, що досягли пенсійного віку, % ( $P8$ ); частка персоналу з вищою освітою, % ( $P9$ ); середній стаж по спеціальності на підприємстві, років ( $P10$ ); наявність вакантних посад ( $P11$ ). Значення показників сформовані із використанням внутрішніх даних підприємств.

До критерію Процеси (*Processes*) блок Навчання (*Learning*) включає показники: кількість працівників, які проходили навчання (з метою покращення охорони праці) в навчальних закладах, чол. ( $PL1$ ); витрати на навчання, % від фонду оплати праці (ФОП) ( $PL2$ ).

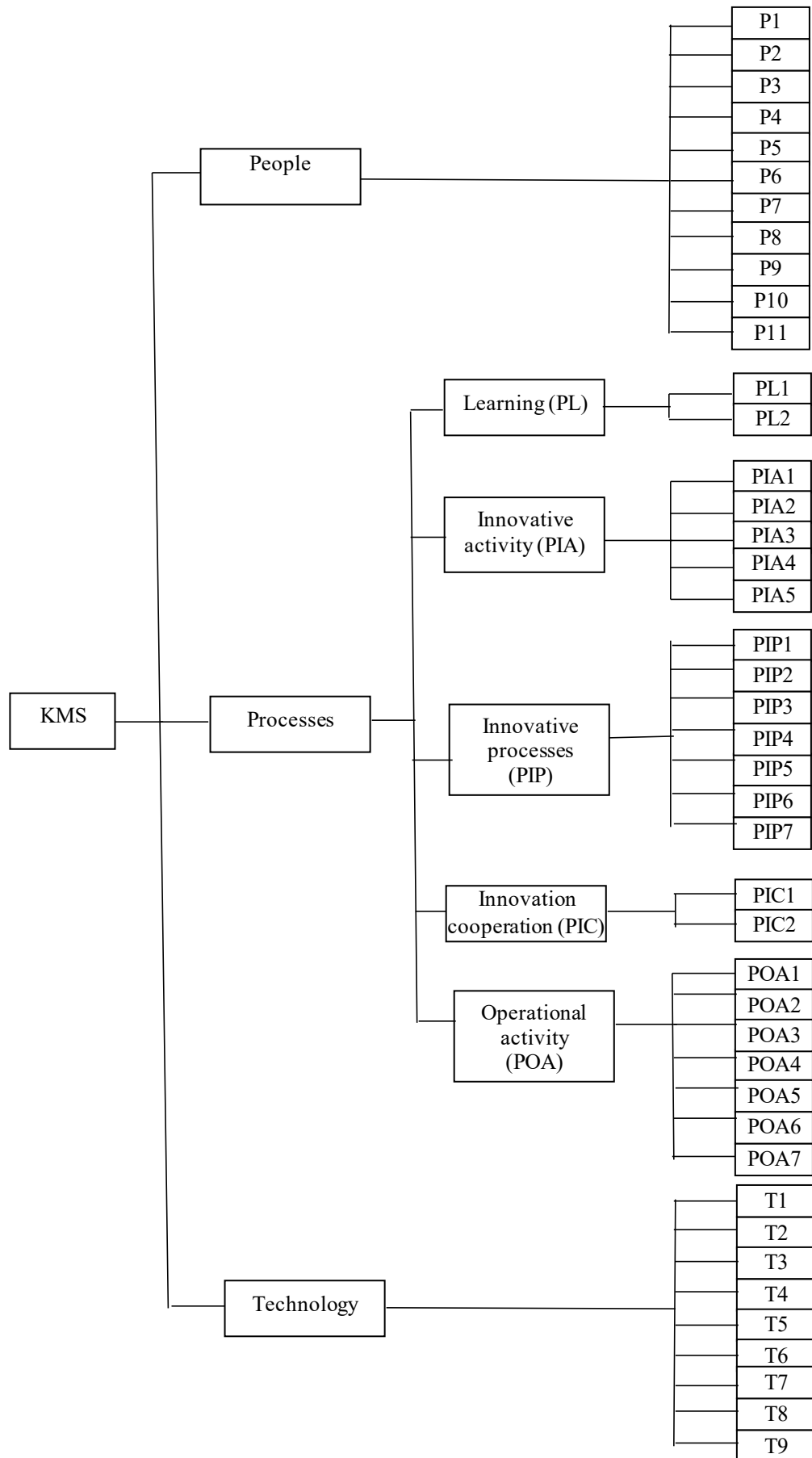


Рис. 1. Ієрархічна модель комплексної оцінки системи управління знаннями підприємства (KMS)

Значення показників блоку Навчання сформовані із використанням внутрішніх даних підприємства. Блок Інноваційна діяльність (*Innovative activity*) відображається у показниках: витрати на інновації, % від виручки (*PIA1*); кількість впроваджених видів інноваційної продукції (товарів, послуг) (*PIA2*); обсяг реалізованої інноваційної продукції (*PIA3*); кількість впроваджених у виробництво нових технологічних процесів (*PIA4*); кількість придбаних (переданих) нових технологій (технічних досягнень) (*PIA5*). Показники блоку Інноваційна діяльність сформовані із використанням Звіту «Обстеження інноваційної діяльності промислового підприємства за 2019 рік № 1-інновація (один раз на два роки)» та використані для 2020 року аналогічно. Блок Інноваційні процеси (*Innovative processes*) складається з показників: впровадження методів виробництва/поліпшення товарів або надання послуг (*PIP1*); впровадження методів логістики, доставки або дистрибуції (вперше використання нових методів транспортування, складування, обробки та доставки замовлень) (*PIP2*); впровадження методів комунікації або обробки інформації (*PIP3*); впровадження методів обліку або адміністративного управління (*PIP4*); впровадження методів ділової практики з організації процедур або зовнішніх зв'язків (вперше використання практики кодифікації знань, зокрема, створення бази даних кращих практик, уроків для обміну знаннями на підприємстві; практик розвитку та покращання утримання працівників, таких як системи освіти та навчання; систем управління ланцюгами постачання, систем управління якістю; нових видів співпраці з науково-дослідними організаціями або клієнтами, нових методів інтеграції з постачальниками, аутсорсингу або субпідряду у виробництві, закупівлі, розповсюдженні, найманні працівників та допоміжних послугах) (*PIP5*); впровадження методів організації трудової відповідальності, прийняття рішень або управління людськими ресурсами (вперше використання нової системи відповідальності працівників, командної роботи, децентралізації, інтеграції або дезінтеграції підрозділів) (*PIP6*); впровадження маркетингових методів просування, пакування, ціноутворення, розміщення продукції або післяпродажного обслуговування (вперше використання договорів франчайзингу, нових концепцій презентації товару, нового рекламного носія, нового іміджу бренда, введення карт лояльності; систем знижок; значні зміни в естетичному дизайні або упаковці товару або послуги) (*PIP7*). Значення показників блоку Інноваційні процеси сформовано на основі використання звіту «Обстеження інноваційної діяльності підприємства за період 2018-2020 років, № ІНН (один раз на два роки)» та використано дані для 2020 року.

Блок Інноваційна співпраця включає показники: інноваційне співробітництво з іншими підприємствами (підприємства групи досліджуваного підприємства; підприємства, що не входять до групи досліджуваного підприємства: консультанти, комерційні лабораторії або приватні науково-дослідні інститути; постачальники обладнання, матеріалів, програмного забезпечення тощо; підприємства, які є клієнтами або замовниками досліджуваного підприємства; підприємства, які є конкурентами досліджуваного підприємства) (*PIC1*); інноваційне співробітництво з партнерами (окрім підприємств): університети або інші заклади вищої освіти; державні установи або науково-дослідні інститути; клієнти або замовники з державного сектору; некомерційні організації; інноваційні структури (інноваційні кластери, бізнес-інкубатори, акселератори; центри трансферу технологій; технологічні платформи тощо) (*PIC2*). Значення показників даного блоку сформовано на основі використання звіту «Обстеження інноваційної діяльності підприємства за період 2018-2020 років, № ІНН (один раз на два роки)». Блок Операційна діяльність (*Operational activity*) містить показники: кількість ліцензованих видів діяльності (*POA1*); застосування нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії (*POA2*); наявність структурного підрозділу з управління знаннями (*POA3*); патенти на винаходи (*POA4*); сервісний центр (*POA5*); колл-центр (*POA6*); проєктна діяльність (*POA7*). Значення показників блоку Операційна діяльність сформовані із використанням внутрішніх даних підприємства.

Критерій Технології (*Technology*) включає показники: наявність структурного підрозділу з програмного забезпечення (ІЗ) (*T1*); сайт (технологія зовнішнього поширення інформації) (*T2*); особистий кабінет споживача (технологія зовнішнього збору інформації) (*T3*); технології доступу до інформації (*T4*); засоби спільної роботи (*T5*); системи управління контентом (*T6*); Web 2.0 інструменти (*T7*); інструменти структурування знань (*T8*); компоненти управління знаннями в спеціалізованих системах (*T9*). Значення показників сформовані із використанням внутрішніх даних підприємства.

Наведеному на рис. 1 ієрархічному дереву показників СУЗ відповідає така система співвідношень:

$$KMS = f_{KMS}(People, Processes, Technology). \quad (13)$$

$$People = f_{People}(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}). \quad (14)$$

$$Technology = f_{Technology}(T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9). \quad (15)$$

$$Processes = f_{Processes}(PL, PIA, PIP, PIC, POA). \quad (16)$$

$$PL = f_{PL}(PL_1, PL_2). \quad (17)$$

$$PIA = f_{PIA}(PIA_1, PIA_2, PIA_3, PIA_4, PIA_5). \quad (18)$$

$$PIP = f_{PIP}(PIP_1, PIP_2, PIP_3, PIP_4, PIP_5, PIP_6, PIP_7). \quad (19)$$

$$PIC = f_{PIC}(PIC_1, PIC_2). \quad (20)$$

$$POA = f_{POA}(POA_1, POA_2, POA_3, POA_4, POA_5, POA_6, POA_7). \quad (21)$$



**Етап 2. Оцінка показників системи управління знаннями (у числовій формі та у лінгвістичних термах) і визначення їх еталонних значень**

У таблиці 1 відображена оцінка обраних показників системи управління знаннями на досліджуваних підприємствах, а також встановлене експертами їх еталонне (оптимальне) значення.

Таблиця 1

**Показники системи управління знаннями на підприємствах за 2020 рік**

№ п/п	Показник	Позначення	Підприємства: 1 - МКП «Хмельницьктеплокомуненерго», 2 - КП «Південно-західні тепломережі», 3 - МКП «Хмельницькводоканал»			Еталонне значення	Етапи (фази) УЗ
			1 (s1)	2 (s2)	3 (s3)		
Критерій «Люди» (People)							
1	Середньооблікова чисельність штатних працівників, чол.	P1	603	216	807	807	F1 ↑ F3 ↑
2	Частка адміністративного персоналу (керівники, фахівці, службовці), %	P2	26	29	8	≤ 15	F1 ф F3 ф
3	Середньомісячна заробітна плата штатних працівників, грн.	P3	11005	9604	10741	12759	F3 ↑ F4 ↑ F6 ↑
4	Середньомісячна заробітна плата (адмін. персонал)	P4	13252	11597	14840	13256	F3 ↑ F4 ↑ F6 ↑
5	Середньомісячна заробітна плата (виробн. персонал)	P5	10235	8783	10388	12759	F3 ↑ F4 ↑ F6 ↑
6	Коефіцієнт плинності кадрів, %	P6	8	11	10	5	F1 ↓
7	Середній віковий рівень	P7	51	45	50	45	F1 ф F3 ф
8	Частка працівників, що досягли пенсійного віку, %	P8	30	34	32	10	F1 ф F3 ф
9	Частка персоналу з вищою освітою, %	P9	35	40	20	≥ 25	F1 ↑
10	Середній стаж по спеціальності на підприємстві, років	P10	24	11	16	≥ 15	F1 ↑ F2 ↑
11	Наявність вакантних посад	P11	так	так	так	ні	F1 ↓
Критерій Процеси (Processes)							
Критерій Процеси (Processes), блок Навчання (Learning)							
12	Частка працівників, які здійснювали навчання (з метою покращення охорони праці) в навчальних закладах, %	PL1	7	10	9	15	F2 ↑
13	Витрати на навчання, тис. грн., % від ФОП	PL2	0,6	0,6	0,7	3	F2 ↑
Критерій Процеси (Processes), блок Інноваційна діяльність (Innovative activity)							
14	Витрати на інновації, % від виручки	PIA1	0,032	0,034	0	1	F3 ↑ F6 ↑
15	Кількість упроваджених видів інноваційної продукції (товарів, послуг)	PIA2	0	0	0	1	F3 ↑ F6 ↑ F7 ↑
16	Частка реалізованої інноваційної продукції (товарів, послуг) у реалізованій промисловій продукції (товарах, послугах), %	PIA3	0	0	0	5	F7 ↑
17	Кількість впроваджених у виробництво нових технологічних процесів	PIA4	1	1	0	1	F6 ↑ F7 ↑
18	Кількість придбаних (переданих) нових технологій (технічних досягнень)	PIA5	0	0	0	1	F7 ↑
Критерій Процеси (Processes), блок Інноваційні процеси (Innovative processes)							
19	Впровадження методів виробництва/поліпшення товарів або надання послуг	PIP1	так	ні	ні	так	F6 ф
20	Впровадження методів логістики, доставки або дистрибуції	PIP2	ні	ні	ні	так	F6 ф

21	Впровадження методів комунікації або обробки інформації	<i>PIP3</i>	так	ні	ні	так	F6 ф
22	Впровадження методів обліку або адміністративного управління	<i>PIP4</i>	ні	ні	ні	так	F6 ф
23	Впровадження методів ділової практики з організації процедур або зовнішніх зв'язків	<i>PIP5</i>	ні	ні	ні	так	F6 ф
24	Впровадження методів організації трудової відповідальності, прийняття рішень або управління людськими ресурсами	<i>PIP6</i>	так	ні	ні	так	F6 ф
25	Впровадження маркетингових методів просування, пакування, ціноутворення, розміщення продукції або післяпродажного обслуговування	<i>PIP7</i>	ні	ні	ні	так	F6 ф
Критерій Процеси ( <i>Processes</i> ), блок Інноваційне співробітництво ( <i>Innovation cooperation</i> )							
26	Інноваційне співробітництво з іншими підприємствами	<i>PIC1</i>	так	ні	ні	так	F2 ф F3 ф F4 ф F6 ф
27	Інноваційне співробітництво з партнерами (окрім підприємств)	<i>PIC2</i>	ні	ні	ні	так	F2 ф F3 ф F4 ф F6 ф
Критерій Процеси ( <i>Processes</i> ), блок Основна (операційна) діяльність ( <i>Operational activity</i> )							
28	Кількість ліцензованих видів діяльності	<i>POA1</i>	4	5	5	5	F7 ↑
29	Застосування нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії (ліцензії)	<i>POA2</i>	так	так	ні	так	F6 ф F7 ф
30	Наявність структурного підрозділу з управління знаннями	<i>POA3</i>	ні	ні	ні	так	F4 ф F5 ф
31	Патенти на винаходи	<i>POA4</i>	ні	ні	ні	так	F7 ↑
32	Сервісний центр	<i>POA5</i>	так	так	так	так	F4 ф
33	Колл-центр	<i>POA6</i>	так	так	так	так	F4 ф
34	Проектна діяльність	<i>POA7</i>	так	так	так	так	F2 ф F3 ф F4 ф F6 ф
Критерій Технології ( <i>Technology</i> )							
35	Наявність структурного підрозділу з ПЗ	<i>T1</i>	так	ні	ні	так	F5 ф
36	Сайт (технологія зовнішнього поширення інформації)	<i>T2</i>	середній	середній	середній	дуже високий	F4 ↑
37	Особистий кабінет споживача (технологія зовнішнього збору інформації)	<i>T3</i>	середній	середній	середній	дуже високий	F5 ↑
38	Технології доступу до інформації	<i>T4</i>	середній	низький	середній	дуже високий	F5 ↑
39	Засоби спільної роботи	<i>T5</i>	високий	середній	високий	дуже високий	F4 ↑
40	Системи управління контентом	<i>T6</i>	середній	середній	середній	дуже високий	F5 ↑
41	Web 2.0 інструменти	<i>T7</i>	середній	низький	середній	дуже високий	F5 ↑
42	Інструменти структурування знань	<i>T8</i>	низький	дуже низький	низький	дуже високий	F4 ↑
43	Компоненти управління знаннями в спеціалізованих системах	<i>T9</i>	дуже низький	дуже низький	дуже низький	дуже високий	F4 ↑

Обрані показники в повній мірі відображають і всі етапи (фази) управління знаннями: формування (F1) → накопичення, отримання (F2) → генерування (F3) → обмін (F4) → збереження та документування (F5) → використання (F6) → результат управління знаннями (F7). Розподіл обраних показників за фазами управління знаннями відображені у таблиці 2. Позначення ↑ біля показника свідчить, що оптимальним в системі управління знаннями є зростання вказаного показника. Позначення ↓ біля показника свідчить, що

оптимальним в системі управління знаннями є спадання вказаного показника. Позначення  $\phi$  біля показника свідчить, що оптимальним в системі управління знаннями є фіксоване значення вказаного показника.

Таблиця 2

## Показники системи управління знаннями (СУЗ), розподілені згідно етапів (фаз) управління знаннями

Показники СУЗ	Етапи (фази) управління знаннями						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
			$P1 \uparrow$	$P3 \uparrow$		$P3 \uparrow$	
			$P2 \phi$	$P4 \uparrow$		$P4 \uparrow$	
			$P3 \uparrow$	$P5 \uparrow$		$P5 \uparrow$	
$P1 \uparrow$		$P10 \uparrow$	$P4 \uparrow$	$PIC1 \phi$		$PIA1 \uparrow$	
$P2 \phi$		$PL1 \uparrow$	$P5 \uparrow$	$PIC2 \phi$	$POA3 \phi$	$PIA2 \uparrow$	
$P6 \downarrow$		$PL2 \uparrow$	$P7 \phi$	$POA3 \phi$	$T1 \phi$	$PIA4 \uparrow$	$PIA2 \uparrow$
$P7 \phi$		$PIC1 \phi$	$P8 \phi$	$POA5 \phi$	$T3 \uparrow$	$PIP1 \phi$	$PIA3 \uparrow$
$P8 \phi$		$PIC2 \phi$	$PIA1 \uparrow$	$POA6 \phi$	$T4 \uparrow$	$PIP2 \phi$	$PIA4 \uparrow$
$P9 \uparrow$		$POA7 \phi$	$PIA2 \uparrow$	$POA7 \phi$	$T6 \uparrow$	$PIP3 \phi$	$PIA5 \uparrow$
$P10 \uparrow$			$PIC1 \phi$	$T2 \uparrow$	$T7 \uparrow$	$PIP4 \phi$	$POA1 \uparrow$
$P11 \downarrow$			$PIC2 \phi$	$T5 \uparrow$		$PIP5 \phi$	$POA2 \phi$
			$POA7 \phi$	$T8 \uparrow$		$PIP6 \phi$	$POA4 \uparrow$
				$T9 \uparrow$		$PIP7 \phi$	
						$PIC1 \phi$	
						$PIC2 \phi$	
						$POA2 \phi$	
						$POA7 \phi$	

Також розроблена система показників враховує усі рівні управління знаннями (індивідуальний, груповий, організаційний, міжорганізаційний). Усереднені показники критерію «Люди» відображають індивідуальний рівень. Показник  $T1$  та  $POA3$  враховують наявність структурних підрозділів з програмного забезпечення та управління знаннями, що дозволяє врахувати груповий рівень управління знаннями. Блок «Інноваційне співробітництво» критерію «Процеси» відображає міжорганізаційний рівень управління знаннями. А весь комплекс показників у системному поєднанні відображають систему управління знаннями підприємства, тобто є організаційним рівнем управління знаннями підприємства.

Для показників  $P11$ ,  $PIP1$ ,  $PIP2$ ,  $PIP3$ ,  $PIP4$ ,  $PIP5$ ,  $PIP6$ ,  $PIP7$ ,  $POA2$ ,  $POA3$ ,  $POA4$ ,  $POA5$ ,  $POA6$ ,  $POA7$ ,  $T1$ ,  $T2$ ,  $T3$ ,  $T4$ ,  $T5$ ,  $T6$ ,  $T7$ ,  $T8$ ,  $T9$  результати наведені у вигляді лінгвістичних термів. Для цього використано трикутну функцію належності (формула 4).

При цьому для показників  $P11$ ,  $PIP1$ ,  $PIP2$ ,  $PIP3$ ,  $PIP4$ ,  $PIP5$ ,  $PIP6$ ,  $PIP7$ ,  $PIC1$ ,  $PIC2$ ,  $POA2$ ,  $POA3$ ,  $POA4$ ,  $POA5$ ,  $POA6$ ,  $POA7$ ,  $T1$  вигляд функції належності та лінгвістичних термів (Так, Ні) наступний (рис. 2).

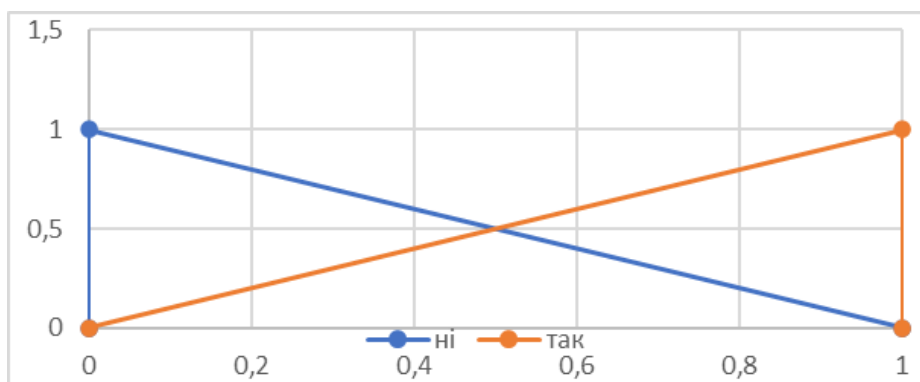


Рис. 2. Трикутні функції належності з лінгвістичними термами Так, Ні

Лінгвістичному терму Ні відповідає нечітке число  $(0; 0; 1)$ . Лінгвістичному терму Так відповідає нечітке число  $(0; 1; 1)$ .

Для показників  $T2$ ,  $T3$ ,  $T4$ ,  $T5$ ,  $T6$ ,  $T7$ ,  $T8$ ,  $T9$  вигляд функції належності та лінгвістичних термів (Дуже низький, Низький, Середній, Високий, Дуже високий) наступний (рис.3).

Лінгвістичному терму Дуже низький відповідає нечітке число  $(0; 0; 0,2)$ , Низький –  $(0; 0,2; 0,5)$ , Середній –  $(0,2; 0,5; 0,8)$ , Високий  $(0,5; 0,8; 1)$ , Дуже високий  $(0,8; 1; 1)$ .

Еталонне значення  $P1$  становить максимальне значення кількості працівників серед досліджуваних підприємств, адже більша кількість працівників генерують більше знань. Еталонне значення  $P2$  встановлене на рівні 15 %, що відображає кількісний пріоритет виробничого персоналу в сенсі збільшення виробничих можливостей підприємства. Для  $P3$  та  $P5$  еталонне значення встановлене на рівні 12759 грн (середньої заробітної плати в 2020 р. по країні в промисловості). Для  $P4$  еталонне значення обрано на рівні 13256 грн. (за даними Державної Служби Статистики у 2020 році середня заробітна плата для підприємств електроенергетики становила 16739 грн., а для підприємств, які займаються водопостачанням та

водовідведенням 9774 грн., усереднене їх значення становить 13256 грн). Для  $P6$  еталонним є 5% (природна плинність кадрів), що дозволяє врахувати кадрову безпеку. До того ж в економіці знань висока плинність кадрів означає не лише додаткові витрати на пошук та навчання співробітників, але і втрату людського капіталу (унікальних компетенцій, знань та досвіду). Для  $P7$  еталонним є мінімальне значення для досліджуваних підприємств на рівні 45 років. Еталонне значення для  $P8$  встановлено на рівні 10%. Для  $P11$  еталонним є відсутність вакантних посад, адже проблемами підприємств є нестача кваліфікованих кадрів робітничих спеціальностей, у еталонному значенні відображено, що підприємство повністю забезпечене кваліфікованими кадрами.

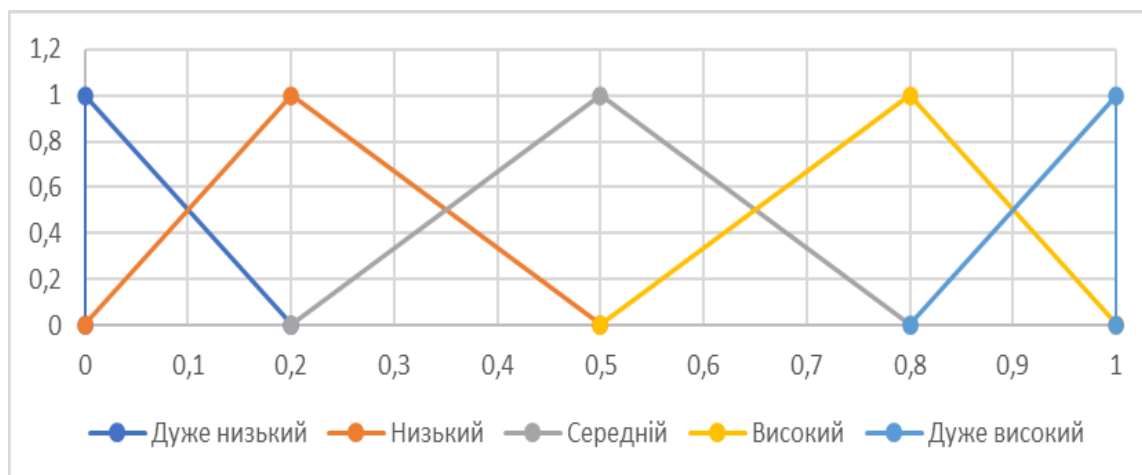


Рис. 3. Трикутні функції належності з лінгвістичними термами Дуже низький, Низький, Середній, Високий, Дуже високий

### Етап 3. Попередня обробка даних (зведення всіх показників до одного порядку)

Для показників, котрі визначалися із використанням трикутної функції належності з лінгвістичними термами Так, Ні, дефазифіковане значення для терму Так становить  $0,6667 ((0+1+1)/3)$ , для лінгвістичного терму Ні –  $0,3333 ((0+0+1)/3)$  (таблиця 3).

Таблиця 3

Лінгвістичні терми (Так, Ні), відповідні їм нечіткі числа та дефазифіковані значення		
Лінгвістичні терми	Нечіткі числа	Дефазифіковані значення
Ні	(0; 0; 1)	0,3333
Так	(0; 1; 1)	0,6667

Для показників, котрі визначалися із використанням трикутної функції належності з лінгвістичними термами Дуже низький, Низький, Середній, Високий, Дуже високий, дефазифіковані значення представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Лінгвістичні терми, відповідні їм нечіткі числа та дефазифіковані значення		
Лінгвістичні терми	Нечіткі числа	Дефазифіковані значення
Дуже низький	(0; 0; 0,2)	0,0667
Низький	(0; 0,2; 0,5)	0,2333
Середній	(0,2; 0,5; 0,8)	0,5000
Високий	(0,5; 0,8; 1)	0,7667
Дуже високий	(0,8; 1; 1)	0,9333

Отже, результати зведення всіх показників таблиці 1 до одного порядку відображені у таблиці 5. Також у даній таблиці відображене Підприємство  $S41$ , котре є умовним еталонним підприємством. Його показники є оптимальними згідно думок експертів.

Таблиця 5

Приведення вихідних показників до одного порядку					
Показник	$S11$	$S21$	$S31$	$S41$ (умовне)	$S01$
1	2	3	4	5	6
$P1$	0,7472	0,2677	1,0000	1,0000	1,0000
$P2$	0,8966	1,0000	0,5172	0,5172	0,5172
$P3$	0,8625	0,7527	0,8418	1,0000	1,0000
$P4$	0,8930	0,7815	1,0000	0,8933	0,8933
$P5$	0,8022	0,6884	0,8142	1,0000	1,0000
$P6$	0,7273	1,0000	0,9091	0,4545	0,4545

1	2	3	4	5	6
P7	1,0000	0,8824	0,9804	0,8824	0,8824
P8	0,8824	1,0000	0,9412	0,2941	0,2941
P9	1,0000	1,0000	0,8000	1,0000	1,0000
P10	1,0000	0,7333	1,0000	1,0000	1,0000
P11	0,6667	0,6667	0,6667	0,3333	0,3333
PL1	0,4667	0,6667	0,6000	1,0000	1,0000
PL2	0,2000	0,2000	0,2333	1,0000	1,0000
PIA1	0,0320	0,0340	0,0000	1,0000	1,0000
PIA2	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
PIA3	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
PIA4	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000
PIA5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
PIP1	0,6667	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP2	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP3	0,6667	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP4	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP5	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP6	0,6667	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIP7	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIC1	0,6667	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
PIC2	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
POA1	0,6667	0,6667	0,3333	0,6667	0,6667
POA2	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
POA3	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
POA4	0,3333	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
POA5	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667
POA6	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667
POA7	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667
T1	0,6667	0,3333	0,3333	0,6667	0,6667
T2	0,5000	0,5000	0,5000	0,9333	0,9333
T3	0,5000	0,5000	0,5000	0,9333	0,9333
T4	0,5000	0,2333	0,5000	0,9333	0,9333
T5	0,7667	0,5000	0,7667	0,9333	0,9333
T6	0,5000	0,5000	0,5000	0,9333	0,9333
T7	0,5000	0,2333	0,5000	0,9333	0,9333
T8	0,2333	0,0667	0,2333	0,9333	0,9333
T9	0,0667	0,0667	0,0667	0,9333	0,9333

Після попередньої обробки досліджуваних послідовностей отримано  $m \times n$  нових послідовностей  $\bar{s}_{ji} = \{\bar{s}_{ji}(1), \bar{s}_{ji}(2), \dots, \bar{s}_{ji}(n_i)\}$ , котрі використовуються в сірому реляційному аналізі, як послідовності, котрі можна порівнювати.

#### Етап 4. Обчислення сірих реляційних класів

##### 4.1. Визначення сірих реляційних коефіцієнтів (нехай $\varepsilon=0,5$ )

За вихідними даними розраховано сірі реляційні коефіцієнти (таблиця 6).

Таблиця 6

#### Сірі реляційні коефіцієнти $\gamma_{ij}(k)$ для показників системи управління знаннями

Показник	S1	S2	S3	S4 (умовне)
1	2	3	4	5
P1	0,5916	0,3333	1,0000	1,0000
P2	0,4912	0,4313	1,0000	1,0000
P3	0,7270	0,5969	0,6984	1,0000
P4	0,9993	0,7661	0,7743	1,0000
P5	0,6492	0,5402	0,6634	1,0000
P6	0,5731	0,4017	0,4462	1,0000
P7	0,7568	1,0000	0,7888	1,0000
P8	0,3837	0,3416	0,3614	1,0000
P9	1,0000	1,0000	0,6467	1,0000
P10	1,0000	0,5786	1,0000	1,0000
P11	0,5235	0,5235	0,5235	1,0000
PL1	0,4286	0,5455	0,5000	1,0000
PL2	0,3333	0,3333	0,3429	1,0000
PIA1	0,3406	0,3411	0,3333	1,0000
PIA2	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIA3	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIA4	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
PIA5	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIP1	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000
PIP2	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000

1	2	3	4	5
PIP3	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000
PIP4	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIP5	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIP6	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000
PIP7	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
PIC1	1,0000	0,3333	0,3333	1,0000
PIC2	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
POA1	0,4545	1,0000	1,0000	1,0000
POA2	1,0000	1,0000	0,3333	1,0000
POA3	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
POA4	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
POA5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
POA6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
POA7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
T1	1,0000	0,5652	0,5652	1,0000
T2	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000
T3	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000
T4	0,5000	0,3824	0,5000	1,0000
T5	0,7222	0,5000	0,7222	1,0000
T6	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000
T7	0,5000	0,3824	0,5000	1,0000
T8	0,3824	0,3333	0,3824	1,0000
T9	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000

Очевидно, що для умовного еталонного підприємства  $S_4$  усі сірі реляційні коефіцієнти становлять 1.

#### 4.2. Визначення вагових коефіцієнтів

У таблицях 7–15 відображені матриці та результати парних порівнянь для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв та блоків в системі управління знаннями підприємства згідно рисунку 1 та таблиці 1.

Таблиця 7

#### Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв Люди, Технології, Процеси

Номер показника	Показник	Номер показника			Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	
1	Люди	1	1	1/2	0,240
2	Технології	1	1	1/3	0,210
3	Процеси	2	3	1	0,550
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )				3,018	$\geq n$ ( $n=3$ )
Індекс узгодженості ( $IJ$ )				0,009	
Усереднене значення індексу узгодженості ( $VJI$ )				0,580	
Відносна узгодженість ( $BU$ )				0,016	=1,58% (<10%)

Таблиця 8

#### Матриця та результати парних порівнянь для блоків критерію Процеси

Номер показника	Показник	Номер показника					Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	
1	Навчання	1	1/2	1/3	1	1/2	0,112
2	Інноваційна діяльність	2	1	1	2	1	0,243
3	Інноваційні процеси	3	1	1	2	1/2	0,230
4	Інноваційне співробітництво	1	1/2	1/2	1	1/3	0,112
5	Операційна діяльність	2	1	2	3	1	0,303
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )				5,111	$\geq n$ ( $n=5$ )		
Індекс узгодженості ( $IJ$ )				0,028			
Усереднене значення індексу узгодженості ( $VJI$ )				1,120			
Відносна узгодженість ( $BU$ )				0,025	= 2,47 %		

Таблиця 9

#### Матриця та результати парних порівнянь для показників критерію Люди

Номер показника	Показник	Номер показника											Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,087
2	P2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	0,052
3	P3	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087
4	P4	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087
5	P5	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087
6	P6	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	0,144
7	P7	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	0,144
8	P8	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	0,052
9	P9	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	<i>P10</i>	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087
11	<i>P11</i>	1	2	1	1	1	1/2	1/2	2	1	1	1	0,087
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )										11,21			$\geq n$ ( $n=11$ )
Індекс узгодженості ( <i>IY</i> )										0,02			
Усереднене значення індексу узгодженості ( <i>VIY</i> )										1,51			
Відношення узгодженості ( <i>BV</i> )										0,01 = 1,39 % (<10%)			

Таблиця 10

**Матриця та результати парних порівнянь для показників блоку Навчання критерію Процеси**

Номер показника	Показник	Номер показника		Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	
1	<i>PL1</i>	1	1	0,500
2	<i>PL2</i>	1	1	0,500
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )				2 $\geq n$ ( $n=2$ )
Індекс узгодженості ( <i>IY</i> )				0
Усереднене значення індексу узгодженості ( <i>VIY</i> )				0
Відносна узгодженість ( <i>BV</i> )				0 = 0,00 % (<10%)

Таблиця 11

**Матриця та результати парних порівнянь для показників блоку Інноваційна діяльність критерію Процеси**

Номер показника	Показник	Номер показника					Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	
1	<i>PIA1</i>	1	1	3	2	2	0,295
2	<i>PIA2</i>	1	1	4	2	2	0,313
3	<i>PIA3</i>	1/3	1/4	1	1	1	0,109
4	<i>PIA4</i>	1/2	1/2	1	1	4	0,180
5	<i>PIA5</i>	1/2	1/2	1	1/4	1	0,103
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )						5,247	$\geq n$ ( $n=5$ )
Індекс узгодженості ( <i>IY</i> )						0,062	
Усереднене значення індексу узгодженості ( <i>VIY</i> )						1,120	
Відносна узгодженість ( <i>BV</i> )						0,055	= 5,52 % (<10%)

Таблиця 12

**Матриця та результати парних порівнянь для показників блоку Інноваційні процеси критерію Процеси**

Номер показника	Показник	Номер показника							Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	6	7	
1	<i>PIP1</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
2	<i>PIP2</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
3	<i>PIP3</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
4	<i>PIP4</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
5	<i>PIP5</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
6	<i>PIP6</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
7	<i>PIP7</i>	1	1	1	1	1	1	1	0,143
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )								7	$\geq n$ ( $n=7$ )
Індекс узгодженості ( <i>IY</i> )								0	
Усереднене значення індексу узгодженості ( <i>VIY</i> )								1,32	
Відносна узгодженість ( <i>BV</i> )								0	= 0,00 % (<10%)

Таблиця 13

**Матриця та результати парних порівнянь для показників блоку Інноваційна співпраця критерію Процеси**

Номер показника	Показник	Номер показника		Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	
1	<i>PIC1</i>	1	1	0,500
2	<i>PIC2</i>	1	1	0,500
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )				2 $\geq n$ ( $n=2$ )
Індекс узгодженості ( <i>IY</i> )				0
Усереднене значення індексу узгодженості ( <i>VIY</i> )				0
Відносна узгодженість ( <i>BV</i> )				0

Таблиця 14

**Матриця та результати парних порівнянь для показників блоку  
Операційна діяльність критерію Процеси**

Номер показника	Показник	Номер показника							Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	6	7	
1	POA1	1	1	2	2	2	2	1	0,200
2	POA2	1	1	2	2	2	2	1	0,200
3	POA3	1/2	1/2	1	2	2	2	1	0,148
4	POA4	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1/2	0,090
5	POA5	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1/2	0,090
6	POA6	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1/2	0,090
7	POA7	1	1	1	2	2	2	1	0,181
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )							7,089	$\geq n (n=7)$	
Індекс узгодженості ( $I$ )							0,015		
Усереднене значення індексу узгодженості ( $VIV$ )							1,320		
Відносна узгодженість ( $BU$ )							0,011	= 0,00 %	

Таблиця 15

**Матриця та результати парних порівнянь для показників критерію Технології**

Номер показника	Показник	Номер показника									Вектор пріоритетів ( $w_i$ )
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	T1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
2	T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
3	T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
4	T4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
5	T5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
6	T6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
7	T7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
8	T8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
9	T9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,111
Власне значення матриці ( $\lambda_{max}$ )										9	$\geq n (n=9)$
Індекс узгодженості ( $I$ )										0	
Усереднене значення індексу узгодженості ( $VIV$ )										1,45	
Відносна узгодженість ( $BU$ )										0	= 0,00 %

В результаті отримано наступні вагові коефіцієнти (таблиця 16).

Таблиця 16

**Вагові коефіцієнти показників СУЗ**

Показник	$w_i$ в рамках блоку/критерію	$w_i$ узагальнений
1	2	3
P1	0,087	0,021
P2	0,052	0,013
P3	0,087	0,021
P4	0,087	0,021
P5	0,087	0,021
P6	0,144	0,035
P7	0,144	0,035
P8	0,052	0,013
P9	0,087	0,021
P10	0,087	0,021
P11	0,087	0,021
PL1	0,500	0,031
PL2	0,500	0,031
PIA1	0,295	0,039
PIA2	0,313	0,042
PIA3	0,109	0,015
PIA4	0,180	0,024
PIA5	0,103	0,014
PIP1	0,143	0,018
PIP2	0,143	0,018
PIP3	0,143	0,018
PIP4	0,143	0,018
PIP5	0,143	0,018
PIP6	0,143	0,018
PIP7	0,143	0,018
PIC1	0,500	0,031
PIC2	0,500	0,031
POA1	0,200	0,033
POA2	0,200	0,033



1	2	3
POA3	0,148	0,025
POA4	0,090	0,015
POA5	0,090	0,015
POA6	0,090	0,015
POA7	0,181	0,030
T1	0,111	0,023
T2	0,111	0,023
T3	0,111	0,023
T4	0,111	0,023
T5	0,111	0,023
T6	0,111	0,023
T7	0,111	0,023
T8	0,111	0,023
T9	0,111	0,023

При визначенні узагальнених показників визначалися вагові коефіцієнти на кожному рівні ієрархії. Серед критеріїв критерій Люди отримав ваговий коефіцієнт 0,24; Процеси – 0,55; Технології – 0,21. Складові блоки критерію Процеси отримали: блок Навчання – 0,112; блок Інноваційна діяльність – 0,243; блок Інноваційні процеси – 0,230; блок Інноваційне співробітництво – 0,112; блок Операційна діяльність – 0,303.

#### 4.3. Визначення сірих реляційних класів

На даному етапі використовуються вагові коефіцієнти  $w_i$  в рамках блоку/критерію (таблиця 16). Визначені сірі реляційні класи відображені в таблиці 17.

Таблиця 17

№ п/п	Критерій / блок	Сірі реляційні класи $\gamma_{ij}$			
		S1	S2	S3	S4 (умовне)
1	Люди	0,714	0,619	0,710	1,000
2	Процеси / Навчання	0,381	0,439	0,421	1,000
3	Процеси / Інноваційна діяльність	0,455	0,455	0,333	1,000
4	Процеси / Інноваційні процеси	0,619	0,333	0,333	1,000
5	Процеси / Інноваційне співробітництво	0,667	0,333	0,333	1,000
6	Процеси / Операційна діяльність	0,732	0,841	0,708	1,000
7	Технології	0,549	0,444	0,500	1,000

#### Етап 6. Побудова матриці оцінок

Для проведеного дослідження матриця оцінок матиме наступний вигляд:

	Люди	Навчання	Інноваційна діяльність	Інноваційні процеси	Інноваційне співробітництво	Операційна діяльність	Технології
A= S1	0,714	0,381	0,619	0,619	0,667	0,732	0,549
S2	0,619	0,439	0,455	0,333	0,333	0,841	0,444
S3	0,710	0,421	0,333	0,333	0,333	0,708	0,500
S4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

#### Етап 7. Формування комплексної оцінки системи управління знаннями підприємств

Отже, слід знайти добуток відповідних значень матриці A та відповідних вагових коефіцієнтів (таблиця 18). Для критерію Люди ваговий коефіцієнт становить 0,240; Технології – 0,210; блок Навчання (із врахуванням вагового коефіцієнту критерію Процеси 0,550) становить 0,062; блок Інноваційна діяльність – 0,134; блок Інноваційні процеси – 0,126; блок Інноваційне співробітництво – 0,062; блок Основна діяльність – 0,167.

Таблиця 18

#### Результати комплексної оцінки системи управління знаннями на досліджуваних підприємствах

Enterprise	People	Processes					Technology	KMS	
		Learning	Innovative activity	Innovative processes		Learning			
S1	0,171	0,023	0,083	0,078	S1	0,171	0,023	0,083	0,078
S2	0,149	0,027	0,061	0,042	S2	0,149	0,027	0,061	0,042
S3	0,170	0,026	0,045	0,042	S3	0,170	0,026	0,045	0,042
S4	0,240	0,062	0,134	0,126	S4	0,240	0,062	0,134	0,126

В результаті комплексний показник системи управління знаннями (KMS) для S1 (МКП «Хмельницьктеплокомуненерго») становить 0,634; для S2 (КП «Південно-західні тепломережі») – 0,533; для S3 (МКП «Хмельницькводоканал») – 0,527; а для S4 (підприємство-еталон) – 1,000.

### Етап 7. Визначення зрілості підприємства з управління знаннями

Визначимо зрілість підприємства з управління знаннями для даного дослідження за отриманим комплексним показником  $KMS$ , котрий може приймати значення в діапазоні від 0 до 1. Зрілість підприємства з управління знаннями може бути: низькою (Low), нижче середнього (LowMedium), середньою (Medium), вище середнього (High Medium) та високою (Medium). Згідно Гауссової функції належності (формула 11, 12) сформовано функції належності для різних термів:

$$\text{Low: } \mu_1(KMS) = \exp\left(-\frac{(KMS-0)^2}{0.025}\right). \quad (22)$$

$$\text{LowMedium: } \mu_2(KMS) = \exp\left(-\frac{(KMS-0.25)^2}{2 \cdot 0.1^2}\right). \quad (23)$$

$$\text{Medium: } \mu_3(KMS) = \exp\left(-\frac{(KMS-0.5)^2}{2 \cdot 0.1^2}\right). \quad (24)$$

$$\text{HighMedium: } \mu_4(KMS) = \exp\left(-\frac{(KMS-0.75)^2}{2 \cdot 0.1^2}\right). \quad (25)$$

$$\text{High: } \mu_5(KMS) = \exp\left(-\frac{(KMS-1)^2}{0.025}\right). \quad (26)$$

На рисунку 4 відображені Гауссові функції належності.

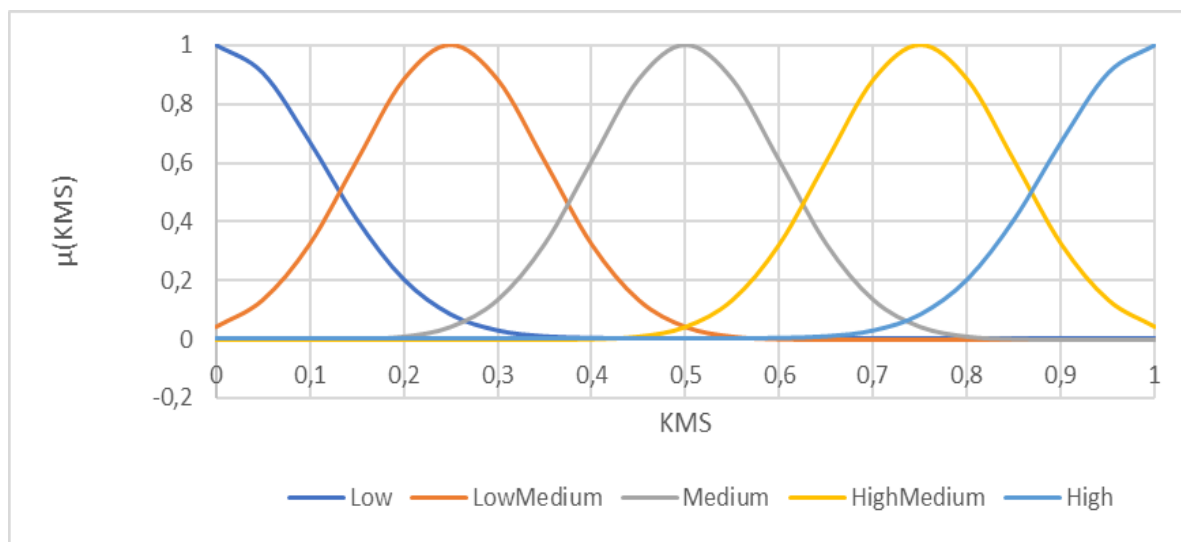


Рис. 4. Гауссові функції належності з лінгвістичними термами Дуже низький, Низький, Середній, Високий, Дуже високий для визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями

Для отриманих комплексних оцінок  $KMS$  для досліджуваних підприємств визначено рівні зрілості з управління знаннями шляхом розпізнавання вхідних даних (формули 22–26) за лінгвістичною шкалою (таблиця 19).

Таблиця 19

Матриця фактичного розподілу значень за нечіткими множинами

KMS	Функції належності $\mu$				
	Low ( $\mu_1(KMS)$ )	Low Medium ( $\mu_2(KMS)$ )	Medium ( $\mu_3(KMS)$ )	High Medium ( $\mu_4(KMS)$ )	High ( $\mu_5(KMS)$ )
$S_1$	0,000	0,001	0,407	0,511	0,005
$S_2$	0,000	0,018	0,949	0,094	0,000
$S_3$	0,000	0,022	0,965	0,082	0,000

Аналіз таблиці 19 свідчить, що для підприємства  $S_1$  (МКП «Хмельницьктеплокомуненерго») зрілість з управління знаннями знаходиться на межі між середнім та вище середнього рівнем. Для інших підприємств рівень зрілості є середнім.

### Етап 8. Інтерпретація отриманих результатів

Отже, можна помітити досить низький рівень системи управління знаннями на досліджуваних підприємствах. Порівняно з еталонними значеннями показників, яке становить 1, МКП «Хмельницькводоканал» знаходиться на третьому місці із показником 0,527; на другому – КП «Південно-західні тепломережі» із показником 0,533, а на першому – МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» із комплексним показником 0,634. Дані комплексні показники свідчать про необхідність вдосконалення системи управління знаннями на підприємствах.

Якщо порівняти критерії системи управління знаннями на досліджуваних підприємствах із підприємством-сталом у відсотковому співвідношенні (таблиця 20, рисунок 5), то можна помітити на всіх досліджуваних підприємства найвищий показник у критерія «Люди».

Таблиця 20

#### Порівняння критеріїв СУЗ підприємств у відсотковому співвідношенні

Enterprise	People	Processes	Technology
S1	71,25%	63,09%	54,76%
S2	62,08%	52,91%	44,29%
S3	70,83%	45,64%	50,00%
S4	100,00%	100,00%	100,00%

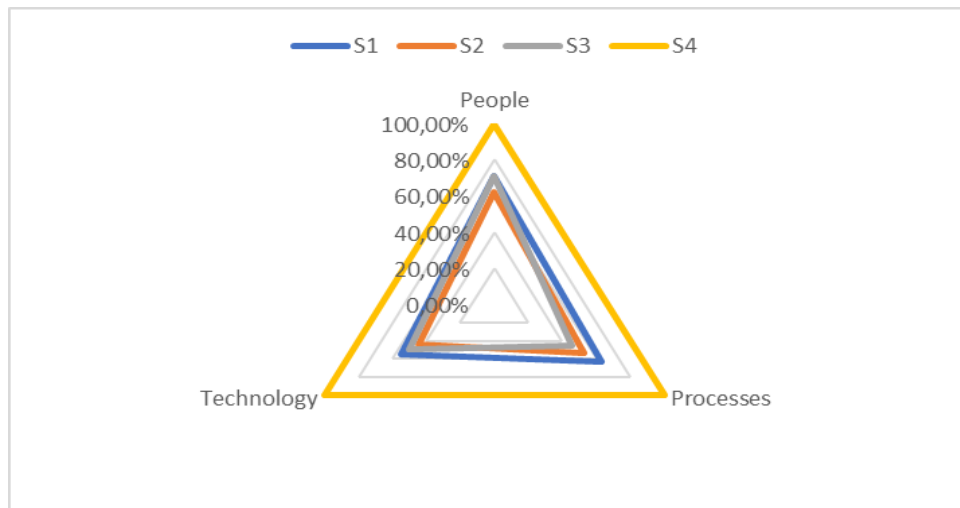


Рис. 5. Порівняння критеріїв СУЗ підприємств у відсотковому співвідношенні

За всіма критеріями найвищі показники у підприємства S1 (МКП «Хмельницьктеплокомуненерго»).

Якщо порівняти блоки критерію Процеси СУЗ підприємств у відсотковому співвідношенні (таблиця 21, рисунок 6), то слід відмітити, що найвищий рівень на підприємствах блоку «Операційна діяльність».

Таблиця 21

#### Порівняння блоків критерію Процеси СУЗ підприємств у відсотковому співвідношенні

Enterprise	Learning	Innovative activity	Innovative processes	Innovation cooperation	Operational activity
S1	37,10%	61,94%	61,90%	66,13%	73,05%
S2	43,55%	45,52%	33,33%	33,87%	83,83%
S3	41,94%	33,58%	33,33%	33,87%	70,66%
S4	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

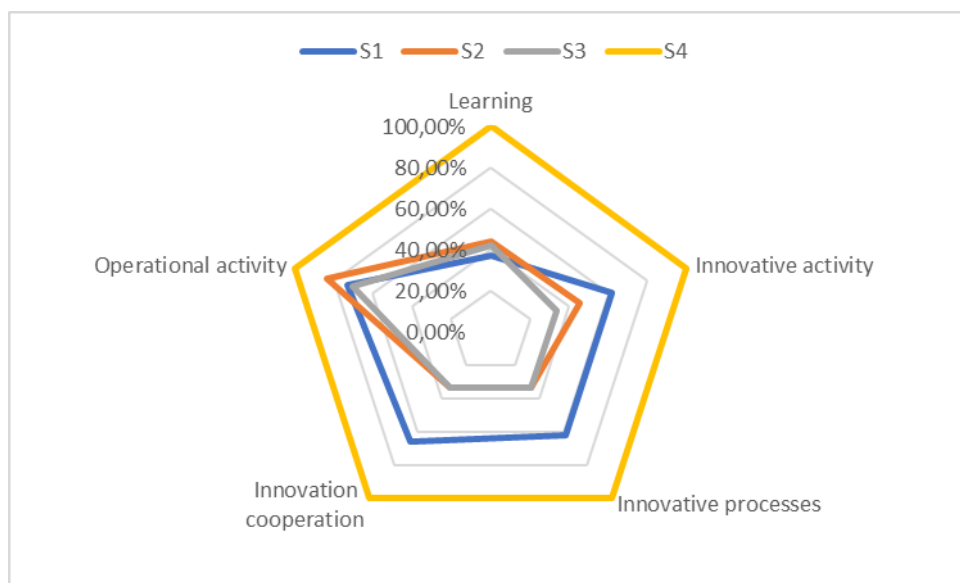


Рис. 6. Порівняння блоків критерію Процеси СУЗ підприємств у відсотковому співвідношенні

У блоках «Навчання», «Інноваційна активність», «Інноваційні процеси» та «Інноваційна співпраця» підприємства S2 та S3 не досягають навіть рівня 50 % в порівнянні з підприємством еталоном S4.

Проведений аналіз свідчить, що на досліджуваних підприємствах необхідне вдосконалення систем управління знаннями, особливо в напрямку покращення процесів та технологій. Більша деталізація необхідних кількісних змін показників системи управління знаннями буде розглянута у наступному дослідженні в контексті взаємозв'язку отриманих показників та цільових значень показників економічної ефективності діяльності підприємств.

### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Розглянуто системи управління знаннями трьох комунальних підприємств житлово-комунального господарства, а саме МКП «Хмельницьктеплокомуненерго», КП «Південно-західні тепломережі», МКП «Хмельницькводоканал». Дані системи є сірими системами. Для комплексного оцінювання системи управління знаннями підприємства використано сірий реляційний аналіз та метод аналізу ієрархій.

Розроблена модель KMS включає ієрархію показників системи управління знаннями підприємства, набір якісних та кількісних оцінок кожного показника в ієрархії, систему вагових коефіцієнтів обраних показників (ваговий вектор). Запропонована модель включає наступні етапи: визначення критеріїв та показників, побудова ієрархічного дерева системи управління знаннями; оцінка показників системи управління знаннями (у числовій формі та у лінгвістичних термах) і визначення їх еталонних значень; попередня обробка даних (зведення всіх показників до одного порядку); обчислення сірих реляційних класів (визначення сірих реляційних коефіцієнтів, визначення вагових коефіцієнтів та, в результаті, визначення сірих реляційних класів); побудова матриці оцінок; формування комплексної оцінки системи управління знаннями підприємств; визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями; інтерпретація отриманих результатів.

Було обрано три узагальнюючі критерії та 43 показники (у вигляді кількісних та якісних характеристик): Люди (11 показників), Технології (9 показників), Процеси (23 показники). Критерій Процеси включає блоки: Навчання (2 показники), Інноваційна діяльність (5 показників), Інноваційні процеси (7 показників), Інноваційна співпраця (2 показники), Основна діяльність (7 показників). Модель враховує складові елементи (люди, технології, процеси), рівні (індивідуальний, груповий, організаційний, міжорганізаційний), етапи (фази) управління знаннями (формування → накопичення, отримання → генерування → обмін → збереження та документування → використання → результат управління знаннями) та дозволяє визначити рівень зрілості підприємства з управління знаннями. Визначення вагових коефіцієнтів критеріїв та показників системи управління знаннями підприємства відбувалося за допомогою використання методу аналізу ієрархії (методу попарних порівнянь).

Згідно результатів практичної реалізації запропонованої моделі можна помітити досить низький рівень системи управління знаннями на досліджуваних підприємствах. Порівняно з еталонними значеннями показників, яке становить 1, МКП «Хмельницькводоканал» знаходиться на третьому місці із показником 0,527; на другому – КП «Південно-західні тепломережі» із показником 0,533, а на першому – МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» із комплексним показником 0,634. Дані комплексні показники свідчать про необхідність вдосконалення системи управління знаннями на підприємствах.

Більша деталізація необхідних кількісних змін показників системи управління знаннями буде розглянута у наступному дослідженні в контексті взаємозв'язку отриманих показників та цільових значень показників економічної ефективності діяльності підприємств.

Розроблена модель є універсальною та може бути використана для підприємств різних сфер діяльності з метою комплексного оцінювання системи управління знаннями у порівнянні з підприємством-еталоном, визначення рівня зрілості підприємства з управління знаннями та виявлення проблемних місць з метою прийняття ефективного управлінського рішення для підвищення підприємством показників конкурентоспроможності.

### **Література**

1. Chaikovska I.I. Upravlinnia znanniamy na proiektno-orientovanykh pidpriemstvakh. Ukrainyskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky. 2021. № 6 (4). С. 67-81.
2. Bagheri R., Rezaeian A., Fazlaly A. A mathematical model to evaluate knowledge in the knowledge-based organizations. Scientia Iranica. 2015. № 22(6). P. 2716-2721.
3. Saviour A.W., Mahama F., Kuadey N., Ankorah C. Mathematical Model of Knowledge Management System in an Organization. Global Journal of Management and Business Research: A Administration and Management. 2016. № 16(5). P. 12-20.
4. Oztemel E., Arslankaya S., KorkusuzPolat T. Enterprise knowledge management model (EKMM) in strategic enterprise resource management (SERM). Procedia Social and Behavioral Sciences. 2011. № 24. P.870–879.
5. Pondel M., Pondel J. Selected It Tools in Enterprise Knowledge Management Processes – Overview and Efficiency Study. IFIP AICT. 2019. № 571, P. 12–28.
6. Moradi M., Vallespir B. Enterprise modelling and knowledge management: toward a unified enterprise knowledge modelling. ISDM. 2009. URL: [https://www.researchgate.net/publication/252876824\\_ENTERPRISE\\_MODELING\\_AND\\_KNOWLEDGE\\_MANAGEMENT\\_TOWARD\\_A\\_UNIFIED\\_ENTERPRISE\\_KNOWLEDGE\\_MODELING](https://www.researchgate.net/publication/252876824_ENTERPRISE_MODELING_AND_KNOWLEDGE_MANAGEMENT_TOWARD_A_UNIFIED_ENTERPRISE_KNOWLEDGE_MODELING) (10.02.2022)

7. Nakamori Yo. Systems methodology and mathematical models for knowledge management. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. 2003. № 12 (1). P. 49-72.
8. Pandey A., Vandana, Mishra S., Rai Sh. Relationship between e-commerce & knowledge economy and their role in risk assessment process. *Journal of Global Research in Computer Science*. 2013. № 4(4). P. 50-57.
9. Nayakappa P.A., Gaurish A.W., Mahesh G. Grey Relation Analysis Methodology and its Application. *Research Review International Journal of Multidisciplinary*. 2019. № 04(02). P.409-411.
10. Skrinjaric T. Using Grey Relational Analysis with Fuzzy Logic in portfolio selection. *CEA Journal of Economics*. 2020. P39-56.
11. Skrinjaric T. Dynamic Portfolio Optimization based on Grey Relational Analysis Approach. *Expert Systems With Applications*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113207> (10.02.2022)
12. Kose E., Danis, V., Canbulut G. The most livable city selection in Turkey with the grey relational analysis. *Grey Systems: Theory and Application*. 2020. № 10 (4). URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/GS-04-2020-0042/full/html?skipTracking=true> (10.02.2022)
13. Grdinic-Rakonjac M., Antic B., Pesic D., Pajkovic V. Construction of Road Safety Composite Indicator Using Grey Relational Analysis. *Promet – Traffic & Transportation*. 2021. № 33 (1). 2021. P. 103-116.
14. Canbulut G., Kose E. Arik O.A. Public transportation vehicle selection by the grey relational analysis method. *Public Transport*. 2021. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12469-021-00271-3> (10.02.2022)
15. Pan W., Lei C., Jia W., Gao H., Fang B. Grey Relational Grade Based Quantitative Analysis of the Factors Influencing the Load Characteristics of A Power Grid. *E3S Web of Conferences*. 2018. № 53, 01012. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185301012> (10.02.2022)
16. Lu H., Guo H., Liu Zh., Yang X., Leng B. Fault diagnosis of power grids based on grey relational analysis. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*. 2019. 1303.012088 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1303/1/012088> (10.02.2022)
17. Murat D. The Analysis of The Well-Being Levels of OECD Countries With Grey Relational Analysis. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*. 2020. № 41. P.83-107.
18. Liu Y., You X., Zhang Ch. Regional Economic Vitality Based on Weighted Grey Relational Analysis. *Journal of Economic Science Research*. 2020. № 03(02). P. 12-18.
19. Wang W., Fu Ch., Shen X. Research on Lipstick Modeling Based on Grey Relational Analysis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 440. 052027 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/440/5/052027> (дата звернення: 10.02.2022)
20. Padmaja M., Haritha Dr. D. Software Effort Estimation Using Grey Relational Analysis. *International Journal of Information Technology and Computer Science*. 2017. № 5. P. 52-60.
21. Jiayi Zh. The Grey Relational Analysis of the Allocation of S&T Resources and Technological Progress in Guangdong. *E3S Web of Conferences*. 2021. 251. 01066. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125101066> (10.02.2022)
22. Chaikovska I.I. Evaluation of enterprise knowledge management system. *Aktualni problemi ekonomiky*. 2015. № 10 (172). S. 221-229.
23. Dumanska K., Chaikovska I., Vahanova L., Kobets D. Strategize company's sustainable management of investment project evaluation based on the information support. *Journal of Information Technology Management*. 2021. № 13. Special Issue: Role of ICT in Advancing Business and Management. P. 143-158.