

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-70>

УДК 519.854:005.216.1

НЕЧІТКА ГІБРИДНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

FUZZY HYBRID MODEL FOR FORMING A SYSTEM OF INDICATORS FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF AN ENTERPRISE

Балан Валерій Григорович

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1577-0636>

Balan Valeriy

Taras Shevchenko National University of Kyiv

У статті представлена гібридна модель формування системи показників оцінювання ефективності діяльності підприємства з використанням інструментів нечітко-множинної теорії, зокрема методів нечіткого багатокритерійного аналізу Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP, Fuzzy SBWM та Fuzzy Delphi. Розроблений на основі моделі методичний підхід реалізує два завдання, а саме формування переліку KPI за кожною з визначених груп (шляхом оптимізації їх кількості за допомогою виключення залежних і незначущих) та визначення пріоритетності цих показників. З метою практичного застосування запропонованого алгоритму розроблено фреймворк, який здійснює трансформацію лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа, реалізує повною мірою розрахункові схеми гібридної моделі та дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від коригувань міркувань експертів. Проведено апробацію розробленої методики для оптимізації системи показників ефективності діяльності банківської установи за перспективами класичної збалансованої системи показників (BSC). Дана методика може бути використана у стратегічному контролінгу підприємства з метою фасилітації процесу формування системи ключових показників ефективності та визначення їх пріоритетності.

Ключові слова: стратегічний контролінг, ключові показники ефективності, збалансована система показників, теорія нечітких множин, лінгвістичні змінні, терм-множина, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP, Fuzzy SBWM.

The article is devoted to topical issues of the application of the concept of performance management in the strategic controlling of the enterprise, and in particular to the identification of key performance indicators (KPI). The main functions of systems for evaluating the performance of the company's activities, the actual methodological problems of their use, and the principles of the formation of performance indicators are analyzed. The article presents a hybrid model of the formation of a system of indicators for evaluating the performance of the enterprise using the tools of the fuzzy-multiple theory, which make it possible to take into account the vagueness of the information received from specialists and experts. The methodical approach developed on the basis of the model implements two tasks, namely the creation of a list of KPIs for each of the defined groups (by optimizing their number by excluding dependent and insignificant ones) and determining the priority of these indicators. To reduce the initial set of indicators formed for each group by experts, the Fuzzy DEMATEL method is used, in which a seven-level term set is used to determine the mutual influence and interdependence of KPIs, each term of which is represented by a fuzzy number in a triangular form and has a triangular shape of the membership function. In the event of a significant difference in expert evaluations, it is suggested to use the Fuzzy Delphi method to reconcile them. Fuzzy AHP and Fuzzy SBWM methods with a classic 9-level linguistic scale and a triangular shape of the membership function for the corresponding fuzzy numbers are used to determine the importance of performance indicators. For the purpose of practical application of the proposed algorithm, a framework has been developed that transforms the linguistic assessments of experts into fuzzy numbers, fully implements the calculation schemes of the hybrid model, and makes it possible to carry out simulation simulations depending on the adjustments of the experts' judgments. Approbation of the developed methodology for optimizing the performance indicator system of the banking institution according to the perspectives of the classical balanced scorecard (BSC): finance, customers, internal business processes and development and training was carried out. This technique can be used in the strategic controlling of the enterprise in order to facilitate the process of forming a system of key performance indicators and determining their priority.

Keywords: strategic controlling, key performance indicators, balanced scorecard, fuzzy set theory, linguistic variables, term set, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP, Fuzzy SBWM.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку стратегічного менеджменту підприємства характеризується використанням системи стратегічного контролінгу та його новітніх підходів (концепцій стратегічної навігації, «нового» контролінгу, оптимізації інтересів зацікавлених осіб), які мають забезпечити підтримку стратегічного управління, взаємодію планування й контролю на стратегічному рівні, а також постачати вищому керівництву компанії якісну й релевантну інформацію, достатню для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Тобто стратегічний контролінг має виконувати функцію реалізації стратегії – від стратегічного планування до стратегічного контролю.

Управління ефективністю підприємства передбачає використання різноманітних підходів до забезпечення збору, аналізу та використання інформації щодо його господарської діяльності, причому інтеграція України у світовий економічний простір зумовлює застосування в управлінській практиці сучасних методологій контролінгу, й зокрема новітніх систем та концепцій управління результативністю.

Відповідно до цього, а також у зв'язку з упровадженням на багатьох вітчизняних підприємствах системи стратегічного контролінгу виникає нагальна потреба вибору інструментів оцінювання результативності діяльності та реалізації стратегії. Ці інструменти мають оцінювати не тільки фінансові результати підприємства, а й урахувати якісні (нефінансові) аспекти його діяльності. Автори *Balanced Scorecard* Р. Каплан і Д. Нортон стверджують, що лише фінансові параметри – неадекватні для управління діяльністю компаній епохи інформаційних технологій, компаній, які досягають результатів шляхом інвестування коштів у клієнтів, постачальників, співробітників, бізнес-процеси, технологію та інновації [14]. Слід зазначити, що використання нефінансових показників в управлінні ефективністю підприємства, починаючи з 80-х років ХХ століття, започаткувало у західній економічній науці новий підхід до концепцій результативності (*performance measurement*). Такі показники дають змогу досягти узгодженості між стратегією та інтересами всіх зацікавлених сторін, забезпечити більш ефективні її розробку та реалізацію, оптимізувати організаційну структуру підприємства та формувати систему цінностей на підприємстві через акцентування уваги на соціальній відповідальності діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема оцінювання ефективності діяльності підприємств є нагальною нині та активно розробляється протягом останніх десятиліть як практиками, так і академічними вченими. Даній темі присвячена велика кількість робіт закордонних та вітчизняних вчених, зокрема таких як Р. Каплан, Д. Нортон [13; 14], Е. Нілі, Дж. Мілс, К. Платс, М. Борн [17], С. Глоберсон [12], Х. Рамперсад [21], М. Мейер [16], Д. Парменер [19], І. Гордієнко [2], О. Мартинов [3], Р. Фещур, В. Самуляк [4], І. Серединська, В. Серединська, Р.Федорович [22] та інші.

В останній час домінуючим трендом і найбільш перспективним напрямом за темою дослідження є застосування логіко-лінгвістичних моделей та методів нечітко-множинної теорії [26], які мають високу адаптаційну здатність до експертних даних, до якісного, вербального опису параметрів, що аналізуються, є достатньо гнучкими й адекватними вхідній інформації. Зокрема у статті [2] розглянуто проблеми побудови системи ключових показників ефективності діяльності організації та запропоновано модель математичної оптимізації ключових показників ефективності з нечіткими обмеженнями на основі цілочисельного програмування, яка апробована для сфери вищої освіти і науки. Авторами [22] запропоновано механізм використання ключових показників ефективності на основі побудови «інформаційних панелей» для контролю за виконанням стратегічних завдань і досягненням стратегічних цілей підприємства за різними аспектами його діяльності на основі оцінювання рівня інтегральних показників, розрахованих за допомогою нечіткої логіки. За допомогою програмної системи математичних обчислень MATLAB встановлено параметри функцій належності, визначено функції корисності, які описують рівень досягнення ключовими показниками ефективності своїх цільових значень, розраховано інтегральні показники, які описують рівень досягнення підприємством стратегічних цілей за різними аспектам діяльності. У дослідженні [20] для розрахунку важливості показників ефективності використовувався Fuzzy АНР-метод багатокритерійного прийняття рішень із використанням концепцій теорії нечітких множин та аналізу ієрархічної структури. Аналіз проводився з урахуванням точок зору різних груп зацікавлених сторін (акціонерів, вищого керівництва, менеджерів середньої ланки, інших працівників, клієнтів та деяких експертів у галузі виробництв програмного забезпе-

чення), а представлені результати згруповано за ролями, щоб отримати краще розуміння уподобань кожної із зацікавлених сторін. У статті [23] застосовано нечітку техніку VIKOR для визначення важливості та пріоритетності ключових показників ефективності за перспективами збалансованої системи показників для впровадження системи стратегічного контролю в компанії Goldiran Customer Service Company, причому перелік KPI було сформовано на основі стратегії та вимог цієї компанії. У [11] з цією метою застосовується нечіткий аналітичний мережевий процес (FANP – fuzzy analytic network process). Авторами [25], спираючись на чотири перспективи збалансованої системи показників (BSC), було визначено загалом 23 показники для оцінювання ефективності банківської діяльності. Відносні вагові коефіцієнти обраних показників розраховувалися за допомогою методу нечіткої аналітичної ієрархії (FANP), а три аналітичні інструменти MCDM (Multiple Criteria Decision Making) SAW, TOPSIS та VIKOR були прийняті відповідно для оцінювання ефективності банківської діяльності та покращення розривів із трьома банками.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на суттєві наукові результати і значний прогрес в області оцінювання результативності діяльності підприємства та реалізації його стратегії, залишаються недостатньо дослідженими та проаналізованими проблеми, пов'язані з формуванням системи ключових показників ефективності в умовах складного ринкового середовища, яке характеризується високим рівнем турбулентності, нечіткості та невизначеності. Це зумовлює потребу в удосконаленні методичного інструментарію, спроможного врахувати сучасні реалії й виклики та підвищити ефективність стратегічного управління на підприємстві.

Метою статті є розробка методичного підходу до формування системи показників оцінювання ефективності діяльності підприємства з використанням інструментів нечіткої множинної теорії з урахуванням нечіткості інформації, одержаної від фахівців і експертів, а також апробація цього підходу для побудови системи KPI збалансованої системи показників (BSC) для банківської установи.

Виклад основного матеріалу. Базовим і найбільш важливим етапом у застосуванні концепцій управління результативністю в стратегічному контролінгу підприємства є ідентифікація груп ключових показників

ефективності (Key Performance Indicators – KPI), і власне самих показників у кожній групі. Ця проблема ускладнюється необхідністю врахування специфіки та унікальності кожного підприємства, а також особливостей галузі, в якій воно функціонує, бо як зазначено в [6] однією з глобальних тенденцій бізнесу, які нині змінюють суть поняття менеджменту, є тенденція, пов'язана зі зменшенням значення теорії універсальних критеріїв оцінювання діяльності компаній та переходом до концепції напрацювання диференційованих індивідуальних показників ефективності діяльності. На цьому наголошує також відомий фахівець М. Мейєр, на думку якого в нинішніх умовах розуміння того, із чого складається бізнес, які процеси всередині компанії впливають на його ефективність, стає основою для точного, скоординованого руху до поставлених цілей, причому ... з ключовими проблемами вимірювання ефективності необхідно розібратися до того, як відповідні показники ляжуть в основу стратегії [16, с. 44]. Для досягнення сталого успіху бізнесу на вимогливому світовому ринку компанія повинна використовувати відповідні показники ефективності [24].

Розробник Total Performance Scorecard (TPS) Рамперсад К. Х. [21, с. 42] визначає показники результативності як міри результату, пов'язані з ключовими факторами успіху та стратегічними цілями та які використовуються для оцінювання функціонування конкретного процесу; вони є стандартами, відповідно до яких вимірюється просування реалізації стратегічних цілей. Вони потрібні на етапі практичної реалізації стратегічних планів. Коли між показниками існує взаємозв'язок, що дає змогу менеджерам з їхньої основи вибудовувати певний план дій, вони подають керівництву своєчасні сигнали управління, засновані на значеннях відхилень показників бізнес-процесів від встановлених стандартів. Таким чином, показники результативності дають змогу зробити бачення та цілі вимірюваними.

Енді Нілі з колегами наводять основні причини [18], чому оцінювання ефективності є вкрай важливим і нагальним у сучасному управлінні. Усі моменти стосуються будь-якої галузі: зміна характеру праці, посилення конкуренції, конкретні ініціативи щодо вдосконалення, національні та міжнародні нагороди за якість, зміна організаційних ролей, зміна зовнішніх вимог; впровадження новітніх інформаційних технологій.

Останнім часом все більшої актуальності набувають підходи до аналізу й оцінювання результатів діяльності, засновані на збалансованих системах, що базуються на суперпозиції фінансових і нефінансових показників, таких, що характеризують найбільш істотні аспекти діяльності підприємства і відображають ступінь досягнення ним стратегічних цілей [1]. Нині існує достатньо велика кількість таких моделей, які використовують дану концепцію, зокрема Balanced Scorecard (BSC) Д. Нортон і Р. Каплана, Л. Мейзела, матриця вимірювання результативності, система ProMES, Performance Measurement Model, призма ефективності, ASC (Accountability Scorecard) – система показників відповідальності Ф. Ніколса, універсальна система показників діяльності (Total Performance Scorecard) Х. Рамперсада, матриця «результати і детермінанти» та інші.

У [1, с. 2] для аналізу та оцінювання моделей управління ефективністю діяльності підприємства пропонується скористатися системою критеріїв FAROUT [10]: Future orientation (спрямованість в майбутнє), Accuracy (точність), Resource efficiency (ресурсна ефективність), Objectivity (об'єктивність), Usefulness (корисність) і Timeliness (своєчасність), які шляхом декомпозиції та уточнення розбиті на цільові критерії (табл. 1).

Основними функціями систем оцінювання ефективності діяльності є:

- вимірювання ефективності діяльності, моніторингу динаміки ефективності в часі;
- впровадження стратегії в діяльність організації, в т.ч. шляхом узгодження процесів організації зі стратегічними цілями;
- забезпечення комунікацій всередині організації та комунікацій організації із зовнішнім середовищем, в т.ч. шляхом бенчмаркінгу;
- вплив на поведінку персоналу організації шляхом узгодження інструментів мотивації з показниками системи вимірювання ефективності діяльності;
- підвищення ефективності діяльності за рахунок впровадження змін на основі аналізу результатів за показниками.

Крім того, дослідники підкреслюють ідею про те, що вимірювання ефективності повинно розглядатися в стратегічному контексті, оскільки вибрані показники ефективності впливають на поведінку людей [14]. Що стосується принципів створення систем оцінювання ефективності діяльності, то в науковій літературі представлено також різноманіття думок з цього приводу.

Каплан Р.С. у [13] виділив три рівні системи вимірювання ефективності діяльності (рис. 1).

Глоберсоном С. були сформульовані наступні принципи формування показників ефективності (рис. 2).

Перший рівень: в основі системи вимірювання ефективності лежать індивідуальні показники. Цей рівень системи відповідає на такі питання:

- які показники ефективності ми використовуємо?
- для чого ми використовуємо саме ці показники?

Другий рівень: рівень синергії показників. Ключові питання при його створенні:

- чи всі елементи (внутрішні, зовнішні, фінансові та нефінансові аспекти) задіяні в системі?
- чи включені показники, що характеризують вдосконалення?
- чи враховані показники, що стосуються як найближчих, так і довгострокових цілей організації?
- чи збалансовані показники?
- чи немає серед показників конфлікту?

Третій рівень, характеризує такі питання:

- чи відповідають вибрані показники стратегії організації?
- чи не суперечать вони організаційній культурі?
- чи відповідають вибрані показники і система заохочень в організації?
- чи враховують вибрані показники діяльність конкурентів?

Рис. 1. Рівні системи вимірювання ефективності діяльності підприємства за Р. Капланом [13]

Таблиця 1

Критерії оцінювання моделей управління ефективністю діяльності підприємства

Критерії FAROUT	Цільові критерії оцінювання за кожним із критеріїв FAROUT
Future orientation	<ul style="list-style-type: none"> – стратегічна спрямованість системи показників (тобто її взаємозв'язок із стратегією організації) (F_1); – забезпеченість розвитку стратегії (F_2); – можливість коригування стратегічних цілей, стратегічних планів відповідно до зміни стратегічного курсу, до врахування впливів факторів зовнішнього оточення та внутрішнього середовища тощо (F_3); – ув'язування показників оперативного управління зі стратегічними планами та стратегією підприємства (окремих його бізнес-напрямів) (F_4); – наявність трендового аналізу (минуле – сьогодні – майбутнє) (F_5).
Accuracy	<ul style="list-style-type: none"> – можливість кількісного оцінювання будь-якого показника, що входить у систему KPI (A_1); – відсутність відносин конфліктного характеру між окремими показниками системи (A_2); – можливість оперативного коригування системи показників (A_3); – збалансованість системи KPI (A_4).
Resource efficiency	<ul style="list-style-type: none"> – вартість впровадження системи KPI (R_1); – вартість супроводу та обслуговування системи KPI (R_2); – прогнозована економічна вигода від застосування системи KPI (R_3).
Objectivity	<ul style="list-style-type: none"> – раціональність побудови системи показників (O_1); – достовірність та об'єктивність даних на усіх етапах стратегічного процесу (O_2); – ступінь теоретичної розробленості системи KPI (O_3).
Usefulness	<ul style="list-style-type: none"> – охоплення всіх сфер та напрямів діяльності підприємства (U_1); – простота впровадження й практичного застосування системи KPI (U_2); – можливість адаптації моделі до особливостей і специфіки галузі та підприємства (U_3) (спроможність врахування унікальності); – орієнтація на стейкхолдерів (U_4); – урахування інтересів різних груп користувачів інформації (U_5); – взаємозв'язок результатів і винагороди (мотиваційна сторона системи показників) (U_6); – забезпечення синергії показників (U_7).
Timeliness	<ul style="list-style-type: none"> – можливість періодичного контролю досягнення визначеного рівня показників (T_1); – витрати часу на здійснення типових операцій контролінгу (T_2); – швидкість отримання необхідної інформації (T_3).

У 2000 році Енді Нілі з колегами [18] доповнили та вдосконалили принципи, наведені на рис. 2, розділивши їх на дві групи (табл. 2).

Актуальними методологічними проблемами використання систем ключових показників ефективності є [2]:

- вибір показників для різних напрямів діяльності організації і рівнів її управління;

- встановлення та підтримка горизонтальних і вертикальних зв'язків між показниками в системі KPI;

- організація системи вимірювання і документування KPI;

- ув'язка KPI з засобами мотивації та стимулювання;

- вибір математичного апарату для розрахунку показників і формалізації залежностей між ними;

- інформаційна підтримка та інтеграція систем KPI з інформаційними системами, що функціонують в організації.

Для формування переліку ключових показників ефективності підприємства автором розроблено методичний підхід на основі застосування нечіткого інструментарію, й зокрема методів Fuzzy DEMATEL [9], Fuzzy AHP [7], Fuzzy SBWM [5] та Fuzzy Delphy [8] (рис. 3). Основна ідея запропонованого методичного підходу полягає в редукації початкової множини ключових показників ефективності за кожною групою показників (за кожним із виділених напрямів оцінювання).

Етап 1 є одним із найбільш важливих, оскільки потребує залучення експертів та фахівців, які мають досвід, знання та відповідні компетенції в предметній області. Нехай K – кількість експертів.

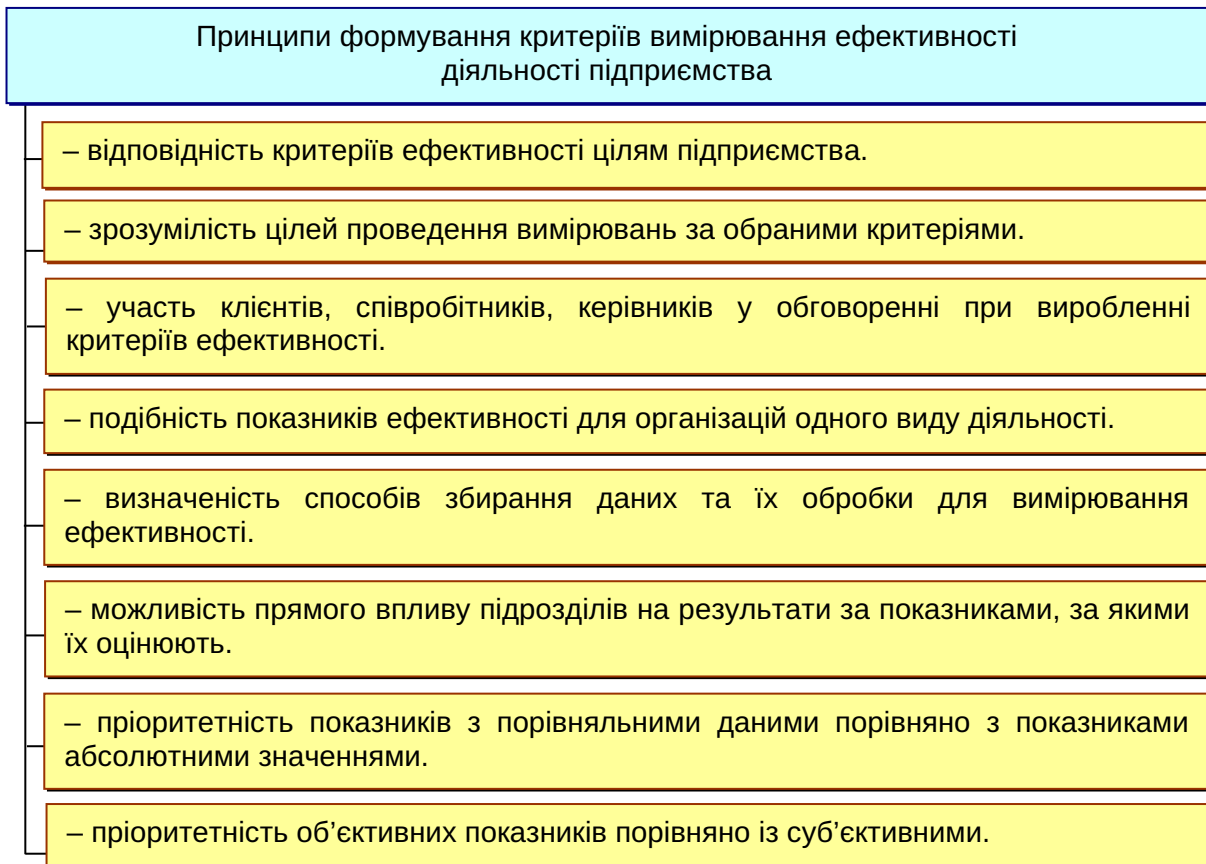


Рис. 2. Принципи формування системи критеріїв оцінювання ефективності

Джерело: розроблено на основі [12]

Таблиця 2

Вимоги до формування показників оцінювання ефективності діяльності

<p>Характеристики оцінювання ефективності діяльності:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – показники ефективності повинні бути отримані шляхом декомпозиції стратегії компанії; – ціль за кожним показником повинна бути чітко сформульована; – методи збору даних і розрахунків повинні бути чітко визначені; – у процесі відбору показників для вимірювання ефективності діяльності повинні бути залучені керівники різного рівня, співробітники і клієнти; – всі вибрані показники повинні прораховуватися в процесі оцінювання ефективності діяльності; – процес оцінювання повинен легко переглядатися у разі потреби зміни
<p>Характеристики виходів процесу оцінювання ефективності діяльності:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – показники ефективності повинні бути такими, щоб ними можна було оперувати в процесі порівняльного аналізу; – показники в відносних величинах краще абсолютних чисел; – для підрозділу мають бути тільки ті критерії ефективності, на які може вплинути діяльність цього підрозділу; – об'єктивні критерії оцінювання ефективності краще суб'єктивних; – у процес оцінювання повинні бути включені нефінансові показники; – показники ефективності повинні бути зрозумілими й простими у використанні; – показники ефективності повинні забезпечувати швидкий зворотний зв'язок; – показники ефективності повинні стимулювати безперервне поліпшення, а не просто моніторинг.

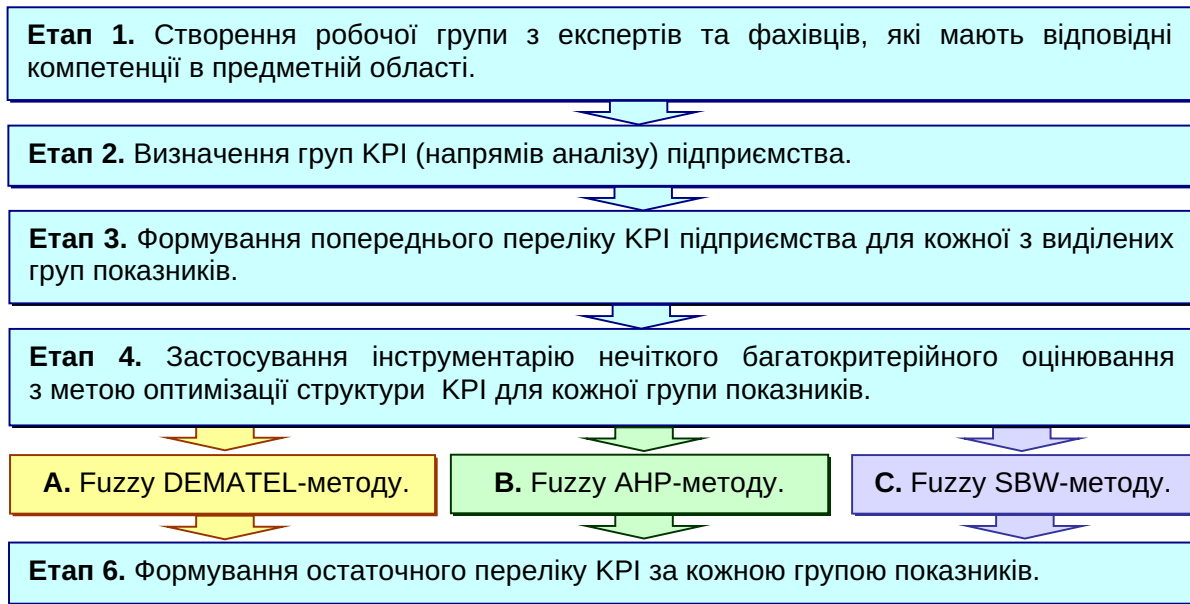


Рис. 3. Етапи формування системи KPI підприємства на основі нечіткого інструментарію
Джерело: розроблено автором

Етап 2. Позначимо KPI_i , $(i = \overline{1;n})$ – ідентифіковані експертами групи показників. Наприклад, при застосуванні збалансованої системи показників BSC Д. Нортон і Р. Каплана [14] це можуть бути такі групи (за термінологією авторів – перспективи) індикаторів: «фінанси», «клієнти», «внутрішні бізнес-процеси», «розвиток і навчання».

На **етапі 3** необхідно на основі інформації, одержаної від експертів, сформувані попередній перелік KPI підприємства для кожної з виділених груп показників:

$$\begin{aligned}
 KPI_1 &= \{KPI_{11}; KPI_{12}; \dots; KPI_{1m_1}\}; \\
 KPI_2 &= \{KPI_{21}; KPI_{22}; \dots; KPI_{2m_2}\}; \dots, \\
 KPI_n &= \{KPI_{n1}; KPI_{n2}; \dots; KPI_{nm_n}\},
 \end{aligned}$$

де m_1, m_2, \dots, m_n – кількості індикаторів у початкових множинах відповідних груп KPI.

Далі зупинимося більш детально на **етапі 4** запропонованого підходу, а саме на застосуванні методів нечіткого багатокритерійного оцінювання з метою оптимізації структури KPI (шляхом виключення з їх переліку залежних, підпорядкованих та незначущих (менш важливих) для кожної групи показників.

A. Застосування Fuzzy DEMATEL-методу [9]. Алгоритм цього методу для аналізу показників кожної i -ї групи передбачає застосування таких кроків (рис. 4).

A.1. Оцінювання взаємовпливу (відносної важливості) KPI у кожній визначеній групі при попарному порівнянні – за шкалою нечіткої моделі DEMATEL (табл. 3), яка є модифікацією шкали, запропонованої в [9].

Геометричне представлення функцій належності термів наведено на рис. 5.

Таблиця 3

Лінгвістична шкала та відповідні нечіткі триангулярні числа

Лінгвістичні терми оцінювання рівня впливу	Позначення	Триангулярне нечітке число (TFN)
Надзвичайно низький	EL	(0; 0; 1)
Дуже низький	VL	(0; 1; 2)
Низький	L	(1; 2; 3)
Помірний	M	(2; 3; 4)
Високий	H	(3; 4; 5)
Дуже високий	VH	(4; 5; 6)
Надзвичайно високий	EH	(5; 6; 6)

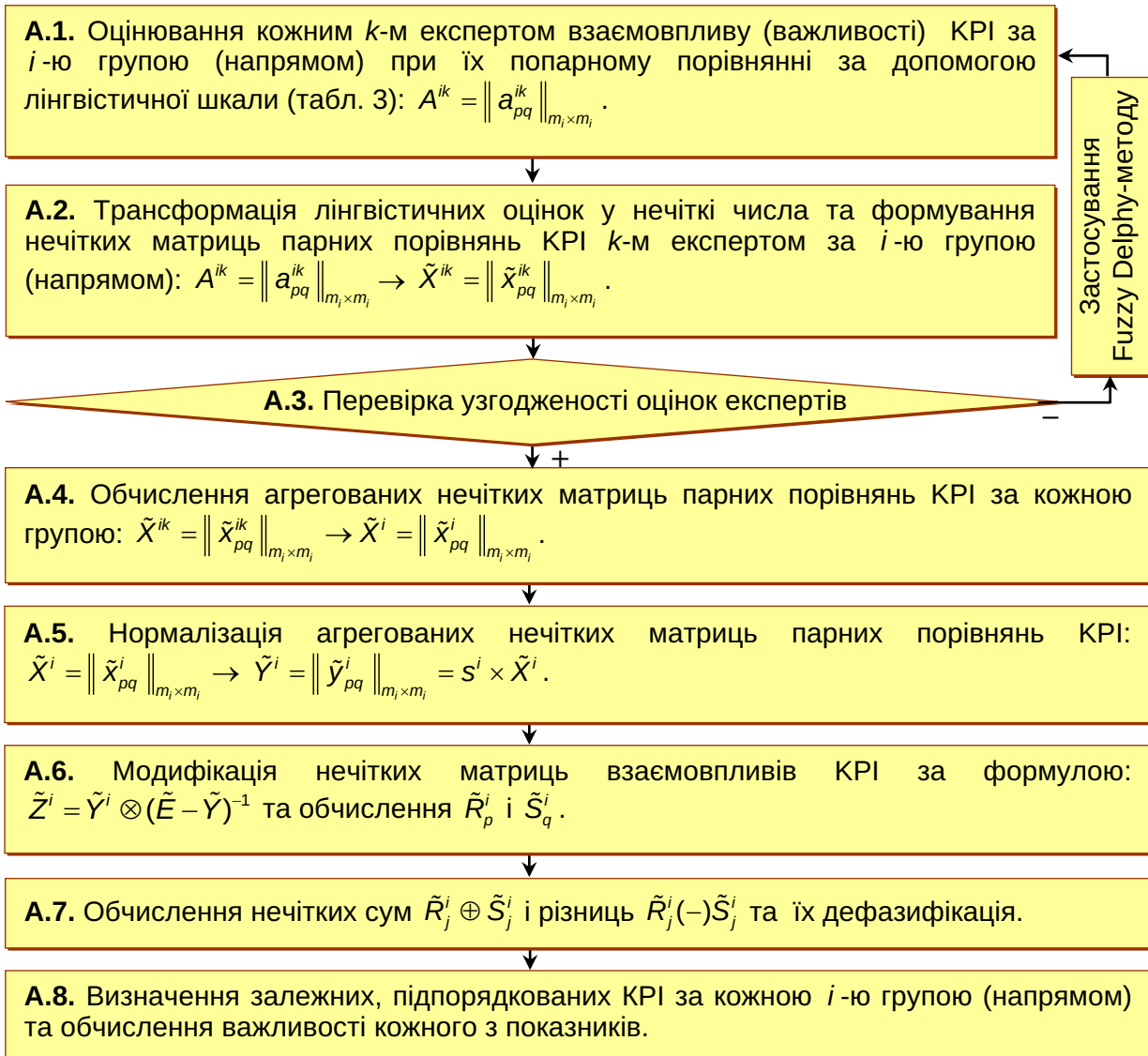


Рис. 4. Алгоритм застосування Fuzzy DEMATEL-методу при формуванні системи КРІ підприємства

Джерело: розроблено автором

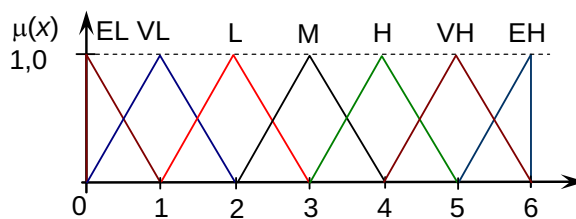


Рис. 5. Терми та відповідні трикутні функції належності

МЕНЕДЖМЕНТ

A.2. Результатом переведення лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа за шкалою, наведеною у табл. 3, будуть нечіткі матриці оцінювання взаємовпливів (важливості) КРІ $\tilde{X}^{ik} = \| \tilde{x}_{pq}^{ik} \|_{m_i \times m_i}$, одержані k -м експертом за i -ю групою (напрямом), при-

чому $\tilde{x}_{pq}^{ik} = (\alpha_{pq}^{ik}; \beta_{pq}^{ik}; \gamma_{pq}^{ik})$; $p, q = \overline{1, m_i}$, m_i – кількість показників у початковому переліку i -ї групи.

A.3. Перевірка узгодженості оцінок експертів та застосування процедури методу Fuzzy Delphi [8] у разі їх неузгодженості.

A.4. Агрегація нечітких матриць парних порівнянь КРІ $\tilde{X}^i = \|\tilde{x}_{pq}^i\|_{m_i \times m_i}$, причому $\tilde{x}_{pq}^i = (\alpha_{pq}^i; \beta_{pq}^i; \gamma_{pq}^i)$, де $\alpha_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \alpha_{pq}^{ik}$; $\beta_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \beta_{pq}^{ik}$; $\gamma_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \gamma_{pq}^{ik}$.

A.4. Для нормалізації одержаних агрегованих нечітких матриць: $\tilde{X}^i = \|\tilde{x}_{pq}^i\|_{m_i \times m_i} \rightarrow \tilde{Y}^i = \|\tilde{y}_{pq}^i\|_{m_i \times m_i}$ використовується співвідношення: $\tilde{Y}^i = s^i \times \tilde{X}^i$, $i = 1, 2, \dots, n$, де s^i – коефіцієнт нормалізації визначається на основі формули:

$$s^i = \min \left[1 / \max_{1 \leq p \leq m_i} \sum_{q=1}^{m_i} \gamma_{pq}^i ; 1 / \max_{1 \leq q \leq m_i} \sum_{p=1}^{m_i} \gamma_{pq}^i \right].$$

Таким чином, одержимо нечіткі матриці $\tilde{Y}^i = \|\tilde{y}_{pq}^i\|_{m_i \times m_i}$, де \tilde{y}_{pq}^i нечіткі числа, представлені в триангулярній формі, причому $\tilde{y}_{pq}^i = (\lambda_{pq}^i; \mu_{pq}^i; \nu_{pq}^i)$. Відповідно до цього нечітку матрицю \tilde{Y}^i можна представити у вигляді суперпозиції трьох матриць з чіткими (crisp) значеннями Y_λ^i , Y_μ^i та Y_ν^i :

$$Y_\lambda^i = \begin{bmatrix} \lambda_{11}^i & \dots & \lambda_{1m_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \lambda_{m_i 1}^i & \dots & \lambda_{m_i m_i}^i \end{bmatrix};$$

$$Y_\mu^i = \begin{bmatrix} \mu_{11}^i & \dots & \mu_{1m_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \mu_{m_i 1}^i & \dots & \mu_{m_i m_i}^i \end{bmatrix};$$

$$Y_\nu^i = \begin{bmatrix} \nu_{11}^i & \dots & \nu_{1m_i}^i \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \nu_{m_i 1}^i & \dots & \nu_{m_i m_i}^i \end{bmatrix}.$$

A.5. За процедурою застосування Fuzzy DEMATEL-методу далі необхідно нечіткі інтегральні матриці Y_λ^i , Y_μ^i та Y_ν^i для кожної групи (напряму) модифікувати таким чином: $Z_\lambda^i = Y_\lambda^i \times (E - Y_\lambda^i)^{-1}$; $Z_\mu^i = Y_\mu^i \times (E - Y_\mu^i)^{-1}$; $Z_\nu^i = Y_\nu^i \times (E - Y_\nu^i)^{-1}$, (E – одинична матриця).

У результаті одержимо нечітку матрицю: $\tilde{Z}^i = \tilde{Y}^i \times (\tilde{E} - \tilde{Y}^i)^{-1} = \|\tilde{z}_{pq}^i\|_{m_i \times m_i}$.

Після цього необхідно обчислити суми нечітких чисел у рядках $\tilde{R}_p^i = \bigoplus_{q=1}^{m_i} \tilde{z}_{pq}^i$ і стовпчиках $\tilde{S}_q^i = \bigoplus_{p=1}^{m_i} \tilde{z}_{pq}^i$ нечіткої матриці \tilde{Z}^i ($i = 1, 2, \dots, n$), які відображають рівні інтегральних взаємовпливів (взаємозалежностей) КРІ для кожної i -ї групи як сукупність прямих й опосередкованих впливів та залежностей між ними.

A.6. Далі розраховуємо нечіткі суми $\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i$ та різниці $\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i$ та здійснюємо дефазифікацію цих нечітких чисел, використовуючи BNP-метод [15] (якщо задане нечітке число $u = (a, b, c)$, то його дефазифіковане значення обчислюється за формулою

$$def(\tilde{u}) = \frac{(c - a) + (b - a)}{3} + a.$$

Для унаочнення отриманих результатів можна побудувати матриці, в яких на горизонтальній осі відображається $def(\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i)$ (показує індекс сили впливу обох (вхідних і вихідних) взаємовпливів j -го КРІ, тобто – рівень КРІ у загальній взаємодії показників i -ї групи), а на вертикальній осі $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i)$ (якщо $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i) > 0$, тоді j -й КРІ впливає на інші показники i -ї групи, а якщо $def(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i) < 0$, тоді він є залежним від них).

Для обчислення важливості КРІ окрім урахування значень $def(\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i)$, які роз-

Таблиця 4

Шкала лінгвістичних термів та відповідних нечітких триангулярних чисел [7]

Лінгвістичні терми для визначення відносної важливості локальних потенціалів (іх складових) (i-го порівняно з j-м)	Позн.	\tilde{a}_{ij}	\tilde{a}_{ji}	Позн.
Рівноцінні (Equal)	E	(1;1;1)	(1;1;1)	E
Помірна перевага (Moderate)	M	(2;3;4)	(1/3;1/3;1/2)	M
Сильна перевага (Strong)	S	(4;5;6)	(1/6;1/5;1/4)	S
Дуже сильна перевага (Very Strong)	VS	(6;7;8)	(1/8;1/7;1/6)	VS
Надзвичайно сильна перевага (Extremaly Strong)	ES	(8;9;9)	(1/9;1/9;1/8)	ES
Проміжні (intermediate) нечіткі значення				
Дуже слабка перевага (між E та M)	EM	(1;2;3)	(1/3;1/2;1)	EM
Перевага (між M та S)	MS	(3;4;5)	(1/5;1/4;1/3)	MS
Сильна перевага (між S та VS)	SVS	(5;6;7)	(1/7;1/6;1/5)	SVS
Дуже сильна перевага (між VS та ES)	VSES	(7;8;9)	(1/9;1/8;1/7)	VSES



Рис. 6. Алгоритм застосування Fuzzy АНР-методу при формуванні системи КРІ підприємства

Джерело: розроблено автором

глядаються у багатьох працях як величини, що визначають важливість відповідних показників, у [10] пропонується використовувати наступні співвідношення:

$$w_j^i = \sqrt{(\text{def}(\tilde{R}_j^i \oplus \tilde{S}_j^i))^2 + (\text{def}(\tilde{R}_j^i(-)\tilde{S}_j^i))^2}.$$

Далі відповідно до висновків Fuzzy DEMATEL-методу можна сформулювати остаточний перелік КРІ за кожною групою показників та ранжувати їх за пріоритетністю.

В. Застосування Fuzzy АНР [7] для аналізу показників кожної i -ї групи передбачає виконання такої послідовності дій (рис. 6).

В.1. Для попарного порівняння експертами показників ефективності з метою визначення їх відносної переважності застосовується шкала нечітких оцінок Сааті [7] (табл. 4) з відповідними нечіткими триангулярними числами та функціями належності (рис. 7).

Позначимо матриці оцінок попарних порівнянь відносної важливості показників кожної

групи на основі лінгвістичної шкали (табл. 4) через $B^{ik} = \| b_{pq}^{ik} \|_{m_i \times m_i}.$

В.2. Відповідно, трансформовані на основі шкали табл. 4 матриці з нечіткими оцінками, позначимо через

$$\tilde{F}^{ik} = \| \tilde{f}_{pq}^{ik} \|_{m_i \times m_i} = \| (r_{pq}^{ik}; s_{pq}^{ik}; t_{pq}^{ik}) \|_{m_i \times m_i}.$$

В.3. Для перевірки узгодженості індивідуальних міркувань експерта при попарному порівнянні КРІ за кожною групою показників використовується стандартна процедура методу аналізу ієрархій обчислення індексу органічності для побудованої матриці попар-

них порівнянь за формулою $J^i = \frac{|\lambda_{\max}^i - m_i|}{m_i - 1}$

(λ_{\max}^i – найбільше власне число відповідно матриці $\tilde{F}^{ik} = \| \tilde{f}_{pq}^{ik} \|_{m_i \times m_i}$). Якщо значення цього індексу становить щодо еталонного J^* не більш як 10%, то результати опитування екс-

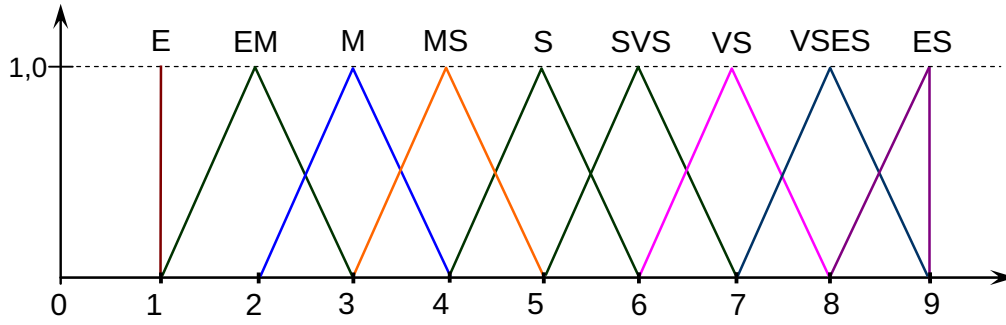


Рис. 7. Трикутні функції належності термів при застосуванні Fuzzy АНР

перта вважаються задовільними. У супротивному випадку експерт має перевірити свої оцінки стосовно відносної переважності показників.

Інший аспект перевірки стосується групової узгодженості, яка у випадку низького рівня може бути покращена за допомогою Fuzzy Delphi-методу.

В.4. На цьому кроці здійснюється агрегація нечітких матриць парних порівнянь KPI:

$$\tilde{F}^{ik} = \left\| \tilde{f}_{pq}^{ik} \right\|_{m_i \times m_i} \rightarrow \tilde{F}^i = \left\| \tilde{f}_{pq}^i \right\|_{m_i \times m_i} = \left\| (r_{pq}^i; s_{pq}^i; t_{pq}^i) \right\|_{m_i \times m_i},$$

$$\text{де } r_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K r_{pq}^{ijk}; s_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K s_{pq}^{ijk}; t_{pq}^i = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K t_{pq}^{ijk}.$$

В.5. Обчислення важливості показників для кожної групи здійснюється на основі інтеграції двох розрахункових схем:

– у першій – необхідно обчислити наступні значення;

$$\tilde{R}_p^i = \bigoplus_{q=1}^{m_i} (r_{pq}^i; s_{pq}^i; t_{pq}^i) = \left(\sum_{q=1}^{m_i} r_{pq}^i; \sum_{q=1}^{m_i} s_{pq}^i; \sum_{q=1}^{m_i} t_{pq}^i \right) = (r_p^{iR}; s_p^{iR}; t_p^{iR}),$$

$$\tilde{R}^i = \bigoplus_{p=1}^{m_i} (r_p^{iR}; s_p^{iR}; t_p^{iR}) = \left(\sum_{p=1}^{m_i} r_p^{iR}; \sum_{p=1}^{m_i} s_p^{iR}; \sum_{p=1}^{m_i} t_p^{iR} \right) = (r^{iR}; s^{iR}; t^{iR}).$$

Тоді $\tilde{W}_j^{iR} = \frac{\tilde{R}_j^i}{\tilde{R}^i} = \left(\frac{r_j^{iR}}{r^{iR}}; \frac{s_j^{iR}}{s^{iR}}; \frac{t_j^{iR}}{t^{iR}} \right) = (\delta_j^{iR}; \phi_j^{iR}; \psi_j^{iR}),$
 $j = \overline{1; m_i}, i = \overline{1; n}.$

– у другій схемі – розраховують значення:

$$\tilde{C}_q^i = \bigoplus_{p=1}^{m_i} (r_{pq}^i; s_{pq}^i; t_{pq}^i) = \left(\sum_{p=1}^{m_i} r_{pq}^i; \sum_{p=1}^{m_i} s_{pq}^i; \sum_{p=1}^{m_i} t_{pq}^i \right) = (r_q^{iC}; s_q^{iC}; t_q^{iC}).$$

Тоді $\tilde{W}_j^{iC} = \frac{1}{\tilde{C}_q^i} = \left(\frac{1}{t_j^{iC}}; \frac{1}{s_j^{iC}}; \frac{1}{r_j^{iC}} \right) = (\delta_j^{iC}; \phi_j^{iC}; \psi_j^{iC}),$

$$j = \overline{1; m_i}, i = \overline{1; n}.$$

Коефіцієнти важливості показників (w_j^i) за кожною i -ю групою розраховують за формулою:

$$\tilde{w}_j^i = \frac{1}{2} (\tilde{W}_j^{iR} + \tilde{W}_j^{iC}) = \left(\frac{\delta_j^{iR} + \delta_j^{iC}}{2}; \frac{\phi_j^{iR} + \phi_j^{iC}}{2}; \frac{\psi_j^{iR} + \psi_j^{iC}}{2} \right),$$

$$j = \overline{1; m_i}, i = \overline{1; n}.$$

С. Fuzzy SBW-методу. Процедура цього методу (рис. 8) передбачає застосування двох підходів: «best»- та «worst»-підходів, результати яких об'єднують для визначення інтегральних значень важливості KPI за кожною групою показників.

Крок 1. Визначення найбільш важливого («best» – KPI_{best}^i) і найменш важливого («worst» – KPI_{worst}^i) показників за кожною i -ю групою має здійснюватися на основі досягнення групою експертів консенсусу.

На **кроці 2** для «best»-підходу передбачається лінгвістичне оцінювання кожним із K експертів важливості (пріоритетності) «best»-показника KPI_{worst}^i порівняно з кожним із інших показників у i -й групі за допомогою термів, наведених у табл. 4. Результатом цього будуть лінгвістичні оцінки $L_{jk}^{i(best)}, i = \overline{1; n}; j = \overline{1; m_i}; k = \overline{1; K}.$ Для «worst»-підходу здійснюється лінгвістичне оцінювання кожним із K експертів важливості (пріоритетності) кожного з показників порівняно з найменш важливим показником (worst-показником KPI_{worst}^i) у i -й групі за допомогою термів, наведених у табл. 4 (результат: $L_{jk}^{i(worst)}, i = \overline{1; n}; j = \overline{1; m_i}; k = \overline{1; K}.$)

На **кроці 3** для «best»-підходу здійснюється переведення одержаних оцінок $L_{jk}^{i(best)}$ у відповідні нечіткі трикутні числа за шкалою табл. 4 у формі: $\tilde{a}_{jk}^{i(best)} = (\alpha_{jk}^{i(best)}; \beta_{jk}^{i(best)}; \gamma_{jk}^{i(best)}), i = \overline{1; n}; j = \overline{1; m_i}; k = \overline{1; K}.$ Для «worst»-підходу: $L_{jk}^{i(worst)}$ трансформуються у відповідні нечіткі трикутні числа за шкалою табл. 4 у формі

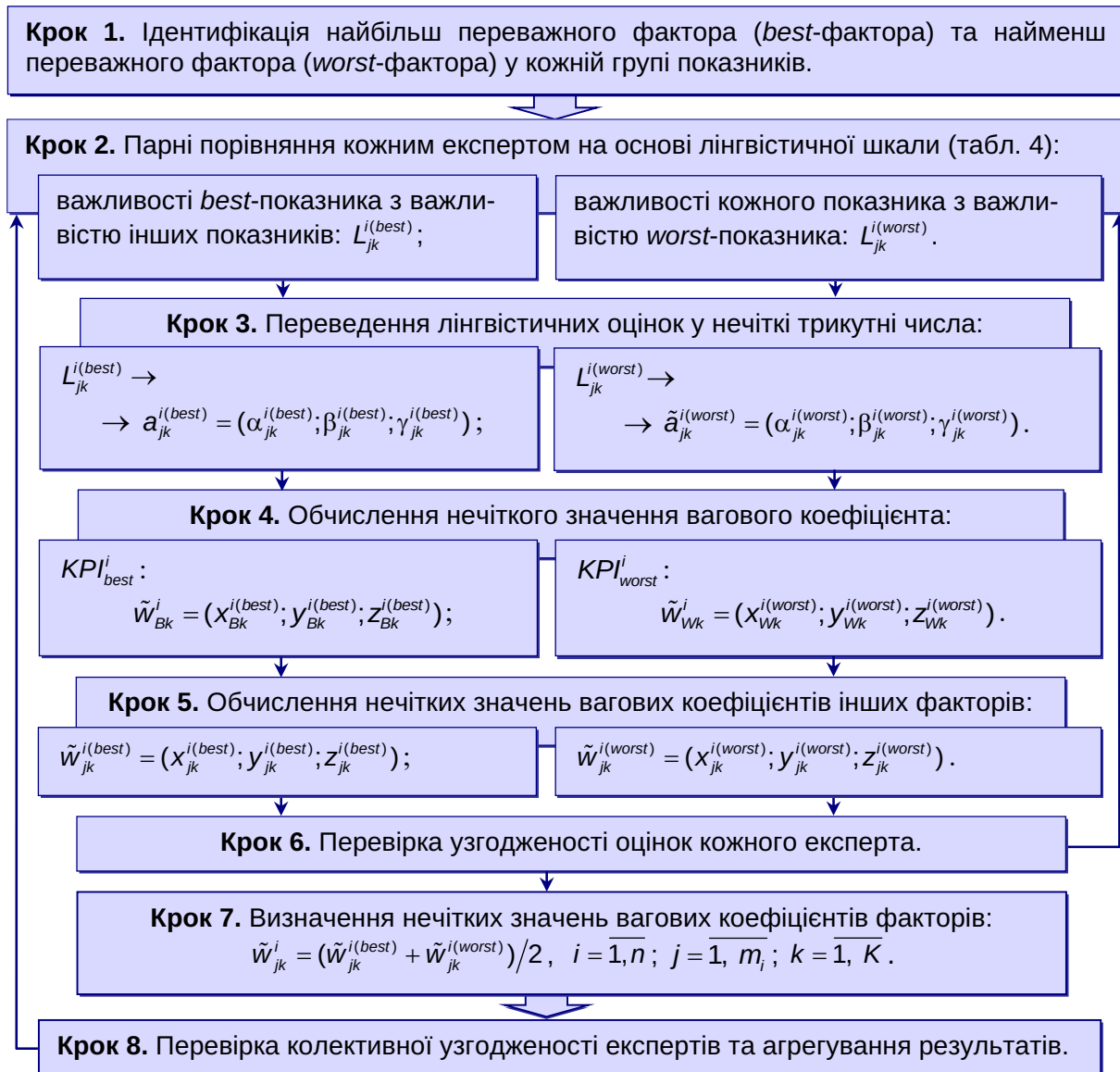


Рис. 8. Схема застосування методу Fuzzy SBWM для визначення важливості показників ефективності підприємства

Джерело: розроблено автором

$$\tilde{a}_{jk}^{i(worst)} = (\alpha_{jk}^{i(worst)}, \beta_{jk}^{i(worst)}, \gamma_{jk}^{i(worst)}), i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, K}.$$

На 4-му кроці для «best»-підходу за допомогою рівняння $\left(\bigoplus_{j=1}^{m_i} \frac{1}{\tilde{a}_{jk}^{i(best)}}\right) \otimes \tilde{W}_{Bk}^{i(best)} = 1$

обчислюється важливість (пріоритетність) $\tilde{W}_{Bk}^{i(best)}$ «best»-показника у *i*-й групі:

$$\tilde{W}_{Bk}^{i(best)} = \frac{1}{\bigoplus_{j=1}^{m_i} \frac{1}{\tilde{a}_{jk}^{i(best)}}} = (x_{Bk}^{i(best)}, y_{Bk}^{i(best)}, z_{Bk}^{i(best)}).$$

Для «worst»-підходу нечіткі значення важливості $\tilde{W}_{Wk}^{i(worst)}$ «worst»-показника у *i*-й групі використовується рівняння:

$$\left(\bigoplus_{j=1}^{m_i} \tilde{a}_{jk}^{i(worst)}\right) \otimes \tilde{W}_{Wk}^{i(worst)} = 1.$$

Звідси

$$\tilde{W}_{Wk}^{i(worst)} = \frac{1}{\bigoplus_{j=1}^{m_i} \tilde{a}_{jk}^{i(worst)}} = (x_{Wk}^{i(worst)}, y_{Wk}^{i(worst)}, z_{Wk}^{i(worst)}).$$

На кроці 5 для «best»-підходу, оскільки мають виконуватися співвідношення $\tilde{W}_{Bk}^{i(best)} - \tilde{a}_{jk}^{i(best)} \otimes \tilde{W}_{jk}^{i(best)} = 0$, то для довільного $j = \overline{1, m_i}$ матимемо

$$w_{jk}^{i(best)} = \frac{\tilde{W}_{Bk}^{i(best)}}{\tilde{a}_{jk}^{i(best)}} = (x_{jk}^{i(best)}, y_{jk}^{i(best)}, z_{jk}^{i(best)}).$$

Для «worst»-підходу, підставляючи ваговий коефіцієнт найменш важливого показника

$\tilde{w}_{Wk}^{i(worst)}$ у рівняння $\tilde{w}_{jk}^{i(worst)}(-)\tilde{a}_{jk}^{i(worst)} \otimes \tilde{w}_{Wk}^{i(worst)} = 0$, для довільного $j = \overline{1, m_j}$, можна обчислити вагові коефіцієнти інших показників:

$$\tilde{w}_{jk}^{i(worst)} = \tilde{a}_{jk}^{i(worst)} \otimes \tilde{w}_{Wk}^{i(worst)} = (x_{jk}^{i(worst)}, y_{jk}^{i(worst)}, z_{jk}^{i(worst)})$$

На **кроці 6** передбачена перевірка узгодженості індивідуальних оцінок кожного експерта.

На **кроці 7** обчислюються підсумкові значення вагових коефіцієнтів показників за кожною i -ю групою як середнє арифметичне нечітких значень вагових коефіцієнтів, одержаних за обома розрахунковими схемами.

$$\tilde{w}_{jk}^i = \frac{1}{2}(\tilde{w}_{jk}^{i(best)} + \tilde{w}_{jk}^{i(worst)}) = (x_{jk}^i, y_{jk}^i, z_{jk}^i) \\ i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m_j}; k = \overline{1, K}$$

Крок 8. Перевірка колективної узгодженості експертів здійснюється на основі обчислення

коефіцієнта конкордації й у випадку недостатньої узгодженості може бути застосована процедура методу Fuzzy Delphy [8]. У разі задовільних результатів перевірки одержані вагові коефіцієнти показників ефективності за кожною i -ю групою агрегують за формулами:

$$\tilde{w}_j^i = \bigoplus_{k=1}^K (x_{jk}^i, y_{jk}^i, z_{jk}^i) = (x_j^i, y_j^i, z_j^i),$$

де

$$x_j^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{jk}^i; y_j^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_{jk}^i; z_j^i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K z_{jk}^i.$$

На **етапі 6** здійснюється формування остаточного (оптимізованого) переліку КРІ за кожною групою показників та їх ранжування за пріоритетністю на основі узгодження результатів, одержаних із використанням зазначених методів нечіткого багатокритерійного оцінювання, причому Fuzzy DEMATEL використовується більшою мірою для редукції

Таблиця 5

Початковий перелік показників оцінювання ефективності за перспективами збалансованої системи показників (BSC)

«Фінанси» (F)		«Внутрішні бізнес-процеси» (P)	
КРІ	Назва КРІ	КРІ	Назва КРІ
f_1	Дохід від продажів	p_1	Кількість нових позицій послуги
f_2	Коефіцієнт заборгованості	p_2	Кількість скарг клієнтів
f_3	Прибуток на акцію	p_3	Ефективність транзакцій
f_4	Рентабельність активів	p_4	Процент доходу від продажів нових продуктів
f_5	Маржа чистого прибутку	p_5	Процент запізень
f_6	Дохід від інвестицій	p_6	Раціоналізовані форми та процеси
f_7	Рентабельність інвестицій	p_7	Продуктивність продажів
f_8	Рівень інвестицій	p_8	Коефіцієнт плинності кадрів
«Розвиток і навчання» (D)		«Клієнти» (C)	
КРІ	Назва КРІ	КРІ	Назва КРІ
d_1	Рівень задоволеності працівників	c_1	Ступінь задоволеності клієнтів
d_2	Витрати на навчання керівництва та рядових співробітників	c_2	Число потенційних клієнтів
d_3	Рівень комунікативної компетентності працівників	c_3	Витрати на маркетинг
d_4	Число обов'язкових або відвідуваних навчальних курсів	c_4	Прибуток на одного клієнта
d_5	Відсоток кваліфікованих працівників	c_5	Коефіцієнт утримання клієнтів
d_6	Середня кількість пропозицій від одного працівника	c_6	Швидкість збільшення клієнтів
d_7	Число реалізованих пропозицій	c_7	Число візитів до важливих клієнтів
d_8	Рівень застосування інноваційних технологій	c_8	Число контактів із клієнтами

Таблиця 6

**Оптимізований перелік показників оцінювання ефективності
за перспективами збалансованої системи показників (BSC) для банку**

«Фінанси» (F)		«Внутрішні бізнес-процеси» (P)	
F_1	Дохід від продажів	P_1	Кількість нових позицій послуги
F_2	Коефіцієнт заборгованості	P_2	Кількість скарг клієнтів
F_3	Прибуток на акцію	P_3	Ефективність транзакцій
F_4	Рентабельність інвестицій	P_4	Раціоналізовані форми та процеси
F_5	Рівень інвестицій	P_5	Продуктивність продажів
«Розвиток і навчання» (D)		«Клієнти» (C)	
D_1	Рівень задоволеності працівників	C_1	Ступінь задоволеності клієнтів
D_2	Витрати на навчання керівництва та рядових співробітників	C_2	Витрати на маркетинг
D_3	Число обов'язкових або відвідуваних навчальних курсів	C_3	Прибуток на одного клієнта
D_4	Середня кількість пропозицій від одного працівника	C_4	Коефіцієнт утримання клієнтів
D_5	Рівень застосування інноваційних технологій	C_5	Швидкість збільшення клієнтів

початкового переліку показників за кожною групою KPI (виключення для кожної групи з їх переліку залежних та підпорядкованих), а Fuzzy AHP та Fuzzy SBWM – для здійснення ранжування цих показників у межах кожної групи.

З метою практичного застосування запропонованого алгоритму в програмному додатку Excel розроблено фреймворк, який здійснює трансформацію лінгвістичних оцінок експертів у нечіткі числа, реалізує повною мірою розрахункові схеми на основі застосування методів Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP та Fuzzy SBWM і дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від коригувань міркувань експертів.

Розроблений методичний підходу був апробований для редукції множини ключових показників ефективності за кожною групою показників моделі BSC для банку. Через громіздкість і великий обсяг розрахунків наводимо початковий перелік показників за класичним перспективами BSC (табл. 5) та оптимізований (табл. 6) – після застосування цього підходу.

Висновки. У дослідженні обґрунтовано необхідність застосування у сучасному стратегічному контролінгу підприємства систем оцінювання ефективності діяльності з урахуванням його особливостей та специфіки галузі. З метою вдосконалення методичного забезпечення управління результативністю підприєм-

ства автором запропонована гібридна модель формування системи показників оцінювання ефективності його діяльності з використанням інструментів нечітко-множинної теорії, які дають змогу врахувати нечіткість інформації, одержаної від фахівців і експертів. Розроблений на основі моделі методичний підхід реалізує два завдання, а саме формування переліку KPI за кожною з визначених груп (шляхом оптимізації їх кількості за допомогою виключення залежних і незначущих) та визначення пріоритетності цих показників. Для редукції початкової множини показників, сформованих для кожної групи експертами, використовується Fuzzy DEMATEL-метод, у якому для визначення взаємовпливу та взаємозалежності KPI застосовується семирівнева термножина, кожний терм якої представляється нечітким числом у триангулярному вигляді та має трикутну форму функції належності. Для визначення важливості показників ефективності застосовуються методи Fuzzy AHP та Fuzzy SBWM з класичною дев'ятирівневою лінгвістичною шкалою та трикутною формою функцій належності для відповідних нечітких чисел. У випадку суттєвого розходження експертних оцінок для їх узгодження пропонується використовувати Fuzzy Delphi-метод. Методичний підхід на основі гібридної моделі було застосовано для формування ключових показників ефективності за перспективами BSC для банку.

Подальші розвідки за темою даного дослідження можуть бути спрямовані на

– вдосконалення процедури формування початкового переліку ключових показників ефективності з використанням методики SAST;

– розробку фреймворку формування системи ключових показників ефективності із використанням спеціалізованих додатків, які реалізують можливості нечіткого моделювання;

– оцінювання побудованої системи КРІ за критеріями FAROUT+.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Балан В. Г., Тимченко І. П. Компаративне оцінювання моделей збалансованого управління у стратегічному контролінгу. Матеріали Міжнародного економічного форуму EFBM «Економіка. Фінанси. Бізнес. Управління. Глобальні економічні виклики та можливості у цифрову епоху». 2019, м. Київ. С. 127–128.
2. Гордієнко І. В. Моделювання системи ключових показників ефективності діяльності організації. *Економіка та підприємництво*. 2011. № 25. С. 205–215.
3. Мартинова О. В. Основні принципи та положення моделювання оцінки діяльності підприємства з використанням збалансованої системи показників. *Молодий вчений*. 2018. № 11 (63). С. 1158–1165.
4. Фещур Р. В., Самуляк В. Ю. Групи показників (індикаторів) оцінювання рівня розвитку підприємств. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2010. № 691. С. 231–239.
5. Amiri M., Hashemi-Tabatabaei M., Keshavarz-Ghorabaee M., Kaklauskas A., Zavadskas E. K., Antucheviciene J. A Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) and Its Applications to Decision-Making Problems. *Symmetry*. 2023. Vol. 15(81). P. 1–30. <https://doi.org/10.3390/sym15010081>
6. APHD. 10 глобальних тенденцій бізнесу, які змінюють суть поняття менеджменту. URL: <http://aphd.ua/10-hlobalnykh-tendentsii-biznesu-ia-ki-zminiuiut-sut-poniattia-menedzhmentu/> (дата звернення: 29.03.2023).
7. Buckley J. J. Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*. 1985. Vol. 17. P. 233–247.
8. Chang P. T., Huang L. C., Lin H. J. The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources. *Fuzzy Sets and Systems*. 2000. Vol. 112. P. 511–520.
9. Deng Q., Liu X., Liao H. Identifying Critical Factors in the Eco-Efficiency of Remanufacturing Based on the Fuzzy DEMATEL Method. *Sustainability*. 2015. Vol. 7(11). P. 15527–15547.
10. Fleisher C. S., Bensoussan B. *Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition*. [Pearson College Div., 2002. 467 p.
11. Fritze A.-K., Schnupp C., Möller K. Strategy-based prioritisation of KPIs using the fuzzy analytic network process – An application in the context of shared services. *Controlling : Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung*, 2017. Vol. 29(2). P. 58–68.
12. Globerson S. Issues in developing a performance criteria system for an organization. *International Journal of Production Research*. 1985. Vol. 23(4). P. 639–646.
13. Kaplan R. S. *Measures for Manufacturing Excellence*. Boston. Harvard Business School Press, 1990. 416 p.
14. Kaplan R. S., Norton D. P. *The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action*. Harvard Business Press, 1996. 322 p.
15. Leekwijck W., Kerre E. E. Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*. 1999. Vol. 108(2). P. 159–178.
16. Meyer M. W. *Rethinking Performance Measurement. Beyond the Balanced Scorecard*. Cambridge University Press, 2002. 200 p.
17. Neely A., Adams C., Crowe P. The Performance Prism in Practice. *Measuring Business Excellence*. 2001. Vol. 5(2). P. 6–12.
18. Neely A., Platts K., Mills J., Richards H., Gregory M., Bourne M., Kennerley M. Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *International Journal of Operations & Production Management*. 2000. Vol. 20(10). P. 1119–1145.
19. Parmenter D. *Key performance indicators. Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010. 300 p.
20. Pérez C. Á., Montequín V. R., Fernández F. O., Balsera J. V. Integration of Balanced Scorecard (BSC), Strategy Map, and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) for a Sustainability Business Framework: A Case Study of a Spanish Software Factory in the Financial Sector. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(527). P. 1–23.
21. Rampersad H. K. *Total Performance Scorecard: Redefining Management to Achieve Performance with Integrity (1st Edition)*. Butterworth-Heinemann, 2003. 332 p.
22. Seredynska I., Seredynska V., Fedorovych R. The use of key performance indicators in strategic management of an enterprise. *Галицький економічний вісник*. 2014. Vol. 47(4). P. 103–116.

23. Sofiyabadi J., Kolahi B., Valmohammadi C. Key performance indicators measurement in service business: a fuzzy VIKOR approach. *Total Quality Management & Business Excellence*. 2016. Vol. 27(9–10). P. 1028–1042. DOI: 10.1080/14783363.2015.1059272.
24. Tomorrow's Company: The Role of Business in a Changing World. Royal Society of Arts, Manufactures and Commerce. Interim Report, RSA, London, 1994. 39 p. URL: <https://www.tomorrowcompany.com/wp-content/uploads/2016/05/RSA-Inquiry-Tomorrows-Company-1995.compressed.pdf> (дата звернення: 29.03.2023).
25. Wu H.-Y., Tzeng G.-H., Chen Y.-H. A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36. 10135–10147. doi:10.1016/j.eswa.2009.01.005
26. Zadeh L. A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1978. Vol. 1(1). P. 89–100 p.

REFERENCES:

1. Balan V. H., Tymchenko I. P. (2019) Komparatyvne otsiniuvannia modelej zbalansovanoho upravlinnia u stratehichnomu kontrolinhu [Comparative evaluation of balanced management models in strategic controlling]. Materialy Mizhnarodnogo ekonomichnogo forumu EFBM «Ekonomika. Finansy. Biznes. Upravlinnia. Hlobal'ni ekonomichni vyklyky ta mozhlyvosti u tsyfrovu epokhu», Kyiv, pp. 127–128.
2. Hordiienko I. V. (2011) Modeliuvannia systemy kliuchovykh pokaznykiv efektyvnosti diial'nosti orhanizatsii [Modeling of the system of key performance indicators of the organization]. *Ekonomika ta pidpriemnytstvo*, no. 25, pp. 205–215.
3. Martynova O. V. (2018) Osnovni pryntsypy ta polozhennia modeliuvannia otsinky diial'nosti pidpriemstva z vykorystanniam zbalansovanoi systemy pokaznykiv [The main principles and provisions of modeling the assessment of enterprise activity using a balanced system of indicators]. *Molodyj vchenyj*, no. 11 (63), pp. 1158–1165.
4. Feschur R. V., Samuliak V. Yu. (2010) Hrupy pokaznykiv (indykatoriv) otsiniuvannia rivnia rozvytku pidpriemstv [Groups of indicators for assessing the level of development of enterprises]. *Visnyk Natsional'nogo universytetu «L'vivs'ka politehnika»*, no. 691, pp. 231–239.
5. Amiri M., Hashemi-Tabatabaei M., Keshavarz-Ghorabae M., Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Antucheviciene J. (2023) A Fuzzy Extension of Simplified Best-Worst Method (F-SBWM) and Its Applications to Decision-Making Problems. *Symmetry*, vol. 15(81), pp. 1–30. <https://doi.org/10.3390/sym15010081>.
6. APHD. 10 hlobal'nykh tendentsij biznesu, iaki zminiuiut' sut' poniattia menedzhmentu [10 global business trends that change the essence of the concept of management]. Available at: <http://aphd.ua/10-hlobalnykh-tendentsij-biznesu-iaki-zminiuiut-sut-poniattia-menedzhmentu/> (accessed March 29, 2023).
7. Buckley J. J. (1985) Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 17, pp. 233–247.
8. Chang P. T., Huang L. C., Lin H. J. (2000) The fuzzy Delphi via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to human resources. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 112, pp. 511–520.
9. Deng Q., Liu X., Liao H. (2015) Identifying Critical Factors in the Eco-Efficiency of Remanufacturing Based on the Fuzzy DEMATEL Method. *Sustainability*, vol. 7(11), pp. 15527–15547.
10. Fleisher C. S., Bensoussan B. (2002) *Strategic and Competitive Analysis. Methods and Techniques for Analyzing Business Competition*. Pearson College Div., 467 p.
11. Fritze A.-K., Schnupp C., Möller K. (2017) Strategy-based prioritisation of KPIs using the fuzzy analytic network process – An application in the context of shared services. *Controlling: Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung*, vol. 29(2), pp. 58–68.
12. Globerson S. (1985) Issues in developing a performance criteria system for an organization. *International Journal of Production Research*, vol. 23(4), pp. 639–646.
13. Kaplan R. S. (1990) *Measures for Manufacturing Excellence*. Boston, Harvard Business School Press, 416 p.
14. Kaplan R. S., Norton D. P. (1996) *The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action*. Harvard Business Press, 322 p.
15. Leekwijck W., Kerre E. E. (1999) Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 108(2), pp. 159–178.
16. Meyer M. W. (2002) *Rethinking Performance Measurement. Beyond the Balanced Scorecard*. Cambridge University Press, 200 p.
17. Neely A., Adams C., Crowe P. (2001) The Performance Prism in Practice. *Measuring Business Excellence*, vol. 5(2), pp. 6–12.
18. Neely A., Platts K., Mills J., Richards H., Gregory M., Bourne M., Kennerley M. (2000) Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 20(10), pp. 1119–1145.

19. Parmenter D. (2010) Key performance indicators. Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 300 p.
20. Pérez C. Á., Montequín V. R., Fernández F. O., Balsera J. V. (2017) Integration of Balanced Scorecard (BSC), Strategy Map, and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) for a Sustainability Business Framework: A Case Study of a Spanish Software Factory in the Financial Sector. *Sustainability*, vol. 9(527), pp. 1–23.
21. Rampersad H. K. (2003) Total Performance Scorecard: Redefining Management to Achieve Performance with Integrity (1st Edition). Butterworth-Heinemann, 332 p.
22. Seredynska I., Seredynska V., Fedorovych R. (2014) The use of key performance indicators in strategic management of an enterprise. *Halyts'kyj ekonomichnyj visnyk*, vol. 47(4), pp. 103–116.
23. Sofiyabadi J., Kolahi B., Valmohammadi C. (2016) Key performance indicators measurement in service business: a fuzzy VIKOR approach. *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 27(9–10), pp. 1028–1042. doi: 10.1080/14783363.2015.1059272.
24. Tomorrow's Company: The Role of Business in a Changing World. Royal Society of Arts, Manufactures and Commerce. Interim Report, RSA, London, 1994. 39 p. Available at: <https://www.tomorrowscompany.com/wp-content/uploads/2016/05/RSA-Inquiry-Tomorrows-Company-1995.compressed.pdf> (accessed March 29, 2023).
25. Wu H.-Y., Tzeng G.-H., Chen Y.-H. (2009) A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*, vol. 36. pp. 10135–10147. doi:10.1016/j.eswa.2009.01.005.
26. Zadeh L. A. (1978) Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 1(1), 89–100 p.