

DOI 10.32782/2786-8559/2023-3-14
УДК 33.303.519.8

Чеверда Сергій Сергійович

докторант,
Запорізький національний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2161-037X>

МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ «ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІВРОБІТНИКІВ ПРОЄКТНОГО ОФІСУ АУТСОРСИНГОВОЇ КОМПАНІЇ» В НОТАЦІЇ BPMN

У статті розглядається задача побудови моделі оцінки ефективності роботи персоналу проєктних офісів аутсорсингових компаній. Запропоновано гібридний підхід, що поєднує метод 360 градусів, нечітке моделювання та генетичні алгоритми. Це дає змогу комплексно врахувати думки стейкхолдерів, формалізувати якісні оцінки та оптимізувати параметри моделі. Розроблено багатокритеріальну модель оцінки за показниками швидкості, якості, самостійності, взаємодії та комунікації. Експертні оцінки формалізуються з використанням нечіткої логіки та лінгвістичних змінних. За допомогою генетичного алгоритму оптимізуються параметри функцій належності. Результатом є інтегральний показник ефективності працівника. З метою практичного застосування моделі побудовано BPMN-діаграму відповідного бізнес-процесу оцінки персоналу. Це дозволяє проаналізувати та оптимізувати існуючу практику оцінювання в компаніях. Запропонований підхід поєднує переваги класичних та інтелектуальних методів моделювання складних соціально-економічних процесів.

Ключові слова: оцінка персоналу, метод 360 градусів, нечітка логіка, генетичний алгоритм, моделювання бізнес-процесів, BPMN, аутсорсинг, проєктні офіси.

Serhii Cheverda

Zaporizhzhia National University

MODELING OF THE BUSINESS PROCESS "ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF EMPLOYEES OF THE PROJECT OFFICE OF THE OUTSOURCING COMPANY" IN BPMN NOTATION

The efficiency of the staff is a critical success factor for any organization, especially in the field of outsourcing, where the quality of services directly depends on the productivity of employees. Therefore, the task of improving employee evaluation systems of outsourcing companies, in particular responsible project offices, is urgent. The purpose of the article is to develop a hybrid multi-criteria model and a corresponding business process for assessing the effectiveness of the staff of project offices of outsourcing companies. The integration of modern approaches: the 360-degree method, fuzzy modeling, genetic algorithms and BPMN is proposed. This makes it possible to comprehensively take into account the assessments of stakeholders, formalize expert judgments, optimize parameters and form a formalized model of the assessment process. The developed multi-criteria model includes indicators of speed, quality, independence, teamwork and communication. With the help of a 360-degree survey, quantitative assessments are collected from managers, colleagues, customers, etc. These data are formalized using the apparatus of fuzzy logic, linguistic variables and production rules. The Mamdani algorithm is used to obtain degrees of belongingness of estimates to fuzzy terms. The genetic algorithm optimizes the parameters of the membership functions. The result is an integral indicator of employee efficiency. For the practical application of the model, a BPMN diagram of the process of staff evaluation of project offices has been developed. It allows you to analyze the company's existing practice and identify ways to optimize it. The theoretical significance of the work lies in the substantiation of a complex approach to the modeling of complex socio-economic processes based on a combination of traditional and intellectual methods. Practical value – in the development of a toolkit to increase the validity of personnel assessment and formalization of the relevant business process in companies. The developed approach can be applied in other subject areas.

Keywords: personnel evaluation, 360-degree method, fuzzy logic, genetic algorithm, business process modeling, BPMN, outsourcing, project offices.

Вступ. Ефективність роботи персоналу є одним з ключових факторів успіху будь-якої компанії. Від того, наскільки продуктивно та якісно працюють співробітники, значною мірою залежать фінансові результати, конкурентоспроможність та перспективи розвитку організації. Тому питання оцінювання і підвищення ефективності роботи персоналу набуває першорядного значення в управлінні сучасним бізнесом.

Це особливо актуально для аутсорсингових компаній, діяльність яких безпосередньо пов'язана з наданням послуг стороннім організаціям. Аутсорсери значною мірою залежать від продуктивності, кваліфікації та вмотивованості своїх співробітників, адже саме від їх роботи залежить якість обслуговування клієнтів та виконання угод. Тому аутсорсингові компанії приділяють особливу увагу питанням управління людськими ресурсами та постійного вдосконалення системи оцінки персоналу.

Одним з найбільш відповідальних підрозділів в структурі аутсорсингових компаній є проєктні офіси. Саме вони займаються безпосереднім управлінням проєктами, розподілом завдань між виконавцями, координацією їх роботи та контролем за дотриманням термінів і якості виконання. Тому від ефективності роботи співробітників проєктних офісів значною мірою залежить успіх реалізації проєктів та задоволеність клієнтів.

Співробітники проєктних офісів повинні володіти низкою важливих якостей та навичок: управлінськими здібностями, організованістю, стресостійкістю, вмінням ефективно комунікувати, знаннями в сфері планування і контролю, лідерськими якостями. Від продемонстрованої ними продуктивності, відповідальності та самовіддачі залежить репутація компанії та її конкурентоспроможність на ринку аутсорсингових послуг.

Враховуючи критичну важливість ефективної роботи співробітників проєктних офісів, оцінювання їх діяльності повинно здійснюватися на регулярній основі за допомогою прозорих і об'єктивних критеріїв. Це дозволяє виявляти сильні та слабкі сторони працівників, заохочувати їх професійний розвиток, підвищувати мотивацію та в кінцевому підсумку – оптимізувати роботу всього підрозділу.

Одним з ефективних способів аналізу та вдосконалення процесів оцінки персоналу в організації є побудова їх моделей за допомогою спеціальних нотацій, таких як BPMN (Business Process Model and Notation). Ця нотація дозволяє наочно зобразити послідовність етапів процесу у вигляді блок-схеми та проаналізувати зв'язки між учасниками і операціями.

Матеріали та методи. Оцінка персоналу є важливим інструментом управління людськими ресурсами, що дозволяє аналізувати продук-

тивність і результативність роботи працівників. В умовах сучасної економіки знань людський капітал набуває стратегічного значення для організацій [1]. Тому питання розробки ефективних методів та моделей оцінювання персоналу є предметом численних досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних науковців.

Одним з найбільш поширених підходів в оцінці персоналу є метод 360 градусів, запропонований американськими вченими Редді В. та Вазом Р. у 1997 р. [2]. Він передбачає залучення до оцінювання працівника не лише його безпосереднього керівника, а й підлеглих, колег, замовників та інших зацікавлених осіб. Українські дослідники Петюх В., Цимбалюк О. [3] відзначають переваги цього методу у забезпеченні об'єктивності оцінки завдяки врахуванню різних точок зору.

Проте традиційні методики оцінювання мають певні обмеження, пов'язані зі складністю формалізації експертних суджень і нечіткістю критеріїв. Для подолання цих обмежень доцільним є застосування нечітко-множинного підходу, запропонованого американським математиком Заде Л. [4]. Його використання в моделюванні оцінки персоналу досліджувалося такими науковцями, як Прокопенко В. [5], Гвініашвілі Т. [6], Смельянова О. [7] та ін.

Проте застосування лише нечіткої логіки не завжди дозволяє повною мірою відобразити складність і невизначеність процесів оцінювання. Для подолання цих обмежень пропонується поєднання нечітких моделей з методами оптимізації, зокрема, генетичними алгоритмами, що дозволяє підвищити адекватність і точність моделей. Такий підхід використовувався в роботах Шабанової Н. [8], Міщенко С. [9], Прокопенко О. [10] та інших дослідників.

Окремо слід відзначити роботи українських вчених, присвячені моделюванню та оптимізації бізнес-процесів з використанням нотації IDEF [11], ARIS [12] та BPMN [13]. Ці методи дозволяють формалізувати і візуалізувати процеси оцінки персоналу, полегшуючи їх аналіз та вдосконалення.

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить про актуальність розробки гібридних моделей оцінки персоналу, що поєднують метод 360 градусів, нечітку логіку, генетичні алгоритми та моделювання бізнес-процесів. Це дозволить підвищити обґрунтованість і ефективність управлінських рішень в сфері оцінки та розвитку персоналу організацій.

Мета статті полягає у розробці структурної моделі бізнес-процесу «Оцінка ефективності співробітників проєктного офісу аутсорсингової компанії» в нотації BPMN на базі гібридної моделі, яка поєднує метод 360 градусів, нечітке моделювання та генетичний алгоритм.

Результати. Враховуючи важливість оцінки персоналу проєктних офісів, в даному дослідженні пропонується гібридна модель для визначення

показника ефективності працівника. Розроблена модель поєднує методи 360 градусів, нечіткого моделювання та генетичних алгоритмів та має декілька етапів застосування:

Етап 1. Збір даних методом 360 градусів.

Етап 2. Формалізація експертних оцінок за допомогою нечіткої логіки.

Етап 3. Оптимізація параметрів функції належності за допомогою генетичного алгоритма.

Етап 4. Аналіз даних та прийняття рішень.

Розглянемо ці етапи більш детально.

На **першому етапі** відбувається збір даних про оцінюваного співробітника від учасників проєкту за допомогою методу 360 градусів. Відповідно до розробленої анкети для опитування керівник, колега, підлеглий та інших стекхолдери повинні оцінити працівника. Анкети містять запитання про оцінку співробітника за такими критеріями:

- швидкість виконання задач;
- якість роботи над задачами;
- самостійність при роботі над задачами;
- вміння працювати в команді;
- комунікабельність.

Кожний критерій оцінюється респондентами за шкалою від 1 до 10 балів, де 1 – найнижча оцінка, а 10 – найвища.

Результати опитування збираються та узагальнюються. Розраховується середнє значення оцінки кожного критерію за формулою:

$$\bar{X}_k = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ki}}{n} \quad (1)$$

де x_{ki} – відповідна оцінка по k -му критерію i -го респондента,

n – кількість респондентів.

На виході отримуються узагальнені кількісні оцінки співробітника за обраними критеріями ефективності з урахуванням думки усіх учасників проєкту.

На **другому етапі** відбувається формалізація отриманих експертних оцінок за допомогою апарату нечіткої логіки.

В якості системи управління та виводу її висновків застосовується алгоритм нечіткої логіки Мамдані. На вхід алгоритму надходять вхідні змінні, які є критеріями дослідження, їх кількісні та якісні дані [14], а також вихідна змінна – показник ефективності. Структура алгоритму Мамдані може бути описана так [14]:

– створення бази правил для нечіткого виводу. База правил містить нечіткі твердження з умовою та висновком;

– фазифікація вхідних змінних. За допомогою функцій належності визначаються ступені вірогідності вхідних змінних [15];

– агрегація умов. Тут визначаються ступені дійсності умов кожного правила. Правила з умовами, значення яких відрізняються від нуля, вважаються активними та використовуються у подальших розрахунках.

– активація чи композиція висновків. Для кожного висновку визначається ступінь вірогідності на основі рівнів обмеження.

– акумуляція висновків нечітких правил. Цей етап передбачає об'єднання обмежених функцій належності в загальну нечітку підмножину.

– дефазифікація вихідних змінних. На цьому етапі відбувається перетворення нечітких множин у кінцеве чітке значення, яке є результатом роботи алгоритму.

Отже, представимо математичну інтерпретацію алгоритму запропонованої методології.

Згідно з алгоритмом нечіткого виведення [15] лінгвістична змінна визначається за допомогою ряду властивостей $(X, T(X), U, G)$, де X – назва змінної [15]. Кожна лінгвістична змінна включає в себе нечітку множину її значень (термножину) $T(X)$ – який є об'єднанням всіх пар виду $(x, \mu_T(x))$ і формується зі значень основної змінної $x \in X$, зі значеннями із універсальної сукупності U та з функцій належності $\mu_T(x)$, які встановлюють відношення між цими значеннями та числами в межах $[0; 1]$ [16]:

$$T = \{(x, \mu_T(x)) | x \in X\}.$$

Як функцію належності застосуємо трапецієвидну функцію [16].

Цей вид функції належності визначається в предметній області $X = [a; d]$ на множині U та описується наступним чином:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b < x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c < x \leq d, \\ 0, & x \notin (a; d) \end{cases} \quad (2)$$

Перед визначенням бази нечітких правил слід перетворити або уточнити межі функцій належності лінгвістичних термножин.

Зміна областей істинності лінгвістичних змінних полягає у звуженні кожної нечіткої множини шляхом зміщення границь на основі експоненційного розподілу величин. Нове значення границь обчислюється за формулою (2):

$$x' = x * k^n \quad (3)$$

Коефіцієнт звуження k залежить від можливої кількості виставлених якісних оцінок n кожному терму, від початкового значення межі x та максимального x_{max} або мінімального x_{min} , до якого область звужена, і яке межа не може перевищити.

Варто зауважити, що кожна якісна відповідь відповідає певному терму та належить до певної області істинності.

Залежно від області істинності, що відповідає певному терму, а також суміжної області, може відбуватися зсув лівої або правої межі, коефіцієнт k розраховується за формулою (4) або (5).

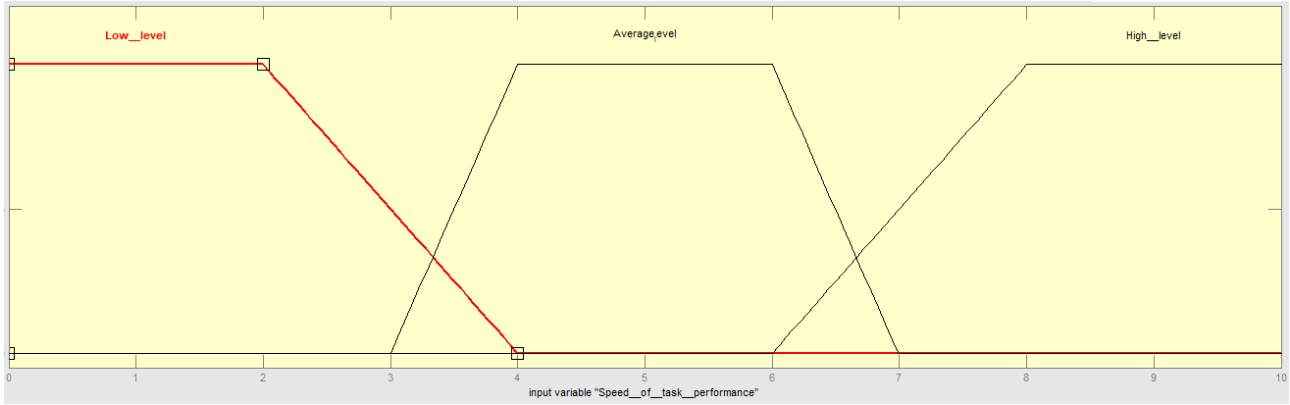


Рисунок 1 – Початковий графік функцій належності змінної

Джерело: сформовано автором

$$k = \sqrt[n]{\frac{x_{max}}{x}} \quad (4)$$

$$k = \sqrt[n]{\frac{x_{min}}{x}} \quad (5)$$

Як можна побачити на рисунку 1 ліва та права області істинності є прямокутними трапеціями. Тому у перетворенні беруть участь лише права межа терма 1 та лише ліва межа терма 3, на відміну від центральної області істинності, яка відповідає терму 2, в перетворенні якої беруть участь обидві межі.

У випадку, якщо якісна оцінка відповідає даній області істинності, коефіцієнт k для лівої межі розраховується за формулою (4), коефіцієнт k для правої межі – за формулою (5).

Якщо ж якісна оцінка відповідає сусідній області істинності, коефіцієнт k для лівої межі розраховується за формулою (5), для правої – за формулою (4).

Отже, після внесення змін у областях істинності термів для управління системою оцінювання слід сформувати базу правил нечіткого виводу [14]. Створення бази нечітких продукційних правил G базується на вхідних змінних X_i , їх даних і вихідної змінної W .

$$NPP_1 : \text{IF} \langle X_1 \text{ IS } Term1 \rangle \text{ and} \langle X_2 \text{ IS } "Term1" \rangle \text{ THEN} \langle W \text{ IS } "Term1" \rangle;$$

$$NPP_n : \text{IF} \langle X1 \text{ IS } Term m \rangle \text{ and} \langle X2 \text{ IS } "Term m" \rangle \text{ THEN} \langle W \text{ IS } "Term m" \rangle$$

Нечіткі правила породжують нові терми вихідної лінгвістичної змінної W , такі як «дуже», «приблизно», «нижче за середнє» тощо, на підставі яких формується її функція належності $\mu_w(y)$.

Отже, сформувавши базу нечітких правил, визначаємо ступень належності отриманих оцінок і переходимо до їх акумуляції.

Етап акумуляції полягає в обчисленні рівня відтинання функції належності α за формулою (6) задля отримання підсумкової нечіткої підмножини для вихідної змінної W на підставі композиції чи об'єднання знайдених за допомогою оператора min (7) усічена функція належності $\mu'_w(x)$ відповідно до формули (8). Для бази правил з m правил і n вхідних змінних при $i=1\dots m, j=1\dots n$:

$$\alpha_i = \min_j (\mu_{ij}(x_j)) \quad (6)$$

$$\mu'_{w_i}(x) = \min_i (\alpha_i, \mu_{w_i}(x_j)) \quad (7)$$

$$\mu_w = \max_i (\mu'_{w_i}(x)) \quad (8)$$

Дефазифікація функцій належності вихідної змінної виконується за методом центру тяжіння [17] і обчислюється за формулою (9):

$$w_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)} \quad (9)$$

де w_0 – значення системи нечіткого виводу.

Кожен з обраних критеріїв \bar{X}_k ефективності описується за допомогою лінгвістичної змінної з такими термами: «низький рівень», «середній рівень», «високий рівень», діапазони, де розташовані їх можливі значення, та їх функції належності:

$$\mu_n(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x \leq 2 \\ 1 - \frac{x-2}{2}, 2 < x \leq 4 \text{ – «Низький рівень»} \\ 0, x \notin (0; 4) \end{cases}$$

$$\mu_{cp}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{4-x}{1}, 3 \leq x \leq 4 \\ 1, 4 < x \leq 6 \\ 1 - \frac{x-6}{1}, 6 < x \leq 7 \\ 0, x \notin (3; 7) \end{cases} \text{ – «Середній рівень»}$$

$$\mu_e(x) = \begin{cases} 1 - \frac{8-x}{2}, & 6 \leq x \leq 8 \\ 1, & 8 < x \leq 10 \\ 0, & x \notin (6; 10) \end{cases} \quad \text{– «Високий рівень»}$$

Відповідно до виразів (1.10) та (1.11) здійснимо перетворення областей істинності лінгвістичних термів.

Представимо вихідну лінгвістичну змінну W – «Ефективність» і визначимо її терм-множина: «Низький», «Нижче середнього», «Середній», «Вище середнього», «Високий». Як функцію належності застосуємо трапецієвидну функцію з областю від 1 до 10, початковий діапазон розташування термів та їх функції належності наступний:

$$\mu_n(w) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 1 - \frac{x-2}{2}, & 1 < x \leq 2 \\ 0, & x \notin (0; 2) \end{cases} \quad \text{– «Низький»}$$

$$\mu_{n.cp}(w) = \begin{cases} 1 - \frac{2-x}{1}, & 1 \leq x \leq 2 \\ 1, & 2 < x \leq 3 \\ 1 - \frac{x-3}{1}, & 3 < x \leq 4 \\ 0, & x \notin (1; 4) \end{cases} \quad \text{– «Нижче середнього»}$$

$$\mu_{cp}(w) = \begin{cases} 1 - \frac{4-x}{1}, & 3 \leq x \leq 4 \\ 1, & 4 < x \leq 6 \\ 1 - \frac{x-6}{1}, & 6 < x \leq 7 \\ 0, & x \notin (3; 7) \end{cases} \quad \text{– «Середній»}$$

$$\mu_{e.cp}(w) = \begin{cases} 1 - \frac{7-x}{1}, & 6 \leq x \leq 7 \\ 1, & 7 < x \leq 8 \\ 1 - \frac{x-8}{1}, & 8 < x \leq 9 \\ 0, & x \notin (6; 9) \end{cases} \quad \text{– «Вище середнього»}$$

$$\mu_e(w) = \begin{cases} 1 - \frac{8-x}{2}, & 8 \leq x \leq 9 \\ 1, & 9 < x \leq 10 \\ 0, & x \notin (8; 10) \end{cases} \quad \text{– «Високий»}$$

Оптимальні значень параметрів a, b, c, d для всіх 5 функцій належності вихідної змінної W , щоб вони максимально адекватно відображали семантику термів лінгвістичної змінної буде розраховано на 3 етапі за допомогою генетичного

алгоритму. В результаті буде побудована єдина база знань для оцінювання ефективності у термінах лінгвістичної змінної W .

Бази нечітких продукційних правил G , яка базується на вхідних змінних X_i , їх даних і вихідної змінної W містить 243 правила (фрагмент яких представлено у табл. 1.

Після формування бази нечітких продукційних правил G та визначення початкових функцій належності для вхідних та вихідної лінгвістичних змінних нечіткою модель можливо застосовувати до четвертого етапу «Аналіз даних та прийняття рішень».

Але з початку розглянемо третій етап на якому вирішується задача оптимізації значень параметрів a, b, c, d трапецієвидної функції належності для всіх 5 функцій вихідної лінгвістичної змінної W – «Ефективність», щоб вони максимально адекватно відображали семантику її термів за допомогою генетичного алгоритму.

На *третьому етапі* вирішується наступна оптимізаційна задача.

Нехай маємо п'ять функцій належності:

$\mu_n(w)$ – «Низький» з параметрами $[a_1, b_1, c_1, d_1]$

$\mu_{n.cp}(w)$ – «Нижче середнього» з параметрами $[a_2, b_2, c_2, d_2]$

$\mu_{cp}(w)$ – «Середній» з параметрами $[a_3, b_3, c_3, d_3]$

$\mu_{e.cp}(w)$ – «Вище середнього» з параметрами $[a_4, b_4, c_4, d_4]$

$\mu_e(w)$ – «Високий» з параметрами $[a_5, b_5, c_5, d_5]$

Тоді хромосома H матиме вигляд:

$$H = (a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2, a_3, b_3, c_3, d_3, a_4, b_4, c_4, d_4, a_5, b_5, c_5, d_5)$$

Початкова популяція $P(0)$ з $N = 100$ хромосом, яка генерується випадковим чином матиме наступний вигляд:

$$P(0) = \{H_1, H_2, \dots, H_{10}\},$$

$$\text{де } H_i = (a_{i1}, b_{i1}, c_{i1}, d_{i1}, a_{i2}, b_{i2}, c_{i2}, d_{i2}, a_{i3}, b_{i3}, c_{i3}, d_{i3}, a_{i4}, b_{i4}, c_{i4}, d_{i4}, a_{i5}, b_{i5}, c_{i5}, d_{i5}),$$

з випадковими $a_{j1}, b_{j1}, c_{j1}, d_{j1}$ з діапазону $[0, 10]$, $j = 1..5$.

Для кожної хромосоми H з популяції обчислюється цільова функція $F(H)$, яка визначає наскільки параметри функцій належності в хромосомі відповідають семантиці відповідних термів лінгвістичної змінної W :

$$F(H) = \frac{1}{E(H)},$$

де $E(H)$ – сума квадратів відхилень параметрів хромосоми H від початкових значень:

$$E(H) = \sum_{j=1}^5 \left((a_j - a_j^0)^2 + (b_j - b_j^0)^2 + (c_j - c_j^0)^2 + (d_j - d_j^0)^2 \right)$$

де a_j, b_j, c_j, d_j – параметри j -ї функції належності в хромосомі H ,

$a_j^0, b_j^0, c_j^0, d_j^0$ – початкові значення цих параметрів.

Таблиця 1 – Фрагмент бази нечітких продукційних правил G

№ п.п	Швидкість виконання задач	Якість роботи над задачами	Самостійність при роботі над задачами	Вміння працювати в команді	Комунікабельність	Ефективність
1	Низька	Низька	Низька	Низька	Низька	<i>Низька</i>
2	Низька	Низька	Низька	Низька	Середня	<i>Низька</i>
3	Низька	Низька	Низька	Низька	Висока	<i>Низька</i>
4	Низька	Низька	Низька	Середня	Низька	<i>Низька</i>
5	Низька	Низька	Низька	Середня	Середня	<i>Низька</i>
6	Низька	Низька	Низька	Середня	Висока	<i>Нижче середнього</i>
7	Низька	Низька	Низька	Висока	Низька	<i>Низька</i>
8	Низька	Низька	Низька	Висока	Середня	<i>Нижче середнього</i>
9	Низька	Низька	Низька	Висока	Висока	<i>Нижче середнього</i>
10	Низька	Низька	Середня	Низька	Низька	<i>Низька</i>
11	Низька	Низька	Середня	Низька	Середня	<i>Низька</i>
12	Низька	Низька	Середня	Низька	Висока	<i>Нижче середнього</i>
13	Низька	Низька	Середня	Середня	Низька	<i>Низька</i>
14	Низька	Низька	Середня	Середня	Середня	<i>Нижче середнього</i>
15	Низька	Низька	Середня	Середня	Висока	<i>Нижче середнього</i>
16	Низька	Низька	Середня	Висока	Низька	<i>Нижче середнього</i>
17	Низька	Низька	Середня	Висока	Середня	<i>Нижче середнього</i>
18	Низька	Низька	Середня	Висока	Висока	<i>Середня</i>
19	Низька	Низька	Висока	Низька	Низька	<i>Низька</i>

Джерело: сформовано автором

Чим менше відхилення, тим більше значення цільової функції $F(H)$.

Метою є максимізація $F(H)$, щоб знайти таку комбінацію параметрів функцій належності, яка найбільш близька до заданих початкових умов.

Далі на кожній ітерації t виконуються наступні кроки:

Селекція. З поточної популяції $P(t)$ відбирається $N/2$ хромосом з найкращим значенням цільової функції $F(H)$ для подальших операцій.

Кросовер. Відібрані хромосоми комбінуються між собою з імовірністю p_c , утворюючи нові хромосоми наступним чином. Нехай відібрано P батьківських хромосом в результаті селекції: H_1, H_2, \dots, H_P . Кожна хромосома H_i має структуру:

$$H_i = (a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, a_m, b_m, c_m, d_m)$$

Для кожної пари батьківських хромосом (H_i, H_j) з імовірністю p_c виконується кросовер:

Випадково обирається точка розщеплення $k \in [1, m]$.

Утворюються нащадки:

$$H'_i = (a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, a_k, b_k, c_k, d_k, \dots, a_m, b_m, c_m, d_m)$$

$$H'_j = (a'_1, b'_1, c'_1, d'_1, \dots, a'_k, b'_k, c'_k, d'_k, \dots, a'_m, b'_m, c'_m, d'_m)$$

де параметри a_k, b_k, c_k, d_k обмінялись між батьками. Так формується нова популяція P' розміру P .

Мутація. Кожна хромосома мутує (змінює значення параметрів) з імовірністю p_m . Формується нова популяція $P(t+1)$ наступним чином.

Нехай після кросоверу сформована популяція P' розміру P :

$$P' = \{H'_1, H'_2, \dots, H'_P\}$$

Кожна хромосома H_i має структуру:

$$H'_i = (a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, a_k, b_k, c_k, d_k, \dots, a_m, b_m, c_m, d_m)$$

Для кожного параметра хромосом з імовірністю p_m відбувається мутація. Для кожного $j \in [1, m]$ з імовірністю p_m :

– випадково обирається $\delta \sim u(-\delta_m, \delta_m)$

– змінюється параметр: $a_j \leftarrow a_j + \delta$

Тобто, значення параметра змінюється на невелику випадкову величину δ з рівномірного розподілу. Так формується фінальна популяція P'' розміру P зі змутаціями для наступної ітерації алгоритму.

Ітерації повторюються до задоволення критерію зупинки (досягнення максимальної кількості ітерацій або порогового значення цільової функції).

В результаті отримуємо оптимальний набір параметрів a, b, c, d для функцій належності $\mu(w)$, які адекватно відображають семантику термів лінгвістичної змінної W .

Отже, розглянемо детальніше етап аналізу даних та прийняття рішень для запропонованої гібридної моделі.

На **четвертому етапі** відбувається безпосереднє застосування побудованої нечіткої моделі для обробки даних, отриманих методом 360 градусів, та прийняття управлінських рішень на їх основі.

Першим кроком є фазифікація вхідних даних – визначення ступенів належності оцінок працівника за обраними критеріями ефективності до термів відповідних лінгвістичних змінних. Отримані ступені належності є вхідними даними для блоку нечіткого логічного висновку на основі сформованої бази правил. В результаті визначаються ступені належності вихідної змінної «Ефективність» до її термів: «Низький», «Нижче середнього», «Середній», «Вище середнього», «Високий». Завершальним кроком є дефазифікація – знаходження чіткого числового значення вихідної змінної за допомогою метода центра ваги відповідно до формули (9). Отримане числове значення W є інтегральним показником ефективності працівника, розрахованим на а допомогою розробленої гібридної моделі.

Структурна логічна схема розробленої гібридної моделі представлено на рисунку 2.

Базуючись на цьому значенні, керівництво організації може прийняти обґрунтовані управлінські рішення щодо мотивації та розвитку персоналу:

- заохочення та преміювання ефективних працівників;
- підвищення кваліфікації, перенавчання для поліпшення певних навичок;
- зміна посадових обов'язків працівника згідно сильних та слабких сторін;
- ротація або переведення працівників між проектами та підрозділами;
- розробка індивідуальних планів розвитку працівників;
- прийняття кадрових рішень щодо звільнення неефективних працівників.

При практичному застосуванні розробленої гібридної моделі оцінки ефективності співробітників проектного офісу аутсорсингової компанії повинні дотримуватися наступного алгоритму дій:

Етап 1. Підготовка до оцінювання. На цьому етапі керівник проектного офісу разом з HR-менеджером визначають:

- мету та завдання оцінювання (атестація, планування розвитку, преміювання тощо);
- коло оцінюваних співробітників;
- склад групи оцінювачів для кожного працівника (керівник, колеги, члени проектної команди, клієнти, інші стейкхолдери);
- терміни проведення оцінювання;
- методи збору даних (онлайн-опитування).

Етап 2. Збір даних методом 360 градусів. HR-менеджер надсилає форми опитування учасникам з проханням оцінити конкретного співробітника за визначеними критеріями. Після завершення збору даних результати узагальнюються, визначаються середні оцінки працівника за кожним критерієм.

Етап 3. Отримання показника ефективності працівника. HR-менеджер за допомогою програмного забезпечення, яке реалізує розроблену нечітку модель здійснює фазифікацію вхідних даних – визначає ступені належності середніх оцінок до термів «низький», «середній», «високий» за допомогою функцій належності. На основі отриманих ступенів належності та бази нечітких

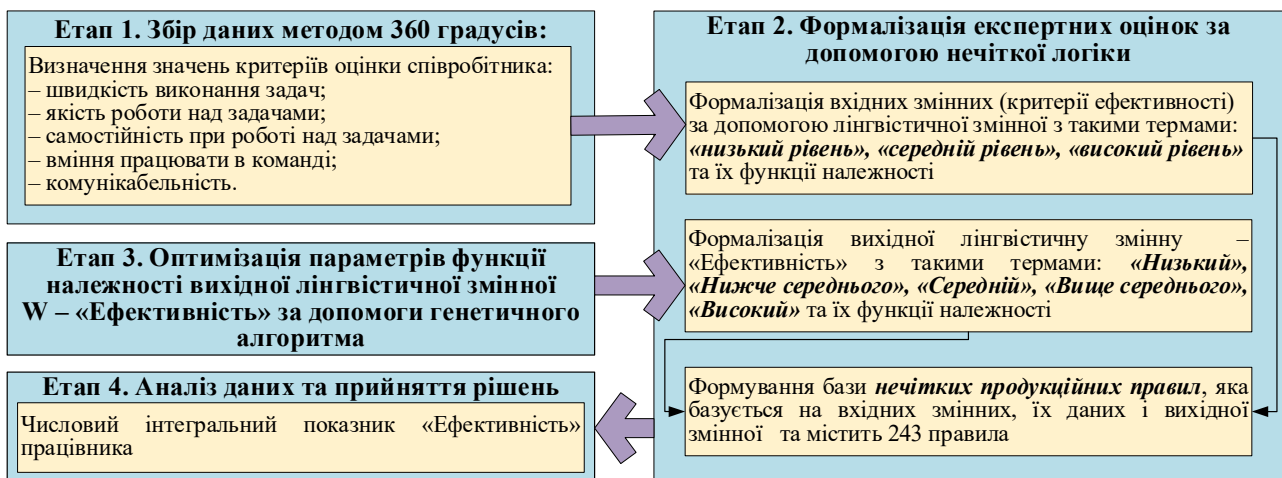


Рисунок 2 – Логічна схема гібридної моделі оцінки ефективності співробітників проектного офісу аутсорсингової компанії

Джерело: сформовано автором

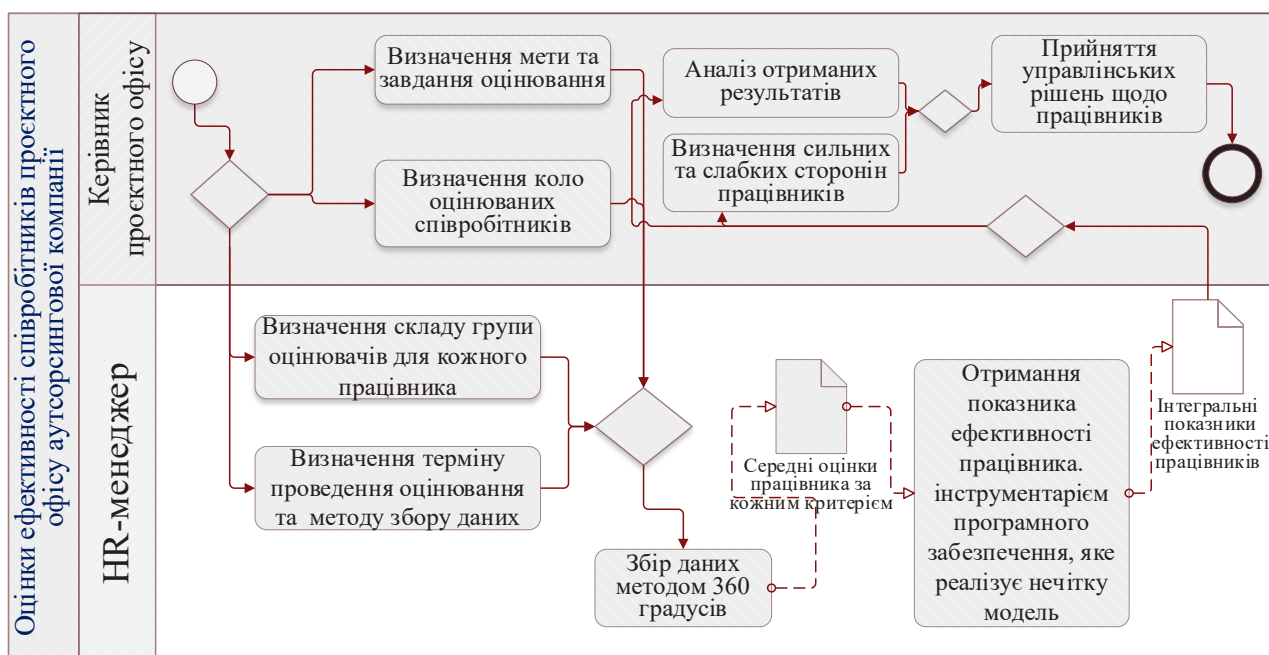


Рисунок 3 – Структурна модель бізнес-процесу «Оцінки ефективності співробітників проєктного офісу аутсорсингової компанії» в нотатії BPMN

Джерело: сформовано автором

правил виконується нечіткий логічний висновок, в результаті якого визначаються ступені належності вихідної змінної «Ефективність» до її термів, а за допомогою методу центру ваги визначається чітке числове значення інтегрального показника ефективності працівника.

Етап 4. Аналіз та прийняття рішень. Керівник проєктного офісу аналізує отримані результати, визначає сильні та слабкі сторони оцінюваних працівників. На основі аналізу приймає обґрунтовані управлінські рішення щодо мотивації та розвитку персоналу.

На базі запропонованого алгоритму було розроблено структурну модель бізнес-процесу «Оцінки ефективності співробітників проєктного офісу аутсорсингової компанії» в нотатії BPMN (рисунок 3).

Проведений у роботі аналіз наукових робіт, щодо моделювання оцінки ефективності співробітників проєктного офісу аутсорсингової компанії виявив, що існує широкий спектр підходів, кожен з яких має свої переваги та недоліки та не є універсальним для комплексного оцінювання персоналу. Виходячи з цього була розроблена гібридна модель, яка поєднує переваги методу 360 градусів, нечіткого моделювання та генетичних алгоритмів.

Також було запропоновано алгоритм практичного застосування розробленої гібридної моделі в проєктних офісах аутсорсингових компаній, а також побудована структурна модель відповід-

ного бізнес-процесу оцінювання персоналу в нотатії BPMN дотримання яких дозволяє комплексно аналізувати якісні та кількісні дані і забезпечує об'єктивну оцінку персоналу.

У даній статті було розглянуто актуальне науково-прикладне завдання підвищення обґрунтованості та ефективності системи оцінювання персоналу в проєктних офісах аутсорсингових компаній.

Висновки. У статті запропоновано комплексний гібридний підхід, що об'єднує сучасні методики збору даних, штучний інтелект та імітаційне моделювання. Розроблена гібридна модель поєднує переваги методу 360 градусів, нечіткої логіки та генетичних алгоритмів. Це дає змогу врахувати кількісні та якісні оцінки різних категорій стейкхолдерів, формалізувати їх за допомогою нечітких змінних і правил, а також оптимізувати параметри моделі для підвищення точності результатів.

Практична цінність роботи полягає у розробці алгоритму впровадження запропонованої гібридної моделі та створенні на її основі BPMN-діаграми відповідного бізнес-процесу. Це дозволяє формалізувати існуючу практику оцінювання персоналу в аутсорсингових компаніях, виявити її можливі недоліки та слабкі місця і надати рекомендації з удосконалення.

У теоретичному плані робота розвиває підходи до моделювання складних соціально-економічних процесів з використанням м'яких обчислень. Показана ефективність інтеграції класичних та інтелек-

туальних методів для комплексного аналізу даних в умовах невизначеності. Запропоноване поєднання методів може бути застосоване для моделювання інших бізнес-процесів в організаціях.

Отже, здійснене дослідження вносить певний вклад у розвиток теорії і практики моделювання

систем оцінювання персоналу та демонструє можливості підвищення їх ефективності на основі сучасних інтелектуальних технологій. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні факторів і критеріїв оцінювання з урахуванням специфіки різних проєктів та бізнес-процесів.

Література:

1. Молодова Е.В. Управління людським капіталом як основа інноваційного розвитку. *Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка*. 2015. Т. 20. Вип. 3. С. 126–129.
2. Reddy W.B., Vaz A.B. Understanding 360-degree feedback systems. *The Journal for Quality and Participation*. 1997. Vol. 20. № 2. Р. 34–38.
3. Петюх В.М., Цимбалюк О.А. Основи управління персоналом : навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2014. 398 с.
4. Zadeh L. Fuzzy sets. *Information and control*. 1965. Vol. 8. No. 3. P. 338–353.
5. Прокопенко В.І., Шевченко Г.М. Моделювання системи оцінки персоналу з використанням теорії нечітких множин. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2008. № 2. С. 140–146.
6. Гвінішвілі Т. З. Оцінка персоналу з використанням нечіткої множинної моделі. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2012. № 51. С. 68–73.
7. Смельянова О.Ю. Моделювання рейтингової оцінки персоналу апаратом нечіткої логіки. *Вісник ЖДТУ*. 2010. № 4 (54). С. 160–163.
8. Шабанова Н.О. Гібридна інтелектуальна модель оцінки персоналу. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2013. № 24 (997). С. 141–150.
9. Міщенко С.Г. Гібридна модель оцінювання персоналу. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами*. 2018. № 2. С. 46–52.
10. Прокопенко О.В., Скрипченко Д.А. Гібридна модель оцінювання персоналу на основі нечітких КРІ. *Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2017. № 869. С. 108–114.
11. Кузьмін О.Є. Основи менеджменту. Київ : Академвидав, 2011. 416 с.
12. Матвієнко О.В. Моделювання бізнес-процесів із застосуванням ARIS-методології. *Бізнес-Інформ*. 2014. № 1. С. 218–223.
13. Репін В.В. Бізнес-процеси. Моделювання, аналіз, управління. Київ : Мандарин Паблішинг, 2013. 512 с.
14. Король І.Г. Нечітка логіка та штучні нейронні мережі. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 184 с.
15. Klir G.J., Yuan B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1995. 574 p.
16. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8. P. 338–353.
17. Nguyen H.T., Walker E.A. *A First Course in Fuzzy Logic*. Boca Raton : CRC Press, 2006. 336 p.

References:

1. Molodova E. V. (2015) Human capital management as a basis for innovative development. *Bulletin of Odesa National University. Series: Economics*, tom 20, no. 3, pp. 126–129.
2. Reddy W. B. & Vaz A. B. (1997) Understanding 360-degree feedback systems. *The Journal for Quality and Participation*, vol. 20, no. 2, pp. 34–38.
3. Petyukh V. M. & Tsymbalyuk O. A. (2014) *Fundamentals of personnel management: textbook*. Kyiv: KNEU.
4. Zadeh L. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353.
5. Prokopenko V. I. & Shevchenko G. M. (2008) Personnel assessment system modeling using fuzzy set theory. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, no. 2, pp. 140–146.
6. Gvinishvili T. Z. (2012) Personnel assessment using a fuzzy set model. *Bulletin of NTU "KhPI"*, no. 51, pp. 68–73.
7. Emelyanova O. Yu. (2010) Modeling of personnel rating assessment using fuzzy logic. *Journal of ZSTU*, no. 4, pp. 160–163.
8. Shabanova N. O. (2013) Hybrid intelligent model of personnel assessment. *Bulletin of NTU "KhPI"*, no. 24, pp. 141–150.
9. Mishchenko S. G. (2018) Hybrid model of personnel assessment. *Bulletin of NTU "KhPI"*, no. 2, pp. 46–52.
10. Prokopenko O. V. & Skripchenko D. A. (2017) Hybrid model of fuzzy KPI-based personnel assessment. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University*, no. 869, pp. 108–114.
11. Kuzmin, O. Ye. (2011) *Fundamentals of Management*. Kyiv: Akademvydav.
12. Matviyenko O. V. (2014) Business process modeling using ARIS methodology. *Business-Inform*, no. 1, pp. 218–223.
13. Repin V. V. (2013) *Business processes. Modeling, analysis, management*. Kyiv: Mandarin Publishing.
14. Korol I. G. (2010) *Fuzzy logic and artificial neural networks*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House.
15. Klir G. J. & Yuan B. (1995) *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
16. Zadeh L. A. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, pp. 338–353.
17. Nguyen H. T. & Walker E. A. (2006) *A first course in fuzzy logic*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Стаття надійшла до редакції 21.11.2023 р.