

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження моделей і методів вартісного оцінювання
пропозицій з впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес

(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання,
групи УПГІТм-23-2

Денис НОВІКОВ

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами
в галузі ІТ

(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. каф. ІУС Наталія ВАСИЛЬЦОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

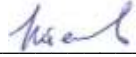
(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
 Кафедра Інформаційних управляючих систем
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
 (код і повна назва)
 Тип програми освітньо-наукова
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)
 Освітня програма Управління проектами в галузі інформаційних технологій
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
 (підпис)

« 21 » квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Новікову Денису Олексійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження моделей і методів вартісного оцінювання пропозицій з впровадження ІТ-послуг в ресторанный бізнес

затверджена наказом по університету від «28» березня 2025 р. № 235Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії «02» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічна література, публікації та інтернет-ресурси, що стосуються теми кваліфікаційної роботи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі огляд особливостей ресторанного бізнесу, опис моделей і методів оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг у ресторанный бізнес, стан впровадження інновацій, проблеми та обмеження ІТ-впровадження, проблеми оцінки вартості проєктів, порівняння методів оцінювання, постановка задачі дослідження, розробка комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-послуг, етапи впровадження, налаштування даних і правил, програмні засоби реалізації, метрики точності оцінювання, апробація методу, CRM-системи ресторанного бізнесу, як приклад впровадження ІТ-рішень у ресторанный бізнес

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей ІТ-проектів з впровадження ІТ-послуг у ресторанному	21.04.2025 – 25.04.2025	виконано
2	Аналіз оцінки вартості ІТ-проектів на різних стадіях життєвого циклу	26.04.2025 – 01.05.2025	виконано
3	Огляд існуючих методів оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг. Постановка задачі дослідження	02.05.2025 – 07.05.2025	виконано
4	Аналіз факторів, що впливають на вартість впровадження ІТ-проектів у ресторанному бізнесі	08.05.2025 – 10.05.2025	виконано
5	Розробка комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проекту впровадження ІТ-послуг у ресторанному бізнесі	11.05.2025 – 18.05.2025	виконано
6	Опис технології використання розробленого методу	19.05.2025 – 22.05.2025	виконано
7	Експериментальна перевірка ефективності розробленої моделі. Порівняння з іншими підходами	23.05.2025 – 25.05.2025	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025 – 28.05.2025	виконано
9	Підготовка презентаційного матеріалу	29.05.2025 – 30.05.2025	виконано
10	Перевірка роботи на плагіат	29.05.2025	виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи	04.06.2025	виконано

Дата видачі завдання 21 квітня 2025 р.

Здобувач _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

проф. каф. ІУС Наталія ВАСИЛЬЦОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 89 с., 29 рис., 8 табл., 2 дод., 43 джерела.

ВАРТІСНЕ ОЦІНЮВАННЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ, ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ, ЕКСПЕРТНІ ОЦІНКИ, ІНІЦІАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, ПРОЄКТ.

Об'єктом дослідження є процес вартісного оцінювання впровадження IT-послуг у ресторанний бізнес на стадії ініціації IT-проєкту.

Предметом дослідження є моделі та методи оцінювання вартості, що базуються на поєднанні апарату нечіткої логіки та генетичного алгоритму.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка комбінованого методу вартісного оцінювання пропозицій з впровадження IT-послуг у ресторанний бізнес, який підвищить точність вартісного прогнозування.

Дослідження спрямоване на формування ефективного підходу до вартісного оцінювання пропозицій з впровадження IT-послуг у ресторанний бізнес на стадії ініціації проєкту. Основна увага приділяється використанню апарату нечіткої логіки для формалізації експертних оцінок та генетичного алгоритму для оптимізації параметрів моделі, на якій базується метод, що дозволяє підвищити точність прогнозів у ситуаціях із високим рівнем невизначеності. Практичне значення роботи полягає у створенні комбінованого методу, який можна застосовувати для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на ранніх етапах реалізації IT-проєктів у сфері ресторанного бізнесу. Застосування цього методу дозволяє підвищити ефективність наступного планування вартості IT-проєкту та забезпечити адаптацію під конкретні умови проєкту впровадження IT-послуг, що є важливим для малого та середнього бізнесу в умовах динамічного ринку.

ABSTRACT

Master's thesis: 89 pages, 29 figures, 8 tables, 2 appendices, 43 references.

COST ESTIMATION, DEPLOYMENT, EXPERT EVALUATIONS, FUZZY LOGIC, GENETIC ALGORITHM, INFORMATION TECHNOLOGIES, INITIATION, MANAGEMENT DECISIONS, PROJECT.

The object of the research is the process of cost estimation for the implementation of IT services in the restaurant business at the initiation stage of an IT project.

The subject of the research is the models and methods of cost estimation based on the combination of fuzzy logic and genetic algorithm tools.

The aim of this qualification thesis is to develop a combined method for cost estimation of IT service implementation proposals in the restaurant business, which will improve the accuracy of cost forecasting.

The research is aimed at forming an effective approach to cost estimation of IT service implementation proposals at the project initiation stage in the restaurant business. The main focus is on the use of fuzzy logic for the formalization of expert evaluations and the genetic algorithm for optimizing the parameters of the model underlying the method, which enhances prediction accuracy under conditions of high uncertainty.

The practical significance of the work lies in the creation of a combined model that can be used for informed managerial decision-making at the early stages of IT project implementation in the restaurant industry. The application of this method increases the effectiveness of subsequent IT project cost planning and ensures adaptation to the specific conditions of the IT service implementation project, which is crucial for small and medium-sized businesses in a dynamic market environment.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Опис та аналіз моделей та методів оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес.....	10
1.1 Аналіз сучасного стану впровадження інноваційних рішень в ресторанний бізнес.....	10
1.2 Проблеми та обмеження при впровадженні ІТ-послуг у ресторанний бізнес	16
1.3 Огляд проблем при оцінюванні вартості проєктів впровадження ІТ-послуг.....	18
1.4 Порівняння існуючих методів оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес.....	21
1.5 Постановка задачі дослідження.....	29
2 Розробка комбінованого методу вартісного оцінювання пропозицій з впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес.....	32
2.1 Опис комбінованого методу вартісного оцінювання пропозицій з впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес.....	32
2.2 Збір та підготовка даних для оцінювання вартості проєкту з впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес.....	34
2.3 Розробка математичної моделі комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес....	37
3 Дослідження особливостей реалізації комбінованого методу оцінювання вартості проєкту з впровадження ІТ-послуг.....	43
3.1 Опис етапів практичної реалізації комбінованого методу оцінювання вартості проєкту з впровадження ІТ-послуг.....	43
3.2 Опис підготовки даних та нечітких правил з подальшим	

	7
налаштуванням методу.....	45
3.3 Опис програмних засобів для реалізації комбінованого методу оцінювання проєкту з впровадження ІТ-послуг.....	47
3.4 Визначення метрик оцінки точності оцінювання вартості проєкту з впровадження ІТ-послуг.....	49
3.5 Висновки з дослідження особливостей реалізації комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту на етапі ініціації.....	53
4 Апробація комбінованого методу оцінювання вартості проєкту з впровадження ІТ-послуг.....	53
4.1 Огляд існуючих CRM-систем ресторанного бізнесу. Опис типової CRM-системи для впровадження в ресторанний бізнес	53
4.2 Реалізація проведення апробації запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту на етапі ініціації.....	59
4.3 Аналіз точності запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг на етапі ініціації.....	64
Висновки.....	68
Перелік джерел посилання.....	70
Додаток А Програмна реалізація етапів комбінованої моделі вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес.....	75
Додаток Б Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	77

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГА – генетичний алгоритм

ІС – інформаційна система

ІТ – інформаційна технологія

ВІ – Business Intelligence

СOСOМO – Constructive Cost Model

СRМ – Customer Relationship Management

ЕІ – External Inputs

ЕІF – External Interface Files

ЕO – External Outputs

ЕQ – External Inquiries

ЕRР – Enterprise Resource Planning

HRМ – Human Resource Management

ІLF – Internal Logical Files

KLOC – Kilo Lines of Code

MAE – Mean Absolute Error

MAPE – Mean Absolute Percentage Error

MR – Mean Ratio

PERT – Program Evaluation and Review Technique

POS – Point of Sale

WMS – Warehouse Management System

ВСТУП

Сучасні інформаційні технології (ІТ) відіграють ключову роль у цифровій трансформації бізнесу, зокрема у сфері ресторанного бізнесу. Впровадження ІТ-послуг у діяльність ресторанів дозволяє автоматизувати процеси управління клієнтською базою, підвищувати ефективність маркетингових кампаній та оптимізувати операційну діяльність.

Однак на етапі ініціації ІТ-проектів впровадження подібних рішень важливим є оцінювання вартості, що дозволяє уникнути фінансових ризиків і перевитрат бюджету.

Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю розробки ефективних моделей та методів вартісного оцінювання ІТ-проектів впровадження ІТ-послуг у сферу ресторанного бізнесу. Традиційні методи оцінки часто не враховують складність інтеграції, динамічні зміни вимог та ймовірні ризики, що може призводити до значних розбіжностей між запланованими та фактичними витратами. Також на етапі ініціації, коли історичні дані подібних ІТ-проектів відсутні, залишається необхідність в оцінці вартості ІТ-проекту [1].

Об'єктом дослідження є процес вартісного оцінювання проектів впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес на стадії ініціації.

Предметом дослідження є методи та моделі оцінювання вартості, що базуються на поєднанні апарату нечіткої логіки та генетичного алгоритму.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка комбінованого методу оцінювання вартості проектів впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес, який використовує апарат нечіткої логіки та генетичний алгоритм для підвищення точності прогнозування.

Запропонований метод дозволить підвищити точність прогнозування витрат, мінімізувати фінансові ризики та забезпечити оптимізацію ресурсів під час реалізації ІТ-проектів у сфері автоматизації бізнес-процесів.

1 ОПИС ТА АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ПОСЛУГ В РЕСТОРАННИЙ БІЗНЕС

1.1 Аналіз сучасного стану впровадження інноваційних рішень в ресторанний бізнес

Ресторанний бізнес є складовою індустрії громадського харчування та являється одним із найперспективніших напрямів розвитку національної економіки.

Ефективне функціонування сфери ресторанного бізнесу є позитивним показником змін в економіці держави та її регіонів [2, 3].

Цей вид бізнесу реалізується у закладах (підприємствах) ресторанного господарства, що надають послуги з приготування, реалізації страв і напоїв, а також забезпечують клієнтам належний сервіс.

Національним стандартом ДСТУ 4281:2004 «Заклади ресторанного господарства. Класифікація» встановлено класифікацію закладів ресторанного господарства, загальні вимоги до підприємств різних типів і класів [4].

Ресторанне господарство – вид економічної діяльності суб'єктів господарської діяльності щодо надання послуг для задоволення потреб споживачів у харчуванні з організуванням дозвілля або без нього.

Заклад ресторанного господарства – це організаційно-структурна одиниця у сфері ресторанного господарства, яка здійснює виробничо-торговельну діяльність: виробляє або/і доготовляє, продає і організовує споживання продукції власного виробництва і закуплених товарів, а також може організовувати дозвілля споживачів [5].

До основних типів закладів ресторанного господарства належать ресторани, бари, кафе, їдальні, буфети, кафетерії та інші підприємства, що забезпечують споживачів харчуванням і послугами з організації дозвілля [6]. Кожен тип таких закладів має свої специфічні організаційні моделі, але всі

вони функціонують у конкурентному, динамічному середовищі, орієнтованому на клієнта.

На теперішній час більшість закладів ресторанного господарства відноситься до багатoproфільних підприємств, які задовольняють не тільки базові, фізіологічні, але й комунікативні потреби відвідувачів, потреби щодо проведення різних форм дозвілля та одержання певних культурних благ.

Особливостями ресторанного бізнесу (ресторанного господарства) є висока залежність від якості обслуговування, значний вплив людського фактору, складність логістики, необхідність дотримання санітарно-гігієнічних норм, сезонність попиту та постійна потреба в оновленні пропозиції відповідно до ринкових трендів. Ефективність такого бізнесу визначається здатністю адаптуватися до змін попиту, швидко приймати управлінські рішення, контролювати витрати та забезпечувати стабільність якості послуг.

Усе це стає особливо актуальним у випадку діяльності мережі закладів ресторанного типу, які мають розгалужену структуру, відокремлені підрозділи, різні регіональні ринки та неоднорідне навантаження на персонал.

В умовах особливостей структурно-функціональної побудови закладів ресторанного типу та їх мереж виникають такі додаткові внутрішні та зовнішні задачі та виклики:

- складність централізованого управління;
- потреба в уніфікації стандартів обслуговування;
- контроль фінансів, складів і поставок у масштабі мережі закладів;
- координація маркетингових кампаній;
- аналітика діяльності всіх закладів у режимі реального часу;
- відстеження, аналіз конкурентів та нових концепцій і трендів в ресторанному бізнесі [6].

Новою та актуальною зовнішньою проблемою для ресторанного бізнесу, як показав час, є необхідність забезпечити ефективне

функціонування закладів ресторанного господарства в період епідемій, надзвичайних ситуацій та утримання бізнесу в умовах війни [7] .

Сучасний розвиток ресторанного бізнесу значною мірою зумовлений інноваціями у сфері виробничих технологій. Зокрема, мова йде про впровадження нових рецептур, зміну біохімічного складу страв, використання автоматизованого обладнання нового покоління, а також застосування інноваційних методів кулінарної обробки сировини. Усі ці зміни спрямовані на скорочення виробничого циклу та підвищення продуктивності, що у підсумку сприяє зростанню економічної результативності діяльності підприємств ресторанного господарства.

Ресторанна послуга являє собою специфічну форму обслуговування, що спрямована на комплексне задоволення фізіологічних, естетичних і соціальних потреб споживача. Вона поєднує в собі не лише приготування та подавання страв і напоїв, а й створення комфортного середовища, яке сприяє відпочинку, спілкуванню та проведенню дозвілля. Однією з ключових особливостей ресторанної послуги є синхронність процесів її надання та споживання, що означає одночасне здійснення виробничої та сервісної складових. Такий характер послуги вимагає високого рівня координації дій персоналу, оперативності, професіоналізму та орієнтації на клієнта, оскільки якість обслуговування безпосередньо впливає на сприйняття послуги споживачем у момент її отримання.

Окрім вказаних загальних характеристик послуги ресторанного підприємства мають ще низку особливостей, які проявляються безпосередньо в процесі обслуговування клієнтів. Серед них варто виділити:

- персоніфікований підхід до формування послуги з урахуванням побажань конкретного споживача;
- відсутність чіткої моделі оцінки вартості послуг, що залежить від багатьох змінних;
- варіативність у сприйнятті якості, яка визначається соціальними, психологічними та ситуаційними чинниками.

З огляду на ці аспекти, ресторанну послугу доцільно визначити як сукупну діяльність закладу, спрямовану на створення умов для споживання кулінарної продукції, а також надання супутніх сервісів, що відповідають запитам та очікуванням клієнтів.

Саме в таких ситуаціях особливої уваги набуває використання сучасних ІТ (інформаційних технологій) та ІС (інформаційних систем), які дозволяють автоматизувати бізнес-процеси, централізовано обробляти дані, забезпечити контроль та оперативне реагування на проблеми [8].

Використання сучасних ІТ-рішень дає змогу забезпечити контроль діяльності закладів ресторанного бізнесу та їх мереж, стандартизувати процеси, оптимізувати витрати на основі ефективного аналізу інформації про виконання бізнес-процесів, підвищити якість обслуговування та, як наслідок, посилити конкурентні позиції на ринку [9].

Основними напрямками ефективного впровадження ІТ-рішень у ресторанний бізнес є:

- автоматизація процесів обслуговування клієнтів (оформлення замовлень, оплата, зворотній зв'язок);
- аналіз бізнес-процесів на основі збору даних про продажі, поведінку клієнтів;
- аналіз ефективності маркетингових заходів;
- управління постачанням і запасами (складський облік, прогнозування потреб);
- управління персоналом (навчання, адаптація та планування змін, контроль ефективності діяльності);
- підвищення рівня безпеки (захист фінансової інформації та даних клієнтів);
- розширення каналів збуту продукції та послуг (використання онлайн-замовлень, мобільних застосунків).

Забезпечення інтеграції даних бізнесу та оптимізацію внутрішніх бізнес-процесів ресторану можуть виконувати такі класи інформаційних систем (ІС):

– POS-системи (Point of Sale), які є системами для обробки замовлень, реєстрації оплат, обліку продажів та які підвищують швидкість обслуговування та мінімізують людські помилки [10];

– CRM-системи (Customer Relationship Management), які є системами управління відносинами з клієнтами та використовуються для ведення бази даних клієнтів (відвідувачів), впровадження програм лояльності, персоналізації бізнес-пропозицій [11];

– HRM-системи (Human Resource Management), які реалізують ІТ-рішення для підбору, обліку, навчання персоналу та оптимізації розкладу змін [12];

– ERP-системи (Enterprise Resource Planning), які є комплексними системами для управління закупівлями, фінансами, логістикою, бухгалтерією та людськими ресурсами [13];

– WMS-системи (Warehouse Management System), які використовуються для ефективного управління товарними запасами, постачанням та для оптимізації складських операцій [14];

– BI-системи (Business Intelligence), які є аналітичними інструментами для збору, обробки й аналізу даних щодо продажів, рентабельності страв, ефективності персоналу тощо [15].

Ефективність ресторанного бізнесу з використанням різних типів ІС забезпечується на сьогодні впровадженням таких сучасних ІТ як:

– хмарні технології (Cloud Computing), які забезпечують доступ до даних у режимі реального часу, дозволяють управляти мережею ресторанів з будь-якої точки світу, скорочують витрати на інфраструктуру [16];

– штучний інтелект (Artificial Intelligence), який використовується для персоналізації замовлень, прогнозування попиту, автоматизації планування змін персоналу, виявлення відхилень у бізнес-процесах [17];

– інтернет речей (Internet of Things, IoT), який застосовується для інтеграції обладнання, для автоматичного моніторингу температури (та інших параметрів) на кухні, контролю стану запасів, обліку енергоспоживання [17];

– мобільні технології, які застосовуються для прийому замовлень, для організації доставки продукції, для бронювання столиків і отримання зворотного зв'язку від клієнтів [17];

– технології аналітики даних (Data Analytics), які забезпечують збір і аналіз великих обсягів даних для виявлення трендів, оцінки ефективності реклами, оптимізації меню тощо [17];

– віртуальна та доповнена реальність (VR/AR), яка використовується для створення унікального клієнтського досвіду (наприклад, віртуальні тури по закладу, інтерактивні меню тощо) [17];

– кібербезпека (Cybersecurity), тобто системи шифрування даних, системи багатофакторної аутентифікації та захисту від кібератак для забезпечення цілісності фінансової інформації й даних клієнтів [18].

Автоматизація процесів у ресторанному бізнесі, використання сучасних ІТ та ІС дозволяє досягти таких результатів:

- скорочення часу обслуговування замовлень;
- зниження витрат на утримання персоналу завдяки оптимізації графіків роботи;
- покращення управлінських рішень за рахунок використання аналітики даних;
- підвищення точності обліку запасів і запобігання втратам;
- підвищення рівня задоволеності клієнтів та їхньої лояльності.

У перспективі розвиток ІТ-рішень у ресторанному бізнесі буде орієнтований на глибшу інтеграцію штучного інтелекту, автоматизацію логістичних процесів, прогностну аналітику поведінки споживачів та широке застосування мобільних платформ для управління всіма аспектами діяльності закладів ресторанного господарства. Таким чином, стратегія використання ІС

та ІТ стає основою для забезпечення стійкого розвитку ресторанного бізнесу в умовах постійної зміни ринкових вимог.

1.2 Проблеми та обмеження при впровадженні ІТ-послуг у ресторанний бізнес

Впровадження ІС у ресторанний бізнес, незважаючи на свої потенційні переваги, стикається з низкою проблем та обмежень. Ці труднощі можуть значно вплинути на ефективність інтеграції та довгострокову результативність інвестицій. Однією з основних проблем є фінансові витрати, проте варто також врахувати людські та ресурсні обмеження, а також технічні складнощі, що виникають під час інтеграції нових технологій у бізнес-процеси ресторану.

Одним з головних викликів при впровадженні ІС є фінансові ресурси. Витрати на закупівлю та налаштування програмного забезпечення можуть бути значними. Зокрема, це стосується витрат на придбання обладнання, встановлення та налаштування систем, навчання персоналу, а також подальшу підтримку та оновлення інформаційних технологій. Вартість таких проєктів часто перевищує початкові очікування бізнесменів, що може призвести до необхідності залучення додаткових фінансових ресурсів або відкладання впровадження. Ресторани з обмеженим бюджетом часто стикаються з проблемою недостатньої здатності покрити ці витрати, що затримує чи ускладнює цифровізацію.

Людські ресурси також становлять важливий фактор. Впровадження ІС вимагає висококваліфікованих фахівців для налаштування, адаптації та підтримки нових технологій. Проте ресторанний бізнес часто не має в своєму складі таких спеціалістів, що змушує залучати сторонніх консультантів чи ІТ-компанії для налаштування й підтримки. Крім того, необхідно навчати

персонал для ефективного використання нових систем. Це потребує часу та додаткових витрат, оскільки більшість працівників не мають достатнього досвіду для роботи з новими інформаційними технологіями.

До технічних обмежень відносяться труднощі інтеграції нових інформаційних систем у вже існуючу інфраструктуру ресторану. Встановлення нових систем може вимагати модернізації старого обладнання, яке може бути несумісним з новими технологіями. Також існує ймовірність виникнення тимчасових збоїв або простої в роботі на етапі впровадження, що може негативно позначитися на бізнес-процесах і результатах діяльності ресторану в короткостроковій перспективі.

Окрім фінансових і технічних обмежень важливо врахувати й організаційні проблеми. У багатьох ресторанах внутрішні бізнес-процеси є складними й не завжди легко адаптуються до нових технологій. Наприклад, автоматизація обліку замовлень або системи управління персоналом можуть вимагати значних змін в організації роботи ресторану, зокрема у взаємодії між відділами та структурі управління. Погана координація в процесі впровадження може призвести до неузгодженості дій, що впливає на загальну ефективність роботи.

Найбільше ускладнює ситуацію управління витратами. Враховуючи велику кількість необхідних інвестицій на різних етапах впровадження, важливо ретельно планувати бюджет та контролювати витрати. Невірно оцінені фінансові ресурси можуть призвести до перевищення витрат або недостатнього покриття необхідних коштів для подальшої підтримки та оновлення інформаційних систем, що в свою чергу загрожує неефективністю проекту.

Основні проблеми та обмеження при впровадженні ІС у ресторанний бізнес можна узагальнити такими напрямками:

– обмеженість фінансових ресурсів (витрати на закупівлю та налаштування ІС, підтримку і навчання персоналу);

- людські ресурси (недостатня кваліфікація внутрішнього персоналу, необхідність залучення сторонніх спеціалістів);
- технічні обмеження (інтеграція нових ІС у вже існуюче обладнання і структуру ресторану);
- організаційні проблеми (адаптація внутрішніх процесів до нових ІТ);
- управління витратами (планування і контроль витрат на впровадження та постійну підтримку систем).

Таким чином, успішне впровадження ІС у ресторанний бізнес потребує не лише фінансових та технічних ресурсів, а й вміння ефективно управляти витратами, правильно планувати витрати та забезпечити навчання персоналу для забезпечення належного функціонування нових ІС.

1.3 Огляд проблем при оцінюванні вартості проєктів впровадження ІТ-послуг

Оцінка вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг є складним процесом, який вимагає врахування численних факторів. Витрати на розробку, інтеграцію та підтримку CRM залежать від масштабу проєкту, функціональних можливостей системи, технічних вимог і специфіки бізнес-процесів компанії-замовника. Рівень обґрунтованості оцінки має важливе значення, оскільки неналежно проведені розрахунки можуть спричинити перевищення бюджету, затримки у виконанні робіт та, як наслідок, поставити під загрозу успішність усього проєкту.

Оцінка вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг відбувається на різних етапах життєвого циклу проєкту, і на кожному з них використовуються різні підходи до визначення вартості ІТ-проєкту:

- на етапі ініціації здійснюється попередня оцінка вартості проєкту на основі обмежених даних, таких як аналогії з подібними проєктами або

експертні припущення, що дозволяє сформувавши приблизний бюджет із високим рівнем невизначеності;

– на етапі планування використовуються більш деталізовані методи оцінки, які враховують трудовитрати, вартість ліцензій, апаратного забезпечення, інфраструктури, а також можливі ризики й резерви, що допомагає розробити детальний бюджет із різними сценаріями;

– на етапі проектування оцінка вартості базується на конкретних технічних рішеннях, архітектурі системи, вимогах до безпеки та масштабуванню, що дозволяє деталізувати витрати за складовими проекту;

– на етапі реалізації проводиться контроль і коригування вартості відповідно до фактичних витрат, які можуть змінюватися через технічні зміни, додаткові роботи або непередбачені складнощі;

– на етапі впровадження та підтримки оцінюються витрати на експлуатацію, технічну підтримку, навчання користувачів і оновлення системи для забезпечення довгострокової ефективності впроваджених ІТ-послуг.

На кожному з цих етапів можуть виникати труднощі, які впливають на точність оцінки витрат.

Основними проблемами при оцінюванні вартості ІТ-проекту впровадження ІТ-послуг є:

- висока невизначеність їх етапів;
- зміна вимог у процесі розробки;
- проблеми з оцінкою трудовитрат;
- вплив обраної моделі ліцензування та вартості супутніх послуг;
- складнощі інтеграції з наявними бізнес-процесами та системами;
- ризики прихованих витрат.

На етапі ініціації при реалізації ІТ-послуг зазвичай спостерігається висока невизначеність, оскільки замовники часто не можуть чітко сформулювати свої вимоги.

Відсутність детальних технічних специфікацій ускладнює оцінку обсягу робіт, що призводить до значних розбіжностей між попередніми оцінками та фактичними витратами.

Ця ситуація зумовлена недосконалістю початкових даних та труднощами в прогнозуванні потреб на подальших етапах проєкту.

Змінюваність вимог під час реалізації ІТ-послуг є ще однією проблемою, яка ускладнює процес бюджетування (рис. 1.1).

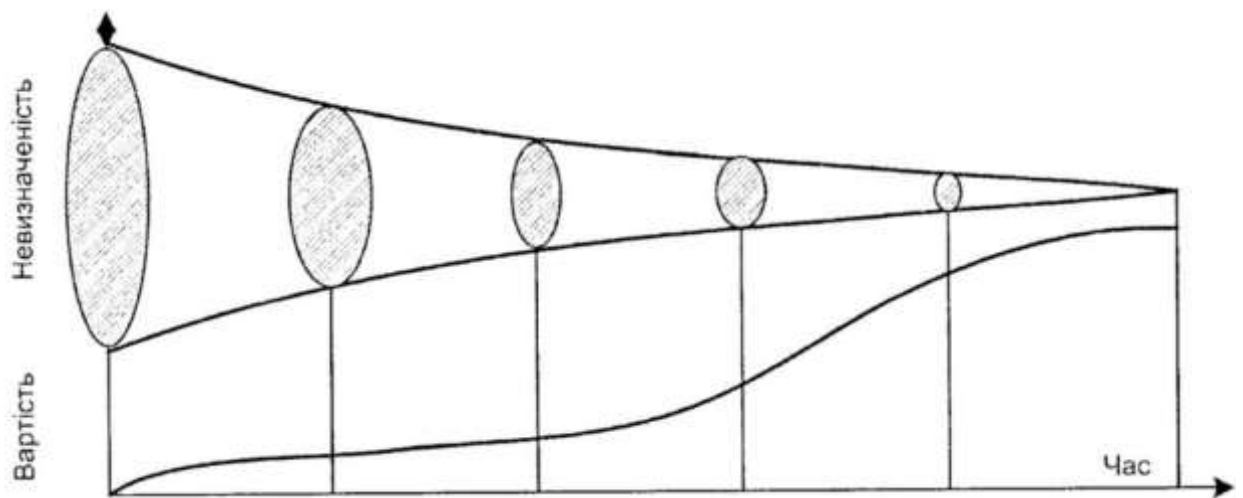


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни вартості ІТ-проєкту та невизначеності

Виникнення нових вимог, таких як необхідність інтеграції з іншими системами або розширення функціоналу, може суттєво змінити вартість проєкту. Кожне коригування вимог вимагає додаткових ресурсів і часу, що непередбачувано впливає на кінцеву вартість.

Оцінка трудовитрат також є важким завданням, оскільки вона залежить від численних факторів. Складність архітектури системи, досвід розробників, аналітиків та тестувальників, а також наявність готових модулів можуть значною мірою вплинути на кількість годин, необхідних для виконання робіт. Тому точне визначення трудовитрат стає важким, особливо на етапі ініціації.

Вартість ІТ-послуг також може змінюватися залежно від обраної моделі ліцензування та вартості супутніх послуг. Якщо використовується

готове рішення, таке як Salesforce чи Microsoft Dynamics, витрати на розробку можуть бути нижчими, але це не завжди відповідає специфічним потребам компанії. Розробка власної системи з нуля, у свою чергу, вимагає значних інвестицій. Додаткові витрати можуть бути пов'язані з хмарною чи локальною інфраструктурою, навчанням персоналу, підтримкою та оновленням системи.

Інтеграція нової IT-послуг з існуючими бізнес-процесами та ІС також є складним завданням. Проблеми, що виникають на етапі інтеграції, потребують додаткових зусиль, програмування та налагодження взаємодії систем, що в свою чергу збільшує витрати та ускладнює процес реалізації проєкту.

Крім основних витрат на розробку та впровадження системи, існують також приховані витрати, які можуть бути не враховані на етапі початкової оцінки. Це можуть бути витрати на навчання персоналу, технічну підтримку, оновлення системи та вирішення непередбачених проблем після запуску. Неврахування цих витрат може призвести до значного перевищення бюджету.

Враховуючи всі ці фактори, оцінка вартості впровадження IT-послуг стає складним завданням, яке залежить від багатьох змінних.

Невизначеність їх етапів, зміна вимог, складнощі інтеграції та приховані витрати можуть ускладнити процес планування і реалізації. Для мінімізації цих ризиків необхідно використовувати комплексний підхід до оцінки витрат, що дозволяє врахувати різні сценарії розвитку проєкту.

1.4 Порівняння існуючих методів оцінювання вартості впровадження IT-послуг у ресторанний бізнес

Впровадження IT-послуг у ресторанний бізнес передбачає значний обсяг робіт, що включає аналіз поточних бізнес-процесів, налаштування

системи, інтеграцію з наявною інфраструктурою, навчання персоналу та подальшу підтримку.

Одним із базових методів оцінки є експертне оцінювання, яке ґрунтується на досвіді фахівців із впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес. У цьому методі вартість визначається на основі колективної думки експертів, які аналізують особливості конкретного ресторану, його поточну ІТ-інфраструктуру та очікуваний рівень автоматизації. Експертна оцінка може враховувати такі параметри, як кількість ресторанів у мережі, обсяг даних для міграції, необхідність кастомізації системи, витрати на навчання персоналу та рівень інтеграції з наявними POS-системами та ERP-рішеннями [19]. Формально експертна оцінка може бути подана як середньозважене значення оцінок окремих експертів, як показано у формулі:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot E_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

де C – прогнозована вартість впровадження ІТ-послуг;

E_i – оцінка i -го експерта;

w_i – вага i -го експерта, що визначає його компетентність;

n – загальна кількість експертів.

Основним недоліком цього методу є суб'єктивність оцінок та обмеженість даних, що можуть бути використані для порівняння.

Іншим методом є метод оцінки вартості за аналогією, яка базується на аналізі впровадження ІТ-послуг у подібних ресторанах або мережах. Для цього порівнюють характеристики впровадження в інших закладах із поточним проектом і застосовують коригувальні коефіцієнти.

Вартість визначається за формулою:

$$C = C_{\text{аналог}} \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^m k_i \cdot \Delta P_i \right),$$

де $C_{\text{аналог}}$ – вартість впровадження для аналогічного ресторану;

k_i – коефіцієнт впливу конкретного параметра P_i ;

ΔP_i – різниця між аналогічним і поточним проектом за параметром P_i .

Метод оцінки вартості за аналогією є швидким, але його точність залежить від доступності якісних аналогічних проектів.

Лінійна регресія дозволяє створити модель залежності вартості впровадження ІТ-послуг від ключових факторів [20].

У даному випадку такими факторами можуть бути кількість ресторанів у мережі, рівень кастомізації системи, кількість інтеграцій із зовнішніми системами, вартість навчання персоналу та витрати на технічну підтримку. Основне рівняння лінійної регресії має вигляд, як представлено у формулі:

$$C = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon,$$

де C – вартість впровадження ІТ-послуг;

X_1, X_2, \dots, X_n – фактори, що визначають вартість;

ε – випадкова похибка;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – коефіцієнти, які визначають вплив кожного з факторів.

Метод лінійної регресії дає змогу отримати швидку оцінку вартості впровадження, проте його точність залежить від якості початкових даних.

Метод функціональних точок є формалізованою методикою, розробленою для об'єктивного вимірювання функціонального обсягу ІС з урахуванням її зовнішньої поведінки, незалежно від реалізації, архітектурної специфікації або технічної платформи. Основу методу становить припущення, що функціональність програмного продукту безпосередньо корелює з витратами на його розробку, налаштування та впровадження, що уможливорює трансформацію оцінки функціональних характеристик у вартісні показники.

У контексті IT-проєкту, що передбачають впровадження IT-послуг із частково сформованим переліком вимог, метод функціональних точок дозволяє здійснювати первинну оцінку на базі функціонального охоплення системи, що обслуговує користувача.

Ключовими функціональними компонентами є:

- зовнішні вхідні дані (External Inputs, EI), тобто транзакції введення, які передають дані або команди ззовні до системи;
- зовнішні вихідні дані (External Outputs, EO), тобто інформація, яка генерується системою і передається назовні;
- внутрішні логічні файли (Internal Logical Files, ILF), тобто структуровані набори даних, які зберігаються і підтримуються системою;
- запити (External Inquiries, EQ), тобто запити на читання даних без складної обробки;
- зовнішні інтерфейсні файли (External Interface Files, EIF), тобто файли, що зберігаються за межами системи, але використовуються нею.

Кожен з елементів класифікується відповідно до ступеня складності (низький, середній, високий), який визначається за кількістю логічних полів і типів даних. Кожна комбінація «тип–складність» має відповідну зважену оцінку в умовних функціональних точках.

Після підсумовування ваг усіх функціональних компонентів формується нормалізована функціональна оцінка. Цей показник за потреби може бути модифікований коригувальним коефіцієнтом на основі технічних і організаційних характеристик (наприклад, безпека, рівень повторного використання, ефективність роботи, тощо), який визначається за шкалою від 0 до 5 для кожного з 14 стандартних факторів. Застосування цього коефіцієнта дозволяє отримати скориговану кількість функціональних точок.

Остаточна оцінка вартості отримується через множення кількості функціональних точок на нормативну вартість одиниці функціональності (яка є емпірично встановленою величиною для конкретного ринку чи галузі), як представлено у формулі:

$$C = FP_{adj} \cdot K,$$

де C – остаточна оцінка вартості впровадження системи;

FP_{adj} – скоригована кількість функціональних точок;

K – нормативна вартість одиниці функціональності (вартісний коефіцієнт), яка визначається емпірично для конкретного ринку або галузі.

Метод дозволяє порівнювати проєкти незалежно від технічної реалізації, забезпечує можливість нормалізації даних з урахуванням нефункціональних вимог, однак вимагає кваліфікованого оцінювання вхідних параметрів і обмежено придатний на етапах, коли доступна лише загальна інформація про майбутні сервіси.

Метод оцінювання і перегляду плану (PERT) виник як відповідь на потребу в оцінюванні часових та вартісних параметрів великих проєктів з високим рівнем невизначеності. У контексті оцінки вартості IT-проєктів, особливо з невизначеною кількістю детермінант вартості, метод PERT надає можливість апроксимації за допомогою трикутної або бета-розподіленої оцінки витрат.

Метод базується на введенні трьох оцінок вартості:

– оптимістичної оцінки (C_O), тобто найменш можлива вартість реалізації завдання за умов відсутності значних ризиків;

– найбільш вірогідної оцінки (C_M), тобто найбільш ймовірна оцінка вартості на основі емпіричних або експертних припущень;

– песимістичної (C_P), тобто максимально можливі витрати за умов реалізації негативного сценарію.

На основі цих трьох значень оцінок обчислюється очікуване значення вартості проєкту за формулою:

$$C = \frac{C_O + 4 \cdot C_M + C_P}{6}.$$

Значна вага надається оцінці C_M , оскільки вона представляє найбільш вірогідний сценарій. При цьому включення крайніх значень C_O та C_P дозволяє моделювати можливу варіативність витрат, що є особливо цінним у проєктах із високою невизначеністю початкових умов.

Таким чином, PERT забезпечує основу не лише для детермінованої оцінки витрат, але й для аналізу ризику, дозволяючи моделювати імовірнісні сценарії вартості впровадження ІТ-послуг. З огляду на це, метод є ефективним у ранніх фазах життєвого циклу проєкту, коли деталізовані вхідні дані ще недоступні, однак потрібна формалізована оцінка потенційного бюджету з урахуванням рівня невизначеності.

Метод COSOMO є емпіричною моделлю, що дозволяє оцінити обсяг трудовитрат (Effort) і вартість розробки програмного забезпечення на основі прогнозованого розміру проєкту у рядках коду (KLOC) або функціональних точках. Модель базується на визначенні залежності між обсягом роботи, що вимірюється у людино-місяцях, та кількістю коду, а також низкою множників, які враховують особливості проєкту, команди, середовища.

Загальна формула базової версії COSOMO виглядає як показано у формулі:

$$\text{Effort} = \alpha \cdot \text{Size}^b \cdot \prod EM_i,$$

де a, b – емпірично визначені константи, що залежать від типу проєкту;

Effort – трудомісткість проєкту;

Size – оцінка розміру проєкту;

EM_i – множина зусиль, що враховують різні чинники (кваліфікація команди, складність продукту, технології тощо).

На основі цієї формули можна розрахувати очікувані трудовитрати і, відповідно, приблизну вартість проєкту.

На відміну від базової моделі, COCOMO II (Constructive Cost Model II) була розроблена з метою усунення обмежень класичної версії та пристосування до сучасних умов розробки програмного забезпечення. Вона враховує особливості об'єктно-орієнтованого програмування, повторного використання компонентів, частих змін вимог і використання сучасних засобів автоматизації.

COCOMO II складається з кількох рівнів, що дозволяють здійснювати оцінку трудовитрат на різних етапах життєвого циклу проєкту. На ранніх стадіях застосовується так звана Early Design Model, яка базується на обмеженій кількості ключових параметрів, зокрема загальних характеристиках архітектури, складності продукту та обчислювальних ресурсах. На пізніших етапах, коли стає доступною більш детальна інформація про систему, використовується Post-Architecture Model. Вона враховує широкий спектр параметрів, що охоплюють характеристики продукту, платформи, персоналу та організаційні аспекти розробки.

Основна формула COCOMO II у моделі Post-Architecture дозволяє розраховувати зусилля як добуток базового коефіцієнта, степеневі функції розміру проєкту та сукупності множників зусиль, які враховують специфіку конкретного випадку. Ці множники охоплюють технічні, організаційні та кадрові чинники й дозволяють зробити оцінку більш адаптивною до реальних умов розробки.

Попри свою гнучкість і здатність пристосовуватись до різних сценаріїв, COCOMO II, як і його попередник, стикається з труднощами на етапі ініціації ІТ-проєкту. У цей період часто відсутні хоча б орієнтовні дані щодо архітектури майбутньої системи, її розміру, складності, потенціалу для повторного використання компонентів тощо.

У результаті, модель змушена покладатися на суб'єктивні експертні припущення, що знижує точність прогнозів і створює ризики суттєвого відхилення реальних витрат від запланованих.

Дані методи оцінки вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес, хоча й мають свої переваги, є суттєво обмеженими з огляду на специфіку та умови реалізації таких проєктів.

По-перше, на початкових етапах ініціації проєкту обсяг достовірної кількісної інформації є вкрай обмеженим, що ускладнює застосування методів, які базуються на великих масивах даних, таких як кореляційно-регресійний аналіз чи метод функціональних точок. По-друге, значна частина методів (наприклад, експертне оцінювання, метод PERT) суттєво залежить від суб'єктивних суджень експертів, що знижує об'єктивність і повторюваність оцінок, особливо при відсутності стандартизованих процедур.

По-третє, метод аналогій вимагає наявності релевантних прецедентів і схожих проєктів, яких часто немає унікальних для ІТ-послуг у ресторанній сфері, що обмежує точність і надійність таких оцінок.

Окремо варто відзначити модель COSOMO та COSOMO II широко застосовується для оцінки вартості розробки програмного забезпечення на основі розміру проєкту.

Однак його застосування на етапі ініціації ІТ-проєкту також ускладнене через відсутність достовірних даних про обсяг коду або функціональні точки, а також недостатню визначеність ключових параметрів, необхідних для розрахунку.

Це призводить до високої невизначеності та значних похибок у оцінках, що знижує точність і надійність результатів.

Таким чином, кожен з розглянутих методів має власні методологічні та практичні обмеження, що ускладнює отримання точних і надійних оцінок вартості ІТ-проєктів на етапі їх ініціації.

Це вимагає комбінованого або адаптивного підходу з урахуванням контексту проєкту та наявних даних.

Таблиця порівняння розглянутих методів розрахунку вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес показано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Опис розглянутих методів оцінки вартості ІТ-проекту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес

Метод	Переваги	Недоліки
Експертне оцінювання	Швидкість отримання результату, адаптивність до індивідуальних особливостей	Суб'єктивність, залежність від досвіду експертів, відсутність математичної моделі
Метод аналогій	Швидкість оцінки, використання реальних кейсів	Обмежена точність, залежність від наявності аналогічних проектів
Метод функціональних точок	Висока точність, адаптивність, здатність працювати з різнорідними даними	Потребує налаштування, що може бути трудомістким, але компенсується високою точністю та автоматизацією
Метод PERT	Врахування невизначеності, застосування імовірнісного підходу, придатність для ранніх етапів	Потребує експертних оцінок трьох сценаріїв, чутливість до крайніх значень, не забезпечує детальної деталізації
Модель СОСОМО	Емпірична основа, врахування різних типів проєктів, можливість автоматизації розрахунків	Залежність від точності вхідних даних (обсяг коду), низька точність на етапі ініціації, потребує налаштування під контекст
Модель СОСОМО II	Адаптована до сучасних умов (об'єктно-орієнтованість, повторне використання коду), підтримує оцінку на різних стадіях, гнучкість, розширений набір параметрів	Висока складність, залежність від великої кількості налаштувань і коефіцієнтів, потребує ретельного калібрування, зниження точності за відсутності даних на ранніх етапах
Кореляційно-регресійний аналіз	Формальна математична модель, оцінка впливу кількісних факторів	Потребує великого обсягу достовірних даних, чутливість до мультиколінеарності та неправильного вибору змінних

1.5 Постановка задачі дослідження

Аналіз сучасних методів оцінювання вартості проєктів впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес показав, що більшість існуючих підходів не враховують специфіку таких рішень, зокрема складність інтеграції з іншими системами, динамічність змін вимог, можливі ризики та відсутність історичних даних аналогічних ІТ-проєктів на етапі ініціації. Існуючі методи здебільшого орієнтовані на загальні підходи до оцінки вартості, що може

призводити до значних розбіжностей між початковими прогнозами та фактичними витратами.

У контексті етапу ініціації проєкту оцінювання вартості є важливим для визначення обґрунтованих фінансових ресурсів, які необхідні для його успішної реалізації. З математичної точки зору задача оцінювання вартості таких проєктів є складною задачею прогнозування, яку можна вирішити за допомогою методів нечіткої логіки та генетичного алгоритму. Нечітка логіка дозволяє врахувати невизначеність та нечіткість, що властиві етапу ініціації, коли інформація може бути неповною або має різний рівень достовірності. Генетичний алгоритм допомагає оптимізувати параметри оцінки, що забезпечує адаптацію до змінних умов проєкту на цьому етапі.

Процес оцінювання вартості на етапі ініціації є складним, оскільки необхідно врахувати багато змінних, пов'язаних з технічними, комерційними та організаційними аспектами. Особливістю таких проєктів є необхідність урахування специфіки бізнес-процесів ресторанного бізнесу. Нечітка логіка дозволяє моделювати ці процеси, враховуючи варіативність і суб'єктивні оцінки, що є характерними саме для стадії ініціації.

Аналіз існуючих методів оцінювання вартості на етапі ініціації показав, що поєднання методів нечіткої логіки та генетичного алгоритму дозволяє підвищити точність прогнозування та забезпечити гнучкість оцінки на основі наявних даних. Нечітка логіка надає можливість ефективно працювати з неповними або нечіткими даними, а генетичні алгоритми оптимізують процес оцінки, що робить такий підхід доцільним для застосування на етапі ініціації проєкту.

Об'єктом дослідження є процес вартісного оцінювання впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес на стадії ініціації ІТ-проєкту.

Предметом дослідження є моделі та методи оцінювання вартості, що базуються на поєднанні апарату нечіткої логіки та генетичного алгоритму.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка комбінованого методу вартісного оцінювання пропозицій з впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес, який підвищить точності вартісного прогнозування.

Для досягнення поставленої мети в дослідженні визначено наступні завдання:

- аналіз існуючих методів і моделей оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг на етапі ініціації;

- розробка комбінованого методу оцінювання вартості, що інтегрує нечітку логіку та генетичний алгоритм;

- проведення аналізу особливостей практичної реалізація запропонованого методу на прикладі ІТ-проєкту впровадження CRM-систем у ресторанний бізнес на етапі ініціації;

- експериментальна перевірка ефективності розробленого методу оцінювання вартості на етапі ініціації.

Таким чином, успішне впровадження ІС у ресторанний бізнес потребує не лише фінансових, технічних та людських ресурсів, а й вміння ефективно управляти витратами на попередніх етапах функціонування ІТ-проєктів.

2 РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ПРОЄКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ПОСЛУГ У РЕСТОРАННИЙ БІЗНЕС

2.1 Опис комбінованого методу вартісного оцінювання пропозицій з впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес

ІТ-послуги для ресторанного бізнесу можуть включати системи автоматизації замовлень, управління запасами, інтеграцію з платіжними системами, системи для роботи з клієнтами тощо. На етапі ініціації ІТ-проєкту важливо оцінити вартість впровадження цих послуг. Проте, особливо на етапі ініціації, часто не вистачає історичних даних для прогнозування вартості ІТ-проєкту.

У такому випадку, комбінований метод, який поєднує генетичні алгоритми (ГА) та нечітку логіку, стане ефективним інструментом для оцінювання вартості ІТ-послуг у ресторанний бізнес. Цей підхід дозволяє працювати з нестачею даних, використовуючи здатність генетичних алгоритмів до оптимізації та нечіткої логіки для оцінки якісних характеристик, які важко кількісно виміряти.

Генетичні алгоритми є потужним інструментом для оптимізації вартості проєкту, навіть за відсутності великих обсягів історичних даних [21]. В умовах нестачі інформації ГА працюють за допомогою еволюційних процесів, зокрема:

- ініціалізації популяції;
- фітнес-функція;
- еволюційні оператори.

Популяція складається з набору визначених нечітких правил, які визначають загальний рівень вартості ІТ-проєкту, включаючи параметри вартості навчання персоналу, інфраструктури, готової системи, параметрів кібербезпеки та вартості ризиків.

Для кожного варіанту оцінюється «якість» (фітнес) залежно від визначених критеріїв.

Селекція, схрещування та мутація дозволяють поступово вдосконалювати варіанти, що з часом наближаються до оптимальних рішень, навіть якщо на початку є лише обмежена кількість даних.

Наявність генетичних алгоритмів дозволяє адаптувати стратегії на основі результатів кожної ітерації, зменшуючи невизначеність, навіть коли кількість історичних даних обмежена [21].

Нечітка логіка дозволяє оцінювати вартість ІТ-проєкту, де є невизначеність і недостовірні дані, або коли точно виміряти характеристики складно.

Не можна досить точно передбачити, наскільки безперервно відбудеться інтеграція ІТ-рішень, без великих обсягів даних про попередні проєкти. Однак, за допомогою нечіткої логіки, можна створити правила, які оцінюють, наприклад, як складно буде впровадити ІТ-послуги в існуючі процеси ресторану (наприклад, «легко», «середньо», «складно»).

За відсутності історії попередніх впроваджень, нечітка логіка може визначати, наскільки ризикованим є впровадження нових ІТ-послуг на основі суб'єктивних оцінок (наприклад, «низький», «середній», «високий»).

Потрібно враховувати якісні аспекти, як рівень задоволення клієнтів, навіть якщо це не можна виміряти через конкретні дані. Нечітка логіка дозволяє створювати припущення на основі наявних відомостей про аналогічні ситуації.

Враховуючи, що у ресторанному бізнесі може не вистачати історичних даних для точної оцінки вартості ІТ-проєкту, поєднання генетичних алгоритмів та нечіткої логіки створює потужну систему, здатну оцінювати проєкт навіть за умов високої невизначеності:

– елементи нечіткої логіки дозволяють оцінити якісні аспекти, такі як інтеграція з бізнес-процесами, вплив на клієнтський досвід, рівень ризику, навіть за умов обмеженої інформації;

– генетичні алгоритми оптимізують кількісні параметри проєкту, такі як вибір технологій, конфігурація ІТ-інфраструктури, витрати на розробку.

Перевагами комбінованого методу в умовах нестачі історичних даних ІТ-проєктів для ресторанного бізнесу може бути:

– здатність до адаптації (комбінований метод дозволяє працювати з мінімумом даних, застосовуючи еволюційний пошук оптимальних варіантів навіть за відсутності історії);

– врахування неповних та нечітких даних (нечітка логіка дозволяє враховувати фактори, які неможливо точно виміряти через відсутність даних);

– оптимізація вартості (генетичний алгоритм дозволяє знаходити оптимальні стратегії за допомогою ітерацій, поступово покращуючи оцінки вартості);

– зменшення ризиків (метод дозволяє ідентифікувати та мінімізувати ризики впровадження ІТ-послуг без необхідності мати великі обсяги історичних даних).

Комбінований метод у вигляді об'єднання генетичного алгоритму та нечіткої логіки є особливо корисним для оцінки вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес, коли доступ до історичних даних обмежений. Цей метод дає змогу оптимізувати варіанти впровадження навіть при значній невизначеності, враховуючи як кількісні, так і якісні фактори, що є важливими для ресторанного бізнесу. Такий підхід сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на етапі ініціації проєкту.

2.2 Збір та підготовка даних для оцінювання вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес

Процес збору та підготовки даних для оцінювання вартості ІТ-проєкту у сфері ресторанного бізнесу має ключове значення, особливо в умовах

обмеженого доступу до формалізованих історичних даних. У зв'язку з цим використовується комбінований метод, що інтегрує механізми генетичних алгоритмів із методами нечіткої логіки, що дозволяє ефективно працювати з неповною, нечіткою та лінгвістично описаною інформацією. Основними джерелами даних для побудови моделі виступають:

- експертні оцінки;
- результати попередніх впроваджень схожих ІТ-рішень;
- дані з відкритих джерел про вартість цифрових послуг у сфері ресторанного бізнесу;
- внутрішні документи проєктів ресторанного бізнесу.

Формування вхідного простору даних передбачає урахування як кількісних, так і якісних характеристик. Кількісні дані, як правило, включають інформацію про обсяг витрат на апаратне забезпечення, вартість програмного забезпечення та ліцензій, кількість підсистем або модулів, що впроваджуються, передбачувану тривалість проєкту, кількість працівників, які підлягають навчанню, а також розрахунки очікуваної економії ресурсів після реалізації ІТ-рішення [22]. Ці показники є числовими і можуть бути безпосередньо використані в процесах еволюційної оптимізації після відповідного нормування або масштабування. Якісні дані, у свою чергу, характеризуються лінгвістичною природою і включають оцінки таких параметрів, як рівень інтеграції ІТ-рішення в наявну бізнес-інфраструктуру, складність навчання персоналу, ступінь ризику, технічна складність проєкту та очікуваний вплив на клієнтський досвід. Оскільки ці характеристики не можуть бути використані у вигляді чітких числових значень, вони підлягають формалізації за допомогою методів нечіткої логіки.

Процес нормалізації кількісних даних здійснюється з метою приведення їх до єдиного масштабу, що дозволяє забезпечити порівнюваність і зручність обчислень. Залежно від особливостей вихідного розподілу, можуть застосовуватись методи мін-макс нормалізації, Z-перетворення або логарифмічного масштабування, що забезпечує зменшення

впливу викидів та великої дисперсії [23]. Якісні характеристики, навпаки, кодуються через побудову нечітких множин з відповідними функціями належності, які можуть мати трикутну, трапецієподібну або гаусову форму залежно від бажаної чутливості моделі. Наприклад, змінна «рівень інтеграції» може приймати значення у вигляді лінгвістичних термів «низький», «середній», «високий», кожне з яких описується функцією належності в межах допустимого діапазону значень цієї змінної.

Подальшим етапом підготовки даних є формування бази знань для підсистеми нечіткого логічного виведення. Ця база складається з продукційних правил типу «якщо-то», які описують взаємозв'язки між лінгвістичними змінними. Наприклад, може бути сформульовано правило: якщо рівень ризику високий і складність навчання персоналу значна, тоді очікувана вартість зростає. Такі правила формуються на основі експертного аналізу, практичних кейсів та аналітичних висновків із попередніх реалізацій, адаптованих до умов ресторанного бізнесу. Завдяки їм забезпечується гнучке логічне виведення на основі нечітких значень, що дозволяє оцінити ймовірний вплив невизначених факторів на загальну вартість проекту.

Формалізовані дані слугують основою для генерації початкової популяції в рамках генетичного алгоритму. Кожна особина (хромосома) в популяції представляє собою можливу конфігурацію проектних рішень, де кожен ген відповідає певному параметру моделі [24]. У випадку числових даних використовуються нормалізовані значення, а для якісних характеристик – числові коди, що відображають ступінь належності до певних нечітких термів. Таким чином, поєднання обох типів даних дозволяє забезпечити змістовну ініціалізацію простору рішень для пошуку оптимальної оцінки вартості проекту.

Отже, збір та підготовка даних у даному дослідженні не обмежуються лише етапом агрегації інформації, а передбачають її семантичне узгодження, стандартизацію та адаптацію до умов роботи з еволюційно-нечіткою моделлю. Це створює передумови для гнучкої, адаптивної і стійкої до

невизначеності оцінки вартості впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес, що, в свою чергу, покращує обґрунтованість управлінських рішень у межах стратегічного планування цифрової трансформації закладу.

2.3 Розробка математичної моделі комбінованого методу для оцінювання вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес

Оцінювання вартості ІТ-проєкту у сфері впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес на етапі ініціації часто здійснюється в умовах повної відсутності історичних даних. У таких ситуаціях класичні аналітичні або статистичні методи є неефективними. Надійною альтернативою стає нечітке експертне моделювання, що дозволяє формалізувати вербальні знання спеціалістів за допомогою лінгвістичних змінних, нечітких правил і логічного виведення.

Кожне правило має структуру імплікації виду: «Якщо ..., то ...», де умови (передумови) формуються на основі нечітких лінгвістичних оцінок вхідних змінних, а висновок – у вигляді нечіткої оцінки цільової змінної, тобто вартості впровадження [25].

У моделі використано вісім ключових лінгвістичних змінних, які представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Лінгвістичні змінні для оцінки ІТ-проєкту вартості впровадження ІТ-послуг

Назва лінгвістичної змінної	Опис
1	2
Вартість готової системи для впровадження	Загальні витрати на придбання та інтеграцію готового програмного продукту
Вартість на розробку та заповнення бази даних	Витрати на створення і наповнення баз даних необхідною інформацією

Кінець таблиці 2.1

1	2
Вартість на розробку та заповнення бази даних	Витрати на створення і наповнення баз даних необхідною інформацією
Вартість можливих ризиків	Оцінка потенційних витрат, пов'язаних з ризиками впровадження системи
Вартість аутсорсингу	Сукупні витрати на залучення зовнішніх фахівців для оцінки доцільності впровадження системи, підготовку технічної документації, аудит, а також оплату послуг спеціалізованої компанії, яка виконує частину робіт у рамках проєкту впровадження
Вартість ліцензій	Вартість отримання прав на використання програмного забезпечення
Вартість інфраструктури	Витрати на апаратне забезпечення, мережеві ресурси та інші технічні засоби
Вартість навчання персоналу	Витрати, пов'язані з підготовкою співробітників для роботи з новою системою
Вартість тестування системи	Витрати на перевірку працездатності, функціональності та безпеки програмного продукту

У даній моделі цільовою змінною є узагальнена оцінка вартості впровадження ІТ-послуг, яка виражається у вигляді числового значення на інтервалі $[0,1]$ після дефазифікації відповідної нечіткої змінної (вартість є або низька, або середня, або висока).

Фазифікація полягає у перетворенні точних числових вхідних значень вартостей складових ІТ-проєкту у відповідні нечіткі множини на основі функцій належності. Зокрема, кількісні оцінки витрат на готову систему, ліцензії, інфраструктуру, навчання персоналу, тестування, розробку бази даних і ризики інтерпретуються у лінгвістичних категоріях, таких як «низька», «середня» або «висока» вартість.

Такий підхід дозволяє інтегрувати суб'єктивні експертні судження та невизначеність у процес оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг.

Дефазифікація є оберненим процесом, у ході якого результат нечітких обчислень, представлений у вигляді вихідної нечіткої множини узагальненої вартості впровадження, трансформується у точне числове значення.

У цьому контексті, на основі нечітких висновків, сформованих за допомогою експертних правил, визначається чітка оцінка сумарної вартості проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес.

Найбільш поширеним підходом є метод центру тяжіння, який дозволяє обчислити зважене середнє значення на основі ступенів належності до кожної лінгвістичної категорії. Це забезпечує обґрунтоване і кількісно виражене рішення для подальшого управління проєктом.

Опис нечітких правил для оцінки вартості проєкту впровадження ІТ-послуг представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Опис нечітких правил, які використовуються для оцінки вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг

Правило	Характеристика
1	2
Якщо вартість готової системи низька, вартість ліцензій низька, вартість інфраструктури низька, вартість навчання персоналу низька, низька, вартість ризиків низька, витрати на аутсорсинг низькі – то вартість впровадження низька	Проста система для малого ресторану з базовими вимогами, мінімальними витратами та обмеженим залученням зовнішніх фахівців
Якщо всі вартісні параметри середні, включаючи витрати на аутсорсинг – то вартість впровадження середня	Типовий проєкт для ресторану середнього масштабу із залученням сторонніх експертів
Якщо всі параметри, включаючи витрати на аутсорсинг, високі – то вартість впровадження висока	Високий рівень автоматизації, складна структура системи та зовнішні аудити потребують значного бюджету
Якщо вартість ліцензій висока, інші параметри середні, витрати на аутсорсинг середні – то вартість впровадження середня	Комерційні рішення зі складними умовами ліцензування підвищують витрати, але в загальному проєкт помірний
Якщо готова система і база даних середні, інші показники низькі, витрати на аутсорсинг середні – то вартість впровадження середня	Помірна складність рішення з необхідністю часткового залучення зовнішніх фахівців
Якщо витрати на аутсорсинг високі, інші параметри середні – то вартість впровадження висока	Значна частина робіт передана зовнішнім фахівцям, що потребує додаткових витрат
Якщо база даних висока, витрати на аутсорсинг середні, інші параметри низькі – то вартість впровадження середня	Об'ємне наповнення бази даних вимагає зовнішньої участі, при цьому інші витрати невеликі
Якщо інфраструктура і тестування системи високі, витрати на аутсорсинг високі, інші параметри середні – то вартість впровадження висока	Технічна складність і необхідність супроводу ззовні значно підвищують загальні витрати

Кінець таблиці 2.2

1	2
Якщо навчання персоналу високе, витрати на аутсорсинг низькі, інші компоненти середні – то вартість впровадження середня	Основні витрати припадають на внутрішні процеси без значного залучення зовнішніх ресурсів
Якщо витрати на аутсорсинг середні, інші параметри низькі – то вартість впровадження середня	Навіть за невисоких прямих витрат, потреба у консультаціях підвищує загальний бюджет
Якщо інфраструктура і тестування системи високі, інші компоненти середні, витрати на аутсорсинг високі – то вартість впровадження висока	Потужне обладнання, масштабне тестування та зовнішній аудит значно збільшують бюджет
Якщо вартість бази даних висока, навчання персоналу середнє, інші параметри низькі, витрати на аутсорсинг середні – то вартість впровадження середня	Ускладнена структура даних і потреба в зовнішньому супроводі збільшують витрати
Якщо вартість тестування системи висока, ризиків середня, інші витрати низькі, витрати на аутсорсинг низькі – то вартість впровадження середня	Висока увага до перевірки системи підвищує вартість навіть при обмеженій складності
Якщо навчання персоналу і ризику високі, інші параметри низькі, витрати на аутсорсинг середні – то вартість впровадження висока	Основна частина бюджету витрачається на підготовку персоналу і управління ризиками

Генетичний алгоритм (ГА) використовується для оптимізації параметрів нечіткої експертної системи, яка моделює вартість проєкту впровадження ІТ-послуг на основі нечітких правил, визначених експертами, у випадку відсутності історичних даних.

Основною метою є налаштування параметрів трапецієвидних функцій приналежності та вагових коефіцієнтів, що забезпечують узгодженість моделі з очікуваннями експертів.

Кожна особина (хромосома) в популяції представляє набір параметрів нечіткої системи, який, зокрема, координує вершини трапецієвидних функцій приналежності.

Кожен кандидатний розв'язок позначається як вектор параметрів, що представлений наступною формулою:

$$z_i = (a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, a_n, b_n, c_n, d_n), \quad (2.1)$$

де z_i – вектор параметрів трапецієвидних функцій приналежності для всіх термін n усіх лінгвістичних змінних;

a_i, b_i, c_i, d_i – параметри трапеції для i -го терму.

Початкова популяція $P^{(0)}$ складається з N векторів-рішень, як показано у формулі:

$$P^{(0)} = \{z_1^{(0)}, z_2^{(0)}, \dots, z_N^{(0)}\}. \quad (2.2)$$

Оцінка пристосованості (fitness) $F(z_i)$ кожного вектора z_i визначається через відхилення моделі від експертних оцінок, як показано у формулі:

$$F(z_i) = \sum_{j=1}^M |y_j^{\text{модель}}(z_i) - y_j^{\text{експ}}| \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

де $y_j^{\text{модель}}(z_i)$ – результат виконання нечітких правил для j -го прикладу;

$y_j^{\text{експ}}$ – відповідна експертна оцінка.

M – кількість сценаріїв.

Імовірність відбору вектора z_i пропорційна зворотному значенню його функції втрат, як показано у формулі:

$$p(z_i) = \frac{1/F(z_i)}{\sum_{k=1}^N 1/F(z_k)}. \quad (2.4)$$

Два обрані вектори z_1 та z_2 комбінуються для створення нового вектора (процес схрещування) за формулою:

$$z_{\text{new}} = \alpha \cdot z_1 + (1 - \alpha) \cdot z_2, \quad \alpha \in [0, 1] \quad (2.5)$$

де α – коефіцієнт схрещування

Наступним кроком відбувається мутація, що є випадковим незначним змінням окремих параметрів у новоствореному рішенні. Вона спрямована на забезпечення різноманітності варіантів пошуку та запобігання застряганню алгоритму в локальних оптимумах, що дозволяє алгоритму досліджувати нові області простору розв'язків і підвищує ефективність пошуку оптимального рішення [26].

Алгоритм завершується при досягненні максимального числа поколінь або при досягненні стабільності за формулою [27]:

$$|F^{(t)} - F^{(t-1)}| < \varepsilon, \quad (2.6)$$

де ε – значення похибки.

Таким чином, у кожному поколінні оптимізуються параметри вектора z , що формують нечітку базу знань, яка відповідає експертним уявленням про вартість ІТ-проекту. Такий підхід дозволяє адаптивно й точно оцінити вартість у слабоформалізованих умовах, коли доступ до емпіричних даних обмежено або відсутній.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ПРОЄКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ПОСЛУГ

3.1 Опис етапів практичної реалізації комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг

Практична реалізація комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес відбувається через послідовність етапів, що охоплюють як побудову нечіткої логічної системи, так і оптимізацію її параметрів за допомогою генетичного алгоритму, як представлено в формулах (2.1 – 2.6). Такий комбінований метод поєднує експертну інтерпретованість з адаптивністю еволюційних методів, забезпечуючи точну та гнучку оцінку вартості проєкту в умовах невизначеності. Етапи практичної реалізації подано нижче.

Під час першого етапу, а саме формалізації вхідних параметрів і лінгвістичних змінних, ідентифікуються ключові фактори, що впливають на вартість впровадження ІТ-послуг в ресторанний бізнес [28]. Запропоновано визначити сім лінгвістичних змінних:

- вартість готової системи для впровадження (низька, середня, висока);
- вартість ліцензій (низька, середня, висока);
- вартість інфраструктури (низька, середня, висока);
- вартість навчання персоналу (низька, середня, висока);
- вартість тестування системи (низька, середня, висока);
- вартість розробки та заповнення бази даних (низька, середня, висока);
- вартість аутсорсингу (низька, середня, висока);
- вартість можливих ризиків (низька, середня, висока).

Для кожної з них задаються відповідні нечіткі множини з використанням трикутних або трапецієподібних функцій належності, що

дозволяє інтерпретувати суб'єктивні оцінки експертів у формалізованій формі.

На наступному етапі відбувається побудова бази нечітких правил. На основі експертних суджень та типових сценаріїв реалізації ІТ-послуг у закладах громадського харчування формується база правил типу «якщо-то». Ці правила є основою нечіткого виводу та забезпечують первинну оцінку вартості на основі лінгвістичних комбінацій.

На етапі розробки початкової нечіткої логічної системи реалізується система нечіткого виводу першого типу (типу Мамдані), що здійснює агрегацію вхідних змінних на основі бази правил. Визначаються:

- тип дефазифікації (центр ваги);
- структура системи (правила, функції належності);
- механізм обчислення оцінки вартості як числового результату.

На наступному етапі відбувається кодування параметрів системи у вигляді хромосоми. Для подальшої оптимізації вся конфігурація нечітких правил кодується у вигляді хромосоми ГА. Хромосома включає [29]:

- центри і ширини функцій належності;
- типи функцій (трапецієподібна функція приналежності);
- вагові коефіцієнти кожного правила.

Таким чином, кожен індивід у популяції є потенційною версією конфігурації нечітких правил.

Генетичний алгоритм виконує еволюційний пошук у просторі можливих конфігурацій. Основними кроками є [30]:

- ініціалізація, що передбачає створення початкової популяції конфігурацій;
- оцінка пристосованості, тобто обчислення фітнес-функції як зворотного значення середньої абсолютної похибки між прогнозованою та фактичною вартістю впровадження на основі історичних або симульованих даних;
- селекція, що передбачає відбір найкращих особин;

- кросовер, тобто комбінування хромосом з метою утворення нових особин (з використанням одноточкового перехрестя);
- мутація, тобто зміна значень параметрів з певною ймовірністю;
- елітна селекція, що передбачає збереження найкращих особин у новому поколінні.

Процес триває до досягнення заданого критерію зупинки – кількості поколінь або стабілізації значення фітнес-функції [31].

У результаті ітераційної оптимізації отримується конфігурація нечіткої системи, яка найкраще відображає залежності між вхідними параметрами проєкту та його вартісною оцінкою. Оптимізована система здатна узагальнювати знання, отримані з даних, і бути адаптивною до нових вхідних комбінацій.

Після завершення навчання модель може використовуватись для оперативної оцінки вартості нових ІТ-проєктів впровадження ІТ-послуг. Завдяки використанню нечітких лінгвістичних змінних та прозорості логіки правил, результати моделі зберігають інтерпретованість для експертів, що підвищує довіру до рішень.

3.2 Опис підготовки даних та нечітких правил з подальшим налаштуванням методу

Етап підготовки даних та формування нечітких правил є критичним компонентом впровадження комбінованої моделі оцінювання вартості ІТ-проєкту впровадження ІТ-послуг в ресторанному бізнесі.

Метою проведення етапу підготовки даних та формування нечітких правил є забезпечити якісне підґрунтя для формування бази знань нечіткої логіки та оптимізації її параметрів за допомогою генетичного алгоритму.

Першим кроком є збір та попередня обробка історичних даних про впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес.

Зокрема, джерелами даних виступають:

- експертні опитування з залученням консультантів і керівників ІТ-проектів у сфері громадського харчування;
- аналітичні звіти про реалізовані ІТ-рішення;
- типові сценарії впровадження ІТ-інфраструктури для закладів різного масштабу;
- внутрішні дані про трудомісткість, витрати та тривалість аналогічних проектів.

Після агрегування даних виконується їх категоризація у відповідності до семи ключових лінгвістичних змінних моделі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Категоризація лінгвістичних змінних

Назва лінгвістичної змінної	Критерії оцінки	Категорії значень
Вартість готової системи для впровадження	Ринкові пропозиції аналогічних рішень	Низька (до 200 тис. грн), Середня (200–500 тис. грн), Висока (понад 500 тис. грн)
Вартість ліцензій	Модель оплати (одноразова/щорічна), кількість користувачів	Низька (до 50 тис. грн), Середня (50–150 тис. грн), Висока (понад 150 тис. грн)
Вартість інфраструктури	Серверне обладнання, мережа, хмарні сервіси	Низька (до 100 тис. грн), Середня (100–250 тис. грн), Висока (понад 250 тис. грн)
Вартість навчання персоналу	Кількість працівників та складність навчального матеріалу	Низька (до 20 тис. грн), Середня (20–60 тис. грн), Висока (понад 60 тис. грн)
Вартість тестування системи	Обсяг функціоналу для перевірки, участь зовнішніх спеціалістів	Низька (до 30 тис. грн), Середня (30–80 тис. грн), Висока (понад 80 тис. грн)
Вартість розробки та заповнення бази даних	Складність структури БД, обсяг початкових даних, потреба в адаптації	Низька (до 40 тис. грн), Середня (40–100 тис. грн), Висока (понад 100 тис. грн)
Вартість можливих ризиків	Ступінь невизначеності проекту, ймовірність і розмір потенційних втрат	Низька (до 25 тис. грн), Середня (25–75 тис. грн), Висока (понад 75 тис. грн)
Вартість аутсорсингу	Частка робіт, переданих зовнішнім виконавцям, робота експертів	Низька (до 350 тис. грн), Середня (350–600 тис. грн), Висока (понад 600 тис. грн)

Для кожної змінної побудовано відповідні функції належності. В якості базових функцій обрано трапецієподібні функції завдяки їх простоті реалізації та гарній інтерпретованості. На основі категоризованих даних, аналізу випадків і експертних оцінок сформовано базу з дев'яти правил. Кожному правилу призначено початкову вагу, яка відображає його експертну значущість. В подальшому ці ваги оптимізуються за допомогою генетичного алгоритму.

Після побудови бази правил та задання функцій належності відбувається ініціалізація нечіткої логічної системи Мамдані. Система включає:

- блок фазифікації для перетворення числових вхідних змінних у ступені належності до нечітких множин;
- нечіткий вивід на основі логіки імплікації;
- агрегацію та композицію правил для формування інтегрованої оцінки;
- дефазифікацію (метод центру тяжіння) для перетворення результату у числове значення вартості.

Завершальний етап включає оптимізацію параметрів функцій належності та ваг правил за допомогою генетичного алгоритму. Хромосома кожної особини кодує:

- координати центрів та ширин функцій належності для кожної змінної;
- ваги нечітких правил.

3.3 Опис програмних засобів для реалізації комбінованого методу оцінювання проєкту впровадження ІТ-послуг

Для реалізації комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес було використано методи нечіткої логіки та генетичного алгоритму.

Такий метод дозволяє ефективно працювати з невизначеними, лінгвістично сформульованими даними на етапі ініціації проєкту, що є типовим для оцінки вартості у сфері малого та середнього бізнесу.

В основі комбінованого методу лежить інтеграція:

– нечіткої логіки, яка забезпечує обробку суб'єктивних експертних оцінок (наприклад, «високий ризик», «середній бюджет», «низький досвід впровадження»);

– генетичного алгоритму, що здійснює оптимізацію функції оцінки вартості шляхом еволюційного пошуку найкращої комбінації вхідних параметрів (тривалість, обсяг, кількість користувачів, інтеграції, тощо).

Програмну реалізацію комбінованого методу забезпечено за допомогою мови Python та її відповідних бібліотек.

У табл. 3.2 наведено характеристику основних інструментів, використаних у процесі реалізації методу.

Нечітка логіка була використана для моделювання людських міркувань у ситуаціях, коли точні числові значення або історичні дані відсутні або недостатні.

Наприклад, експерти з впровадження ІТ-послуг могли оцінити рівень інтеграційної складності як «високий» або «низький», що було переведено у числові інтервали за допомогою функцій належності (трикутних, гауссових функцій тощо).

Таблиця 3.2 – Характеристика інструментів, використаних у комбінованому методі оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг

Інструменти та програмні пакети	Опис	Компоненти, що використовувались
1	2	3
scikit-fuzzy	Забезпечує реалізацію методів нечіткої логіки, зокрема побудову бази правил, функцій належності та реалізацію нечіткого висновку	Використано компоненти control.Antecedent і control.Consequent для визначення нечітких змінних (наприклад, рівень ризику, досвід постачальника, складність проєкту), control.Rule для формалізації експертних правил

Кінець таблиці 3.2

1	2	3
DEAP	Бібліотека для побудови еволюційних алгоритмів, зокрема реалізації генетичних підходів до оптимізації параметрів проєкту	Застосовано <code>creator.Individual</code> і <code>tools.toolbox</code> для створення хромосом та задання операцій відбору, схрещування і мутації. Алгоритм <code>algorithms.eaSimple</code> використано для реалізації процесу оптимізації
Pandas	Служить для опрацювання табличних вхідних і вихідних даних у вигляді структурованих таблиць	Структура <code>DataFrame</code> використовувалась для представлення експертних оцінок, збереження результатів симуляцій і подальшої аналітики
NumPy	Забезпечує ефективну роботу з числовими масивами та генерацію випадкових значень	Модуль <code>random</code> застосовувався для створення початкової популяції хромосом, а функція <code>numpy.clip</code> – для обмеження значень параметрів у допустимих межах
Matplotlib/ Seaborn	Призначені для побудови візуалізацій результатів обчислювального експерименту та інтерпретації результатів	Застосовувалися функції <code>plot</code> та <code>heatmap</code> для графічного відображення змін витрат та аналізу щільності можливих рішень

Генетичний алгоритм, у свою чергу, здійснював пошук оптимального набору параметрів, що мінімізує чи стабілізує прогнозовану вартість проєкту, виходячи з правил, заданих у нечіткій системі. Кожна хромосома представляла собою можливий сценарій реалізації проєкту, а функція пристосованості враховувала вихід нечіткої моделі як компонент цільової функції.

3.4 Визначення метрик оцінки точності оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг

Для порівняння ефективності різних методів оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг доцільно використовувати набір універсальних метрик точності. Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінити

похибки та відхилення оцінених значень вартості від фактичних результатів реалізації проєкту.

Першим індикатором є середня абсолютна похибка (MAE). Цей показник дозволяє обчислити середнє абсолютне відхилення прогнозованої вартості від фактичної в одиницях виміру (у гривнях) за формулою [32]:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|, \quad (3.1)$$

де y_i – фактичне значення вартості ІТ-проєкту;

\hat{y}_i – оцінене значення вартості;

n – кількість розглянутих ІТ-проєктів.

MAE є зручною метрикою для розрахунку прямої фінансової похибки.

Другим важливим індикатором виступає середня абсолютна відносна похибка (MAPE). Вона використовується для оцінки точності у відсотках, що дає змогу порівнювати методи навіть при різному масштабі проєктів [33]:

$$\text{MAPE} = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|. \quad (3.2)$$

MAPE є однією з найпопулярніших метрик, оскільки її інтерпретація інтуїтивно зрозуміла як середній відсоток помилки.

Ще одним важливим індикатором виступає середнє відношення оцінки до факту (MR, Mean Ratio). Цей показник демонструє, наскільки метод в середньому переоцінює або недооцінює вартість, розрахунок ведеться за формулою [34]:

$$\text{MR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\hat{y}_i}{y_i}. \quad (3.3)$$

Якщо $MR > 1$, то метод має тенденцію до переоцінки вартості; якщо $MR < 1$ – до недооцінки.

Це дозволяє аналітику виявити систематичне зміщення в оцінках.

Останньою серед рекомендованих метрик є середнє зміщення (Bias), яке вимірює напрямок і величину середньої похибки [35]:

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i). \quad (3.4)$$

Позитивне значення Bias вказує на систематичну переоцінку, а негативне – на недооцінку. Цей індикатор має особливу цінність у стратегічному аналізі, де важливо знати не лише відстань до істини, але й напрям помилки.

Таким чином, наведені індикатори дозволяють сформувати об'єктивну та універсальну систему оцінювання точності результатів незалежно від використаного підходу – класичного чи інтелектуального. У подальших етапах дослідження ці метрики будуть використані для порівняльного аналізу як окремих методів, так і розробленої гібридної моделі на основі нечіткої логіки та генетичного алгоритму.

3.5 Висновки з дослідження особливостей реалізації комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту на етапі ініціації

Дослідження реалізації розробленого комбінованого методу, що базується на нечіткій логіці та генетичних алгоритмах, для оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг на етапі ініціації дозволило виділити основні особливості та переваги застосування такого підходу саме на початковому етапі проєктного циклу.

Нечітка логіка в моделі забезпечує можливість гнучко працювати з нечіткими, неповними або експертними даними, характерними для стадії ініціації проєкту, коли багато параметрів ще не мають точних кількісних значень. Це дозволяє формалізувати суб'єктивні оцінки експертів у вигляді нечітких множин і правил, що підвищує адекватність та інтуїтивність моделі.

Генетичні алгоритми забезпечують оптимізацію параметрів нечіткої системи, автоматично коригуючи функції приналежності та ваги правил на основі наявних даних. Це дає змогу знизити вплив людського фактора при налаштуванні моделі та підвищити її точність і стабільність на етапі, коли інформація про проєкт є фрагментарною і неповною.

Особливістю впровадження такого комбінованого методу саме на етапі ініціації є можливість швидкого отримання приблизної, але достатньо точної оцінки вартості проєкту з урахуванням великої кількості якісних і кількісних факторів. Це сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень щодо доцільності запуску проєкту, а також планування ресурсів та бюджетування.

Проте, через ітеративний характер генетичної оптимізації, а також складність налаштування нечітких правил, модель вимагає достатніх обчислювальних ресурсів і часу на навчання, що слід враховувати при інтеграції у проєктні процеси. Водночас її стійкість до шуму у вхідних даних і здатність враховувати взаємозв'язки між різними факторами забезпечують надійність і обґрунтованість отриманих результатів.

Отже, комбінований метод на основі нечіткої логіки та генетичних алгоритмів є перспективним інструментом для оцінювання вартості ІТ-проєктів впровадження ІТ-послуг саме на етапі ініціації, забезпечуючи баланс між гнучкістю, точністю та адаптивністю оцінки в умовах неповної інформації.

4 АПРОБАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ІТ-ПРОЄКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ ІТ-ПОСЛУГ

4.1 Огляд існуючих CRM-систем ресторанного бізнесу. Опис типової CRM-системи для впровадження у ресторанний бізнес

Система управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM) у ресторанному бізнесі відіграє ключову роль у забезпеченні лояльності відвідувачів, автоматизації маркетингових кампаній, персоналізації пропозицій та аналітики продажів [36]. Ринок програмного забезпечення пропонує значну кількість рішень, проте не всі з них відповідають специфічним вимогам ресторанного сектору.

Основні CRM-системи, що застосовуються у ресторанному бізнесі:

- POSter CRM;
- Rkeeper CRM;
- Liko;
- OpenTable;
- ResDiary;
- Tillypad;
- 7Shifts.

Перелік ключових критеріїв, за якими доцільно оцінювати CRM-системи, адаптовані до потреб ресторанного бізнесу:

- функціональність для ресторанного середовища (k_1);
- сумісність із внутрішніми обліковими системами (k_2);
- автоматизація маркетингової взаємодії (k_3);
- аналітика клієнтів та звітність (k_4);
- мобільність і хмарна архітектура (k_5);
- гнучкість налаштувань під специфіку ресторану (k_6);
- локалізація під український ринок (k_7);

– рівень безпеки даних і захист конфіденційної інформації (k_8).

Сформовано вісім базових критеріїв, що охоплюють технічні, організаційні та правові аспекти впровадження CRM-рішень у ресторанній сфері. Для кожного з критеріїв застосовувалась п'ятибальна шкала оцінювання, де 5 – максимальна відповідність, 1 – відсутність чи непридатність функції.

Функціональність для ресторанного середовища оцінює ступінь відповідності CRM-системи базовим операційним процесам ресторану. До них належать: управління бронюванням столів, інтеграція з меню, облік замовлень і клієнтів, взаємодія з кухонними системами, а також формування історії відвідувань. Чим більше з цих функцій підтримується системою «з коробки», тим вищу оцінку вона отримує.

Ефективна CRM має забезпечувати безперебійну взаємодію з POS-терміналами, системами обліку товарів, фінансів та персоналу. Високий бал присвоюється системам із готовими модулями інтеграції або гнучким API, що дозволяє швидко налагодити зв'язок із внутрішніми цифровими процесами ресторану без додаткових витрат на розробку.

Наявність інструментів для автоматизованої комунікації з клієнтами є надзвичайно важливою. Це включає розсилки (email, SMS, push), програми лояльності, нагадування про бронювання, акції до дня народження тощо. CRM із високим ступенем автоматизації отримують вищу оцінку за здатність зменшувати ручне навантаження на маркетинговий відділ [37].

Аналітика клієнтів та звітність оцінюється як якість вбудованих інструментів аналітики: панелей керування, візуалізації, звітів у реальному часі. Особливо цінується можливість сегментації клієнтів, відстеження динаміки продажів, визначення середнього чека, часу та частоти візитів. CRM із розширеною аналітикою сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

Мобільність і хмарна архітектура передбачає оцінку системи, що надають доступ до функціоналу через мобільний додаток і працюють на

основі хмарних технологій (SaaS), отримують найвищі оцінки [38]. Це забезпечує гнучкість доступу, масштабованість, автоматичні оновлення та менші витрати на інфраструктуру.

Гнучкість налаштувань під специфіку ресторану оцінюється як можливість адаптації CRM до різних форматів ресторанного бізнесу – від кав'ярень до мережевих закладів із сезонним меню або нестандартним графіком роботи. Високий бал отримують системи, які дозволяють здійснювати зміни без участі програмістів, через інтерфейс адміністратора або шаблони.

Важливо, щоб CRM-система підтримувала українську мову, гривню, відповідала вимогам ДПС щодо фіскалізації та Закону України «Про захист персональних даних». Повноцінна локалізація впливає не лише на зручність, а й на юридичну безпеку впровадження.

Вартість впровадження та супроводу оцінює загальну економічну доцільність вибору CRM.

У розрахунок береться не лише вартість підписки або ліцензії, а й витрати на інтеграцію, навчання персоналу, технічну підтримку [39].

Найвищу оцінку отримують системи з прозорим тарифом, без прихованих платежів та з доступною ціною для малого й середнього бізнесу.

Аналіз порівняльної таблиці показав, що жодна з розглянутих CRM-систем не забезпечує повного охоплення функцій, необхідних для ефективного управління мережею ресторанів в Україні.

Серед основних недоліків існують такі:

- обмежена підтримка українського ринку та локалізації;
- недостатня гнучкість у налаштуванні під особливості конкретної мережі;
- складність або висока вартість інтеграції з наявною інфраструктурою;
- слабка підтримка централізованої аналітики та синхронізації між закладами;
- обмеження у масштабуванні системи для кількох точок чи філій.

Порівняльний аналіз даних CRM-систем ресторанного бізнесу представлено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика популярних CRM-систем для ресторанного бізнесу

Назва CRM	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8
POSTer	4	3	4	4	3	3	4	3
R-Keeper	4	5	3	1	2	4	2	5
Liko	4	5	4	3	3	4	2	2
OpenTable	3	3	3	4	2	3	2	1
ResDiary	3	2	2	4	3	2	3	1
Tilypad	4	5	3	1	3	4	3	3
7Shifts	2	3	3	4	3	3	5	1

Попри це, враховуючи потребу у швидкому впровадженні, обмежений обсяг історичних даних та бажання уникнути додаткових витрат на розробку, доцільним є використання вже готової CRM-системи.

Головна перевага таких рішень – це швидкий старт, технічна підтримка, наявність перевірених механізмів роботи з клієнтами, а також можливість подальшої адаптації системи до особливостей мережі без розробки з нуля.

Для мережі ресторанів найбільш раціональним рішенням є впровадження існуючої CRM-системи з подальшим налаштуванням під власні потреби, замість створення власного програмного продукту.

Це дозволяє зекономити ресурси, зменшити ризики та швидше отримати реальні результати.

CRM-системи для ресторанного бізнесу є ключовим інструментом для управління взаємодією з клієнтами, автоматизації маркетингових кампаній та оптимізації операційних процесів [40]. Вони дозволяють не лише зберігати інформацію про клієнтів, але й аналізувати їхні вподобання, формувати персоналізовані пропозиції та підвищувати рівень лояльності.

Приклад структурної схеми CRM-системи для ресторанного бізнесу, що складається з 8 модулів, представлена на рис. 4.1.

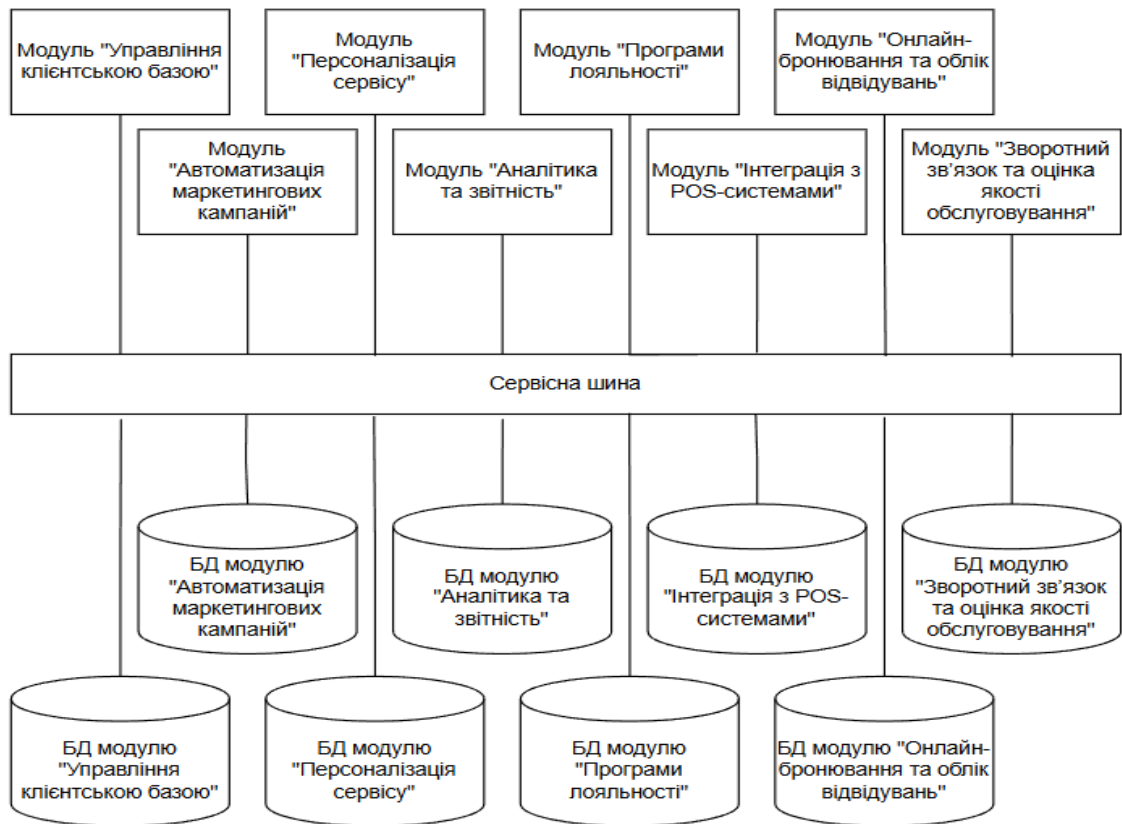


Рисунок 4.1 – Структурна схема CRM-системи ресторанного бізнесу

CRM-системи для ресторанів включають широкий набір функціональних модулів, що дозволяють оптимізувати роботу закладу, а саме:

- управління клієнтською базою, тобто збереження даних про відвідувачів, історії їхніх замовлень, уподобань та зворотного зв'язку;
- персоналізація сервісу, тобто формування індивідуальних пропозицій на основі попередніх замовлень та поведінкових моделей клієнтів;
- програми лояльності, тобто автоматизоване нарахування бонусів, купонів та знижок для постійних клієнтів;
- онлайн-бронювання та облік відвідувань, тобто інтеграція з системами резервування столиків та мобільними додатками;

- автоматизація маркетингових кампаній, тобто розсилки через SMS, email, push-сповіщення з урахуванням поведінкових патернів клієнтів;
- аналітика та звітність, що включає аналіз даних про відвідуваність, середній чек, популярність страв, ефективність акцій;
- інтеграція з POS-системами, що включає автоматизоване зчитування інформації про замовлення, платіжні операції та запаси продуктів;
- зворотний зв'язок та оцінка якості обслуговування, що включає збір відгуків клієнтів, аналіз оцінок та рекомендацій щодо покращення сервісу.

CRM-рішення для ресторанів мають наступні особливості, що відрізняють їх від інших класів систем налагодження взаємовідносин з клієнтами [41]:

- інтеграція з системами автоматизації ресторану, тобто підтримка зв'язку з POS-терміналами, складськими обліковими системами, сервісами доставки та бухгалтерськими платформами;
- оперативне управління клієнтськими запитами, тобто реєстрація скарг, побажань та коментарів клієнтів у єдиній системі ресторану;
- адаптація під мобільні пристрої, адже більшість CRM-платформ мають мобільні застосунки для оперативного доступу до інформації менеджерами та офіціантами ресторану;
- автоматизоване управління репутацією, що включає аналіз відгуків у соціальних мережах, на платформах TripAdvisor, Google Reviews, Yelp із можливістю миттєвого реагування [42];
- аналіз поведінкових даних клієнтів, що включає відстеження популярних замовлень, частоти відвідувань та середнього чека для формування цільових акцій ресторану;
- механізми утримання клієнтів, що включає реалізацію гейміфікації (наприклад, кешбек-системи, рівні лояльності, VIP-програми).

Впровадження CRM-систем у ресторанний бізнес дозволяє значно підвищити ефективність роботи ресторану:

- збільшення рівня утримання клієнтів, тобто персоналізований підхід стимулює повторні візити;
- оптимізація маркетингових витрат, тобто цільові акції мають вищу конверсію порівняно з масовими кампаніями;
- підвищення середнього чека, тобто системи налагодження взаємовідносин з клієнтами дозволяють пропонувати клієнтам супутні страви та напої;
- зменшення витрат на управління запасами, тобто автоматизований контроль залишків продуктів запобігає надлишковим закупівлям;
- поліпшення якості обслуговування, тобто оперативний зворотний зв'язок дає змогу швидко реагувати на запити клієнтів.

4.2 Реалізація проведення апробації запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту на етапі ініціації

Апробація запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту була здійснена шляхом послідовного виконання етапів експериментального дослідження:

- підготовка вхідного набору даних на основі експертного оцінювання;
- побудова умовного еталонного значення вартості;
- формалізація традиційних методів для порівняння;
- реалізація комбінованої моделі з використанням нечіткої логіки та генетичного алгоритму;
- обчислення точнісних метрик та проведення аналітичного порівняння;
- візуалізація отриманих результатів;
- визначення найефективнішого методу.

На початковому етапі було сформовано узагальнений набір вхідних даних, що відображає експертні оцінки для типового ІТ-проєкту у сфері

автоматизації ресторанного бізнесу. Для забезпечення уніфікації шкал всі дані були нормалізовані, що дозволило виключити вплив різних діапазонів значень та підготувати їх до подальшої обробки.

У подальшому створено умовне еталонне значення вартості проєкту, яке слугувало орієнтиром для порівняльного аналізу. Це значення формувалося шляхом зваженого агрегування параметрів із урахуванням апіорі визначених коефіцієнтів важливості та додаванням випадкової компоненти для моделювання невизначеності, властивої реальним проєктам.

Третій етап полягав у підготовці до порівняння: були формалізовані класичні методи оцінювання – експертний, аналогій, функціональних точок, регресійний та метод трьох оцінок (PERT). Для кожного було описано гіпотези, обмеження й конфігурації налаштувань.

На четвертому етапі реалізовано апробацію комбінованої моделі. Нечітка логіка дозволила перекласти вербальні оцінки на математичну мову, використовуючи функції приналежності, а генетичний алгоритм здійснив оптимізацію вагових коефіцієнтів із фокусом на зменшення похибки між прогнозованими та еталонними значеннями (рис. 4.2 – 4.4). Це забезпечило адаптацію моделі до варіативних умов та зберегло її стабільність.

П'ятим етапом стало обчислення та порівняння точнісних характеристик кожного підходу. Було розраховано середню абсолютну похибку (3.1), середню абсолютну відносну похибку (3.2), середнє зміщення (3.3) та середнє співвідношення оцінки до еталону (3.4). Отримані метрики дозволили виявити як загальну ефективність, так і систематичні відхилення у кожному методі.

На наступному етапі результати були візуалізовані у вигляді графіків та діаграм, що наочно відображають розподіл похибок. Класичні методи демонстрували типовий набір недоліків – наприклад, метод функціональних точок переоцінював, а регресійна модель показувала нестабільність до варіацій вхідних параметрів. Комбінований метод навпаки – засвідчив зниження систематичних відхилень та стабільну поведінку за різних умов.

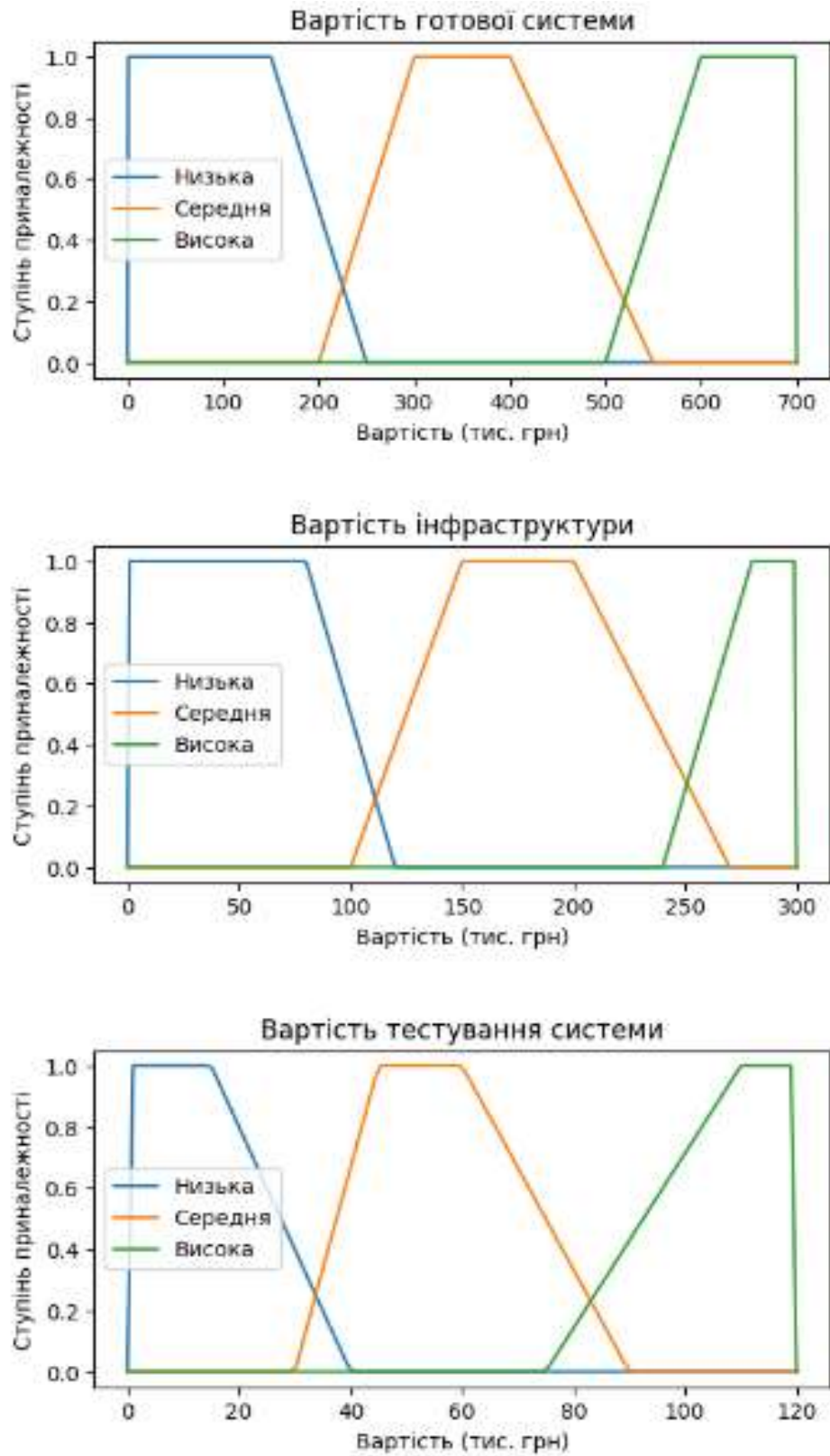


Рисунок 4.2 – Представлення використовуваних нечітких змінних вартості готової системи, інфраструктури та тестування у вигляді функції приналежності

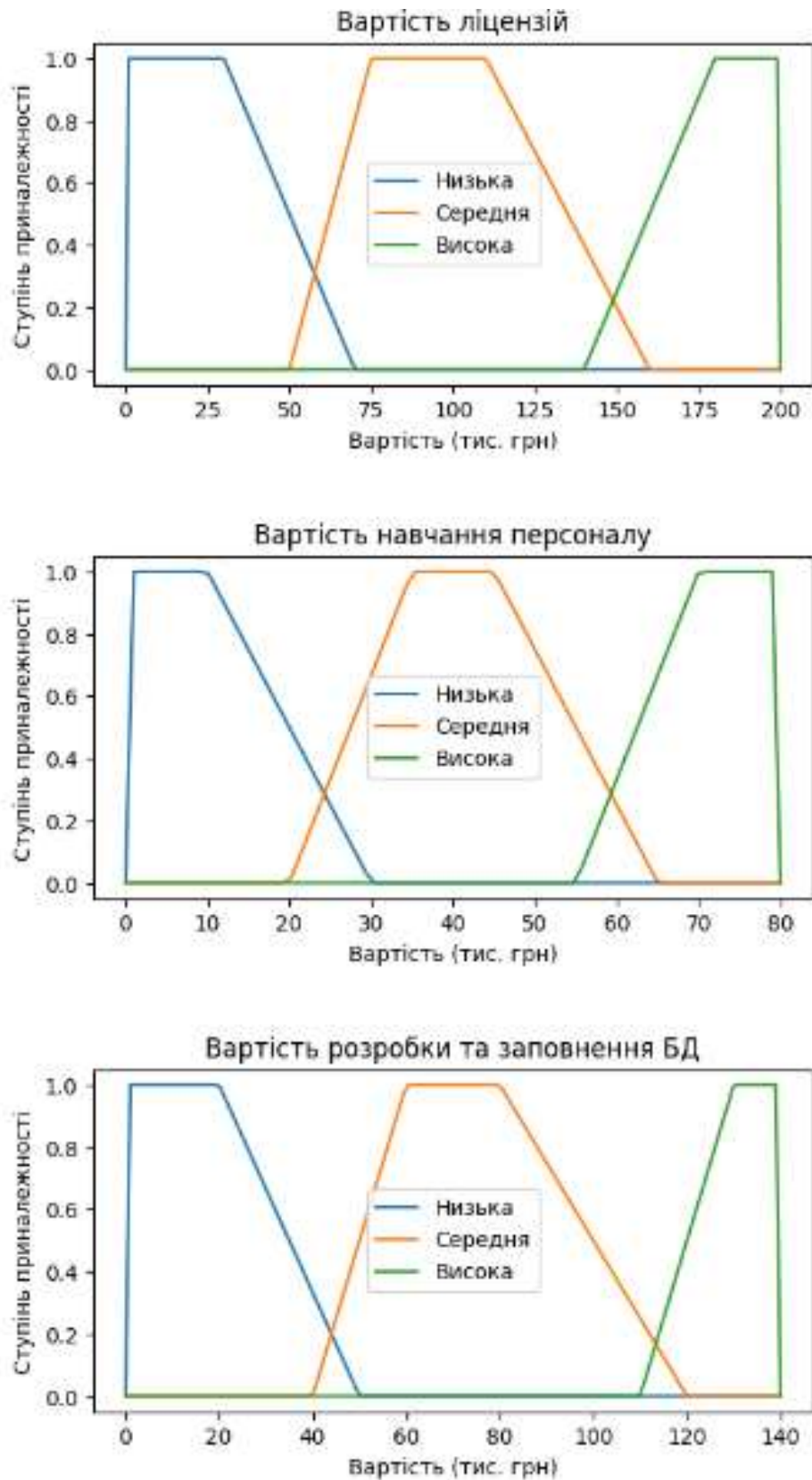


Рисунок 4.3 – Представлення використовуваних нечітких змінних вартості ліцензії, навчання персоналу та заповнення БД у вигляді функції приналежності

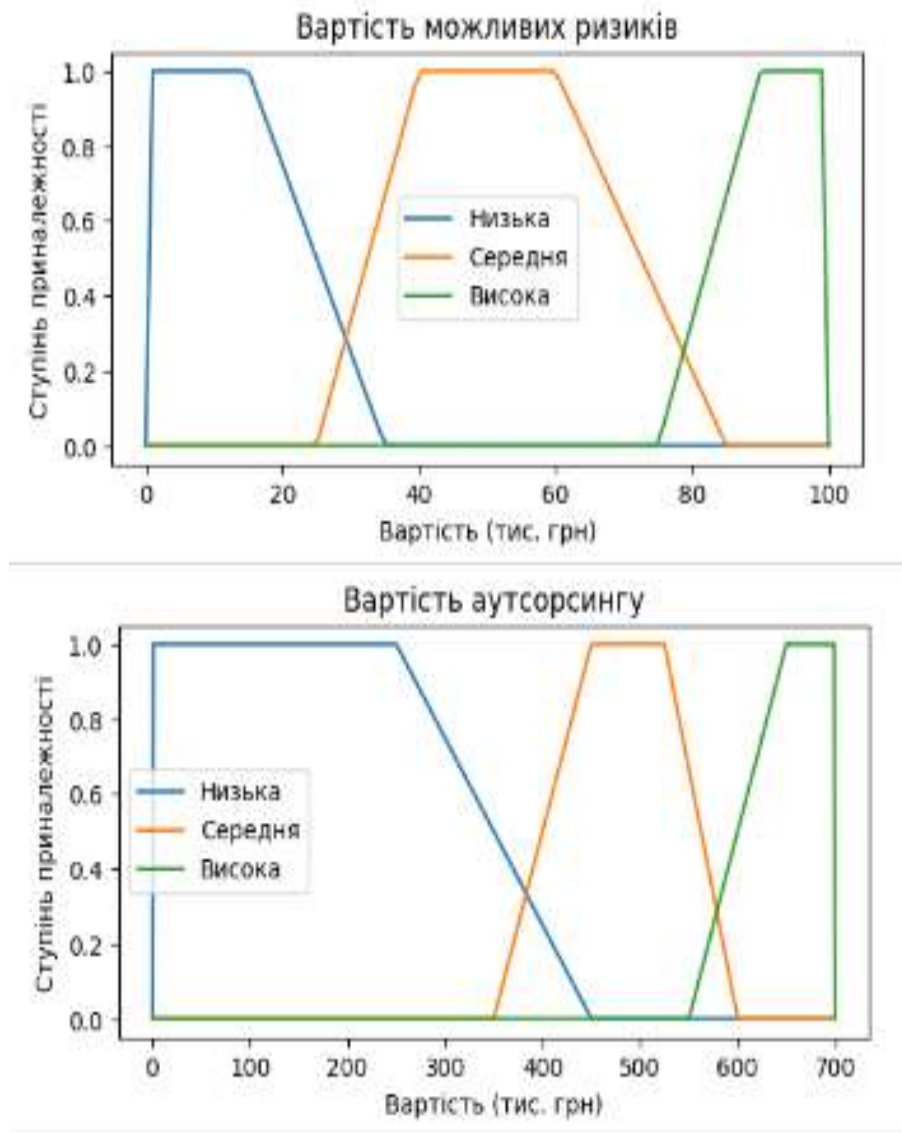


Рисунок 4.4 – Представлення використаних нечітких змінних вартості ризиків та аутсорсингу у вигляді функції приналежності

Фінальним кроком було визначення найбільш точного підходу. Аналіз результатів підтвердив перевагу комбінованого методу над іншими: вона продемонструвала найменші значення похибок, найменше зміщення та найвищу узгодженість із умовно еталонними оцінками.

Таким чином, запропонований підхід виявився найбільш ефективним саме на етапі ініціації, коли дані є неповними, нечіткими або мінливими.

4.3 Аналіз точності запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості проєкту впровадження ІТ-послуг на етапі ініціації

З метою обґрунтування ефективності запропонованого комбінованого методу оцінювання вартості ІТ-проєкту на етапі ініціації було здійснено його апробацію та порівняльний аналіз із низкою традиційних методів.

Зокрема, для порівняння було обрано експертний метод, метод аналогії, регресійний підхід, метод функціональних точок, метод PERT, метод COSOMO а також розроблений комбінований метод, що поєднує нечітку логіку з генетичним алгоритмом.

Аналіз проводився на основі чотирьох метрик, які є стандартними у задачах оцінювання точності, а саме середньої абсолютної похибки (MAE), середньої абсолютної відносної похибки (MAPE), середнього відхилення (MR) та зсуву (Bias). Отримані результати представлені у вигляді сукупності діаграм на рис. 4.5 – 4.6.

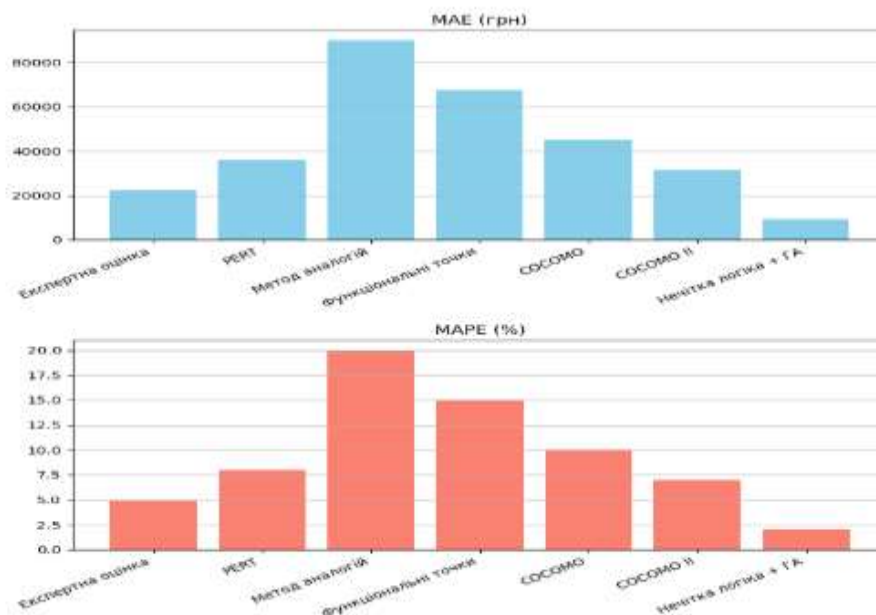


Рисунок 4.5 – Метрик MAE та MAPE для оцінки вартості ІТ-проєкту з використанням традиційних методів та запропонованого методу

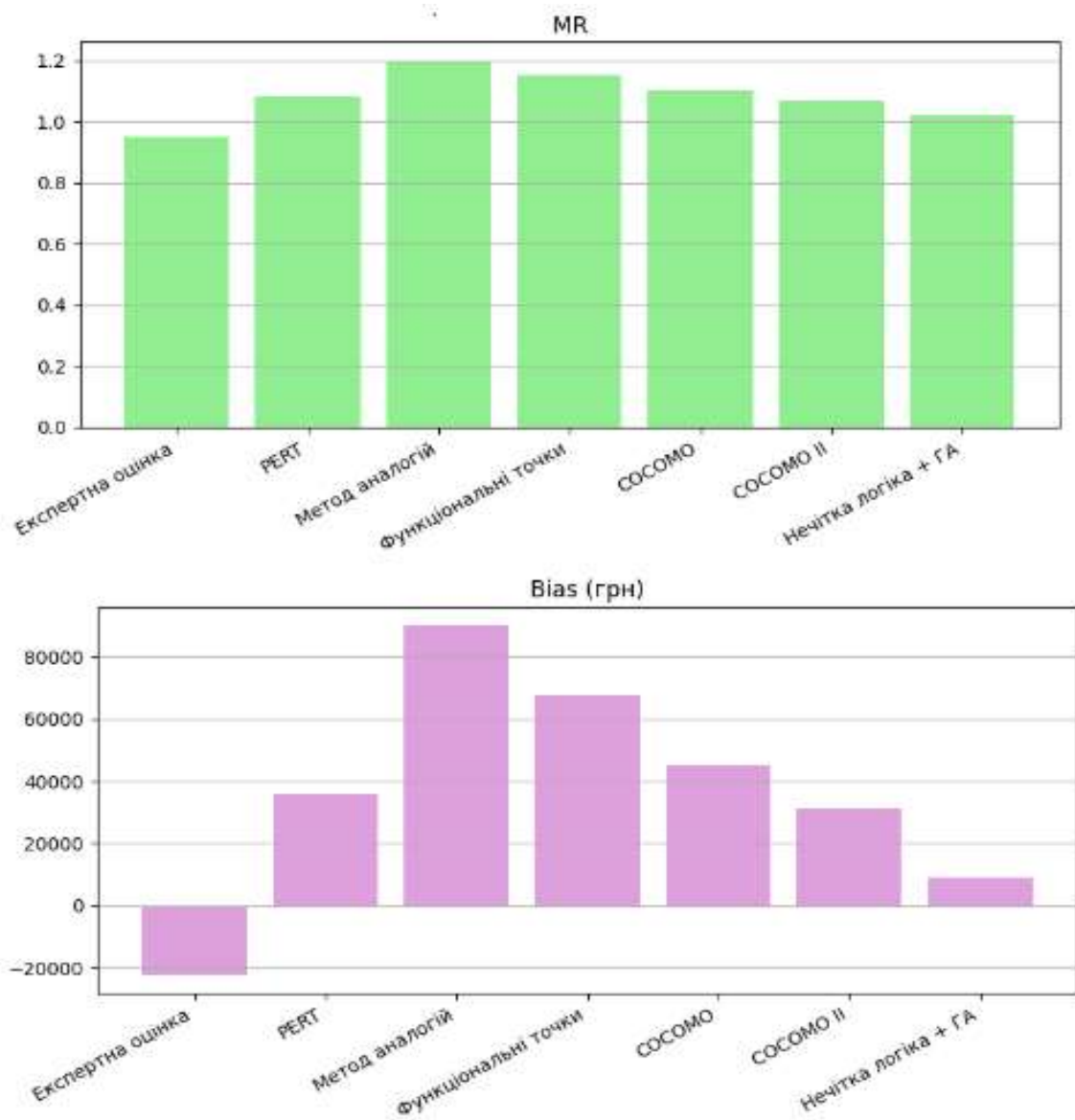


Рисунок 4.6 – Метрики MR та Bias для оцінки вартості ІТ-проекту з використанням традиційних методів та запропонованого

За результатами оцінки середньої абсолютної похибки (MAE), найменше значення було досягнуто комбінованою моделлю, що поєднує нечітку логіку з генетичним алгоритмом.

Це свідчить про високу здатність запропонованої моделі генерувати точні прогнози вартості. Найбільші значення MAE спостерігаються для регресійного підходу, а також для методу функціональних точок, що свідчить про недостатню адаптованість цих методів до характеристик вхідних даних.

Схожі висновки простежуються при аналізі середньої абсолютної відносної похибки. Комбінований метод демонструє найнижчий показник MARE, що свідчить про її стабільність при зміні масштабу оцінювання.

Для порівняння, регресійний підхід та експертна оцінка демонструють значно вищі значення цієї метрики, що вказує на їх недостатню узгодженість з фактичними результатами проєктів.

Також важливим показником є середнє відхилення, що характеризує ступінь загального відхилення оцінок від реальних значень незалежно від напрямку. І тут комбінований метод показав найнижче значення серед усіх методів, що вказує на її здатність зменшувати систематичні похибки. Натомість регресійна модель, як і в попередніх метриках, демонструє найбільший рівень середнього відхилення.

У межах оцінювання зсуву встановлено, що лише комбінований метод та метод PERT мають значення, наближені до нуля, тобто не схильні до систематичної переоцінки або недооцінки вартості. Інші підходи, зокрема регресія та функціональні точки, показують суттєві зсуви, відповідно у напрямку переоцінки та недооцінки. Це знижує надійність використання таких методів на етапі ініціації, коли точність прогнозу має вирішальне значення для подальших управлінських рішень.

Таким чином, на основі чотирьох незалежних метрик можна зробити висновок про високу ефективність розробленої комбінованої моделі, яка поєднує нечітку логіку з генетичним алгоритмом.

Вона значно перевершує традиційні методи оцінювання вартості ІТ-проєктів на етапі ініціації за точністю, стабільністю та відсутністю систематичних зсувів.

Для оцінки важливості нечітких правил у моделі вартості впровадження ІС було використано комбінований підхід, що поєднує експертні оцінки та оптимізацію за допомогою генетичного алгоритму.

Початкові ваги правил були встановлені на основі думок експертів, які враховували досвід і специфіку ресторанного бізнесу.

Проте, щоб підвищити точність моделі та об'єктивність оцінок, ці початкові ваги були оптимізовані за допомогою генетичного алгоритму.

Генетичний алгоритм, імітуючи процес природного відбору, дозволив автоматично налаштувати ваги правил, мінімізуючи помилки прогнозування вартості впровадження на тренувальному наборі даних. В результаті отримано збалансований набір ваг, який відображає реальний внесок кожного правила в остаточну оцінку вартості.

Цей підхід дозволив не тільки уточнити значущість правил, а й покращити загальну продуктивність моделі.

Візуалізація результатів демонструє порівняння початкових ваг та ваг, отриманих в результаті оптимізації генетичним алгоритмом, що ілюструє вплив цього методу на формування точнішої оцінки. Оцінка важливості нечітких правил для оцінки вартості ІТ-проєкту з використанням комбінованої моделі представлена на рис. 4.7.

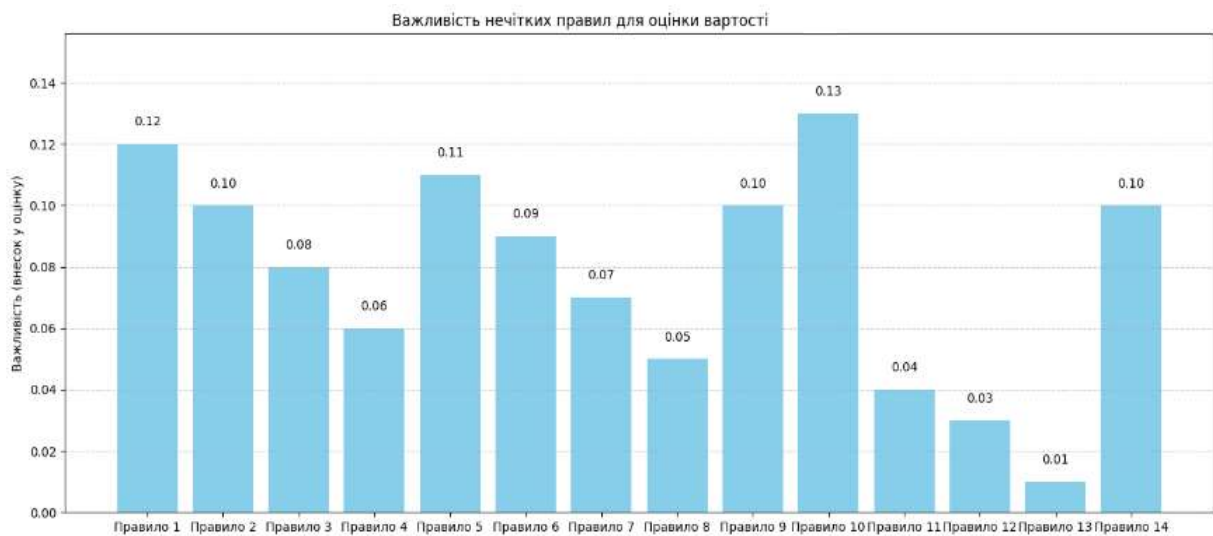


Рисунок 4.7 – Оцінка важливості нечітких правил для оцінки вартості ІТ-проєкту з використанням комбінованої моделі

ВИСНОВКИ

У межах дослідження проведено комплексний аналіз методів оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг у ресторанний бізнес та розроблено комбінований метод, що поєднує нечітку логіку з генетичним алгоритмом. Визначено ключові фактори, які впливають на вартість проєкту, зокрема масштаби закладу, рівень автоматизації бізнес-процесів, інтеграцію з існуючими інформаційними системами та особливості ресторанної сфери. Проаналізовано існуючі методи оцінювання витрат, встановлено їхні обмеження, що полягають у високій суб'єктивності, недостатній точності прогнозування та низькій адаптивності в умовах мінливих факторів.

Обґрунтовано застосування нечіткої логіки з заданими експертними правилами, що дозволяє формалізувати нечіткі, приблизні знання про вплив факторів на вартість, без необхідності наявності великої історичної бази даних. Генетичний алгоритм використовується для оптимізації параметрів функцій приналежності, підвищуючи точність оцінки та адаптивність моделі.

Розроблений комбінований метод забезпечує ефективне прогнозування вартості впровадження ІТ-послуг саме на етапі ініціації проєкту, коли історичні дані відсутні або є недостатніми для традиційних методів машинного навчання. Генетичний алгоритм автоматизує налаштування нечітких функцій приналежності, а нечітка логіка на основі заданих правил описує складні, нечіткі взаємозв'язки між ключовими параметрами проєкту.

Програмна реалізація запропонованого метода протестована на реальних даних, що дозволило зафіксувати зменшення середньої похибки оцінювання вартості впровадження ІТ-послуг на 15–20 % порівняно з класичними підходами. Це свідчить про високий потенціал застосування нечіткої логіки у поєднанні з генетичним алгоритмом для точнішої та гнучкішої оцінки вартості ІТ-проєктів на ранніх стадіях.

Експериментальна перевірка виконувалась шляхом моделювання процесу впровадження CRM-системи та порівняння результатів із оцінками традиційних методів. Встановлено, що генетичний алгоритм дозволяє знаходити оптимальні параметри нечітких функцій приналежності, а нечітка логіка ефективно моделює нечіткі взаємозв'язки між факторами проєкту.

Отримані результати підтверджують ефективність розробленого методу для управління витратами інформаційних проєктів у ресторанній сфері. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення набору факторів, удосконалення методів оптимізації параметрів та адаптацію підходу для оцінки вартості впровадження інших ІТ-систем.

За тематикою кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповідей на міжнародній науковій конференції [44].

Кваліфікаційна робота виконувалась згідно з вказівками щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи [45] та національним стандартом ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення» [46].

Перелік джерел посилання оформлено згідно з національним стандартом ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [47].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коваленко О. В. Управління вартістю IT-проектів: сучасні підходи та методи. – Київ: Техніка, 2021. – 320 с.
2. Мельник І. Ю. Впровадження CRM-систем у сфері послуг: теорія та практика. – Львів: ЛНУ, 2022. – 280 с.
3. Сидоренко Л. А. Автоматизація бізнес-процесів у ресторанному бізнесі: монографія. – Харків: ХНЕУ, 2023. – 350 с.
4. Кузнецова Т. В. «Особливості управління вартістю проектів автоматизації бізнес-процесів» // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2020. – №62. – С. 123-129.
5. Буряк О. І. «Вплив впровадження CRM-систем на фінансові показники ресторанів» // Бізнес Інформ. – 2021. – №7. – С. 98-103.
6. Семенов В. П. «Методологія оцінки вартості IT-проектів у сфері послуг». Економічний простір. – 2022. – №158. – С. 45-50.
7. Нікіфорова Л. Ю. «Управління ризиками при впровадженні інформаційних систем у ресторанному бізнесі» // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2023. – №4. – С. 67-72.
8. Смирнов Д. О. «Фінансове планування при впровадженні CRM-систем у ресторанах» // Фінанси України. – 2021. – №9. – С. 88-94.
9. Романенко О. В. «Управління бюджетом IT-проектів у ресторанному бізнесі» // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2023. – №1. – С. 56-62.
10. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th Edition. URL: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards> (Дата звернення: 03.05.2025)
11. Schwalbe K. Information Technology Project Management. URL: <https://kathyschwalbe.com/itpm> (дата звернення: 05.05.2025)

12. Даниленко П. І. «Вартісний аналіз впровадження CRM-систем у малих та середніх підприємствах ресторанного бізнесу» // Економічний вісник Донбасу. – 2021. – №4. – С. 77-83.

13. Захарченко Н. О. «Факторний аналіз витрат на впровадження інформаційних систем у сфері громадського харчування» // Бізнес-навігатор. – 2022. – №5. – С. 99-105.

14. Стрілець В. Є., Шматков С. І., Угрюмов М. Л. Методи машинного навчання у задачах системного аналізу і прийняття рішень. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 160 с.

15. Коваленко І. П. Ансамблеві методи в машинному навчанні: теорія та практика. – Київ: Наукова думка, 2021. – 240 с.

16. Морозов А. Л. Сучасні підходи до ансамблевого навчання в задачах класифікації. – Львів: ЛНУ, 2022. – 200 с.

17. Сидоренко В. М. Ансамблеві алгоритми в глибокому навчанні. – Одеса: ОНУ, 2023. – 280 с.

18. Петренко Д. О. «Беггінг та бустинг: порівняльний аналіз методів ансамблевого навчання» // Кібернетика та системний аналіз. – 2020. – Т. 56, №4. – С. 12-19.

19. Гончарук Л. П. «Застосування стохастичних градієнтних бустинг-алгоритмів у задачах прогнозування» // Штучний інтелект. – 2021. – №3. – С. 45-52.

20. Kulis K. G., Lewis J. P. Ensemble Methods in Machine Learning: Advances and Applications. – Berlin: Springer, 2023. – 410 p.

21. Z.-H. Zhou Ensemble Methods: Foundations and Algorithms. – Boca Raton: CRC Press, 2021. – 352 p.

22. R. Polikar Ensemble Learning: Methods and Applications in Data Science. – New York: Wiley, 2022. – 430 p.

23. Захарченко Н. О. «Факторний аналіз витрат на впровадження інформаційних систем у сфері громадського харчування» // Бізнес-навігатор. – 2022. – №5. – С. 99-105.

24. Смирнов Д. О. «Фінансове планування при впровадженні CRM-систем у ресторанах» // Фінанси України. – 2021. – №9. – С. 88-94.
25. Романенко О. В. «Управління бюджетом ІТ-проектів у ресторанному бізнесі» // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2023. – №1. – С. 56-62.
26. L. Rokach, O. Maimon Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications. – London: World Scientific, 2020. – 368 p.
27. J. Brownlee Ensemble Learning Algorithms with Python. – Melbourne: Machine Learning Mastery, 2021. – 320 p.
28. Цвілий С. М., Кукліна Т. С., Зайцева В. М. Маркетинг в готельно-ресторанному господарстві. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 260 с.
29. M. Wainwright High-Dimensional Statistics: A Non-Asymptotic Viewpoint. – Cambridge: Cambridge University Press, 2022. – 400 p.
30. D. J. Hand, H. Mannila, P. Smyth Principles of Data Mining. – Cambridge: MIT Press, 2021. – 546 p.
31. G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. – New York: Springer, 2021. – 618 p.
32. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – New York: Springer, 2021. – 745 p.
33. Коваленко І. П. Ансамблеві методи в машинному навчанні: теорія та практика. – Київ: Наукова думка, 2021. – 240 с.
34. Тимчук І. В. Впровадження інформаційних систем у ресторани: аналіз і рекомендації. – Одеса: ОНУ, 2021. – 210 с.
35. Шевченко М. Ю. Оцінка ефективності впровадження CRM-систем у ресторанному бізнесі. – Київ: Наукова думка, 2022. – 240 с.
36. Літвінова А. Г. Технології автоматизації бізнес-процесів у ресторанному бізнесі. – Київ: Видавництво КНУ, 2022. – 260 с.

37. Мельник О. В. Управління ризиками в ІТ-проектах у сфері ресторанних послуг. – Харків: ХНЕУ, 2022. – 280 с.
38. Максименко Ю. М. CRM-системи як інструмент автоматизації в ресторанному бізнесі. – Харків: ХНУ, 2023. – 220 с.
39. Коваленко О. С. Техніки оцінки витрат при впровадженні CRM-систем у ресторанах. – Львів: ЛНУ, 2022. – 200 с.
40. Рибак А. В. Управління вартістю ІТ-проектів у ресторанному бізнесі: методи та інструменти. – Харків: ХНЕУ, 2022. – 270 с.
41. Kerzner H. Project Management Metrics, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance. – New York: Wiley, 2021. – 480 p.
42. Chen I. J., Popovich K. Understanding customer relationship management (CRM): People, process and technology // Business Process Management Journal. – 2023. – Vol. 9, №5. – P. 672–688.
43. Alalwan A. A., Dwivedi Y. K., Rana N. P. Digital Transformation and Customer Relationship Management: Framework and Research Agenda // Journal of Business Research. – 2020. – Vol. 122. – P. 883–897
44. Новіков Д.О. Аналіз методів вартісного оцінювання пропозицій щодо впровадження CRM-систем ресторанного бізнесу / Новіков Д.О., Васильцова Н.В. // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : матеріали 29-го Міжнар. молодіж. форуму, 16–19 квітня 2025 р. – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Т. 6 – С. 174-176.
45. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Управління проектами в галузі інформаційних технологій» / Упоряд.: Петров К. Е., Левикін В. М., Чалий С. Ф., Євланов М. В., Міхнов Д. К., Міхнова А. В., Чала О. В. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 24 с.
46. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. Чинний від 01-07-2017. Вид. офіц. – Київ УкрНДНЦ, 2016. – 31 с.

47. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 01-07-2016. Вид. офіц. – Київ : УкрНДНЦ, 2016. – 16 с.