

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 методів оцінки та прогнозування результативності
ІТ-проектів систем налагодження взаємовідносин з клієнтами
(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання,
групи УПГІТм-23-2

Михайло БГАНЦЕВ

(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 інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент кафедри ІУС

Віталій БРУСЕНЦЕВ

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

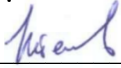
(власне ім'я, прізвище)

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

студентові Бганцеву Михайлу Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів оцінки та прогнозування результативності ІТ-проектів систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

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

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 03 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: науково-технічна література, публікації та інтернет-ресурси, що стосуються теми кваліфікаційної роботи, історичні дані ІТ-проектів налагодження взаємовідносин з клієнтами

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: аналіз особливостей ІТ-проектів у сфері CRM-систем, дослідження специфіки впровадження CRM в Україні, огляд існуючих методів оцінювання результативності ІТ-проектів CRM, визначення факторів, що впливають на результативність таких проектів, розробка методу оцінювання результативності ІТ-проекту CRM на основі марковських ланцюгів, опис технології застосування розробленого методу, експериментальна перевірка його ефективності та порівняння з іншими методами.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей ІТ-проектів у сфері CRM-систем	21.04.2025 – 25.04.2025	Виконано
2	Аналіз розвитку CRM-систем в Україні	26.04.2025 – 30.04.2025	Виконано
3	Огляд існуючих методів оцінювання результативності ІТ-проектів у CRM. Постановка задачі дослідження	01.05.2025 – 07.05.2025	Виконано
4	Аналіз факторів, що впливають на результативність ІТ-проектів CRM-систем	08.05.2025 – 12.05.2025	Виконано
5	Розробка методу оцінювання результативності ІТ-проекту CRM-системи на основі марковських ланцюгів	13.05.2025 – 15.05.2025	Виконано
6	Опис технології використання розробленого методу	16.05.2025 – 20.05.2025	Виконано
7	Експериментальна перевірка ефективності розробленого методу. Порівняння з іншими підходами	21.05.2025 – 25.05.2025	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025 – 27.05.2025	Виконано
9	Підготовка презентаційного матеріалу	28.05.2025 – 30.05.2025	Виконано
10	Перевірка роботи на плагіат	30.05.2025	Виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи	05.06.2025	Виконано

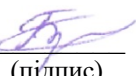
Дата видачі завдання 21 квітня 2025 р.

Студент



(підпис)

Керівник роботи



(підпис)

доц. каф. ІУС Віталій БРУСЕНЦЕВ

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 70 сторінок, 12 рисунків, 2 додатки, 1 таблиця, 45 джерел.

АНАЛІТИКА, CRM-СИСТЕМА, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, ІТ-ПРОЄКТ, КЛІЄНТ, МАРКОВСЬКІ ЛАНЦЮГИ, МОДЕЛЮВАННЯ, МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ, ОЦІНЮВАННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ.

Об'єктом дослідження є процеси оцінювання результативності ІТ-проектів, що спрямовані на впровадження та вдосконалення систем налагодження взаємовідносин з клієнтами.

Мета роботи – розробка методу для підвищення точності оцінювання результативності ІТ-проектів у сфері CRM-систем з урахуванням факторів ефективності, складності реалізації та прогнозованої віддачі.

У дослідженні використано такі методи: класифікація, емпіричний метод, математичне моделювання, марковські ланцюги, статистичний аналіз.

У результаті роботи запропоновано концепцію побудови прогнозної моделі для оцінювання результативності CRM-проектів. Розроблено алгоритм, який дозволяє здійснювати багатофакторний аналіз та прогнозування ефективності ІТ-рішень на основі попередніх сценаріїв.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленого підходу для підтримки прийняття управлінських рішень на етапі планування та реалізації CRM-проектів. Запропонована модель дозволяє знизити ризики неефективного розподілу ресурсів та сприяє більш точному прогнозуванню очікуваних результатів.

ABSTRACT

Master's thesis: 70 pages, 12 figures, 2 appendices, 1 table, 45 references.

ANALYTICS, CLIENT, CRM SYSTEM, EFFICIENCY, EVALUATION, EVALUATION MODEL, FORECASTING, INFORMATION TECHNOLOGY, IT PROJECT, MARKOV CHAINS, MODELING, PERFORMANCE.

The object of the study is the evaluation processes of IT projects aimed at the implementation and improvement of customer relationship management (CRM) systems.

The aim of the thesis is to develop a method to improve the accuracy of performance evaluation of IT projects in the field of CRM systems, taking into account factors of efficiency, implementation complexity, and projected return.

The research employs the following methods: classification, empirical methods, mathematical modeling, Markov chains, and statistical analysis.

As a result of the thesis, a concept for building a forecasting model to evaluate the performance of CRM projects has been proposed. An algorithm was developed to enable multifactor analysis and forecasting of IT solution effectiveness based on historical scenarios.

The practical value of the thesis lies in the possibility of implementing the proposed approach to support decision-making during the planning and implementation stages of CRM projects. The suggested model helps reduce the risks of inefficient resource allocation and contributes to more accurate forecasting of expected outcomes.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	8
Вступ	9
1 Огляд методів оцінки результативності ІТ-проектів для систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	11
1.1 Дослідження особливостей систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	11
1.2 Аналіз процесу функціонування системи налагодження взаємовідносин з клієнтами	13
1.3 Огляд методів оцінки результативності систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	17
1.4 Огляд проблеми «холодного старту» для систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	19
1.5 Постановка задачі дослідження	23
2 Розробка підходу до оцінки результативності ІТ-проекту системи налагодження взаємовідносин з клієнтами	24
2.1 Характеристика метрик оцінювання результативності ІТ-проекту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	24
2.2 Розробка критеріїв результативності ІТ-проекту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	27
2.3 Метод оцінювання прогнозу результативності ІТ-проекту системи налагодження взаємовідносин з клієнтами	30
3 Розробка методики оцінювання результативності ІТ-проекту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	34
3.1 Задання вимог до розробленої методики	34
3.2 Концепція побудови прогнозної моделі	37
3.3 Алгоритм оцінювання прогнозу результативності ІТ-проекту на основі марковських ланцюгів	40

3.4 Аналіз переваг і обмежень розробленого алгоритму	43
4 Апробація методики оцінювання результативності IT-проєкту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами	46
4.1 Характеристика типового IT-проєкту налагодження взаємовідносин з клієнтами	46
4.2 Опис інструментів реалізації прогнозованої моделі	48
4.3 Експериментальна перевірка запропонованої методики оцінювання результативності IT-проєкту для CRM-систем	51
4.4 Розробка рекомендацій щодо підвищення результативності IT-проєкту для CRM-систем	54
Висновки	57
Перелік джерел посилання	59
Додаток А Програмна реалізація етапів комбінованого методу оцінювання результативності IT-проєкту налагодження взаємовідносин з клієнтами	63
Додаток Б Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	66

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

CNN – Convolutional Neural Network

CRM – Customer Relationship Management

CSAT – Customer Satisfaction Score

MAE – Mean Absolute Error

NLP – Natural Language Processing

NPS – Net Promoter Score

RNN – Recurrent Neural Network

RMSE – Root Mean Squared Error

ROI – Return on Investment

ВСТУП

Сучасні інформаційні технології відіграють ключову роль у розвитку різних галузей, зокрема у сфері управління взаєминами з клієнтами. Одним із важливих інструментів, що сприяє підвищенню якості взаємодії між компаніями та їх клієнтами, є системи взаємоналагодження відносин з клієнтами. Вони застосовуються у сфері електронної комерції, медіа, соціальних мереж, реклами, туризму та інших галузях для персоналізації послуг, підвищення рівня задоволеності користувачів, збільшення продажів і конкурентоспроможності бізнесу.

Проте, оцінка та прогнозування результативності впровадження таких систем залишається складною задачею через багатофакторний характер їх функціонування. Основні виклики включають вибір методів формування персоналізованих рекомендацій, якість обробки великих обсягів даних, адаптацію систем до контексту користувача та динамічність змін у споживчих уподобаннях [1]. Відсутність універсальних методик оцінки результативності впровадження подібних систем може призводити до неефективного розподілу ресурсів та незадовільних результатів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки нових методів оцінки результативності інформаційних технологій, що забезпечують взаємодію з клієнтами. Запропоновані в дослідженні методики дозволять не лише оцінити ефективність впровадження таких систем, а й прогнозувати їхню результативність з урахуванням специфіки конкретних бізнес-процесів. Це сприятиме оптимізації витрат на їхнє впровадження та підвищенню рівня персоналізації, що є критично важливим для бізнесу.

Об'єктом дослідження є інформаційно-технологічні проєкти, пов'язані з впровадженням систем взаємоналагодження відносин з клієнтами.

Предмет дослідження – методи оцінки та прогнозування результативності таких систем у контексті їхнього застосування в різних сферах діяльності.

Метою дослідження є аналіз, розробка та вдосконалення методів оцінки та прогнозування результативності проєктів впровадження систем взаємоналагодження відносин з клієнтами для забезпечення їх оптимального функціонування та підвищення якості взаємодії з користувачами.

Наукова новизна дослідження полягає у розробці та адаптації методів оцінки та прогнозування результативності систем взаємоналагодження відносин з клієнтами, що враховують специфіку різних галузей застосування, обробку великих обсягів даних, а також персоналізацію на основі гібридних підходів машинного навчання. Запропоновані методи дозволять підвищити якість прогнозування результативності впровадження таких систем, знизити ризики невідповідності очікуваних і фактичних результатів та оптимізувати витрати на їх впровадження.

Робота пройшла апробацію на міжнародній науково-практичній конференції «Science in the modern world: innovatios and chalenges», що відбулася у місті Торонто у 2025 році, про що свідчить публікація: Бганцев М.В. Дослідження Методів оцінки та прогнозування результативності ІТ-проєктів систем налагодження взаємовідносин з клієнтами // Science in the modern world: innovatios and chalenges. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. SPC «Sci-conf.com.ua». Toronto, Canada. 2025. С. 200–203.

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ ДЛЯ СИСТЕМ НАЛАГОДЖЕННЯ ВЗАЄМВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ

1.1 Дослідження особливостей систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

Інформаційно-пошукові технології (Information Retrieval Technologies) стали важливим елементом сучасних цифрових систем, оскільки обсяги даних, що зберігаються та обробляються, невпинно зростають. З розвитком Інтернету зросла потреба у створенні механізмів, здатних не лише ефективно знаходити релевантну інформацію, а й прогнозувати її корисність ще до моменту представлення користувачеві [2]. Це спричинило появу підходів, що базуються на адаптивних алгоритмах аналізу даних та машинного навчання.

Системи управління взаємовідносинами з клієнтами використовують інтелектуальні методи обробки інформації для формування персоналізованих рекомендацій, що відповідають індивідуальним потребам користувачів. Вони ґрунтуються на аналізі поведінкових характеристик та уподобань, що дозволяє прогнозувати зацікавленість у певних продуктах, послугах або інформаційних ресурсах.

Однією з головних задач таких систем є адаптація інформаційного середовища відповідно до інтересів користувачів, що потребує впровадження механізмів збору, аналізу та обробки великих обсягів даних у реальному часі. Ефективність цих систем значною мірою визначається точністю прогнозування та релевантністю запропонованих рекомендацій, що потребує використання методів штучного інтелекту та обчислювального моделювання.

Основними етапами функціонування систем управління взаємовідносинами з клієнтами є:

– агрегація даних про користувачів – процес збору інформації про демографічні характеристики, історію дій та переваги користувачів;

– аналітична обробка даних – включає класифікацію, ідентифікацію поведінкових закономірностей та формування когнітивних моделей, що відображають інтереси користувачів;

– генерація рекомендацій – створення персоналізованих пропозицій на основі виявлених взаємозв'язків та прогнозованої ймовірності зацікавленості користувача;

– оцінка результативності рекомендацій – застосування математичних моделей для аналізу точності та корисності запропонованих варіантів, що дозволяє коригувати алгоритми відповідно до змін у поведінці користувачів;

– адаптивне налаштування системи – динамічне оновлення алгоритмів та параметрів рекомендаційних механізмів з урахуванням отриманих результатів та зміни умов функціонування.

Оскільки обсяг оброблюваної інформації постійно збільшується, для забезпечення швидкості та результативності процесів у таких системах використовуються розподілені обчислення, технології потокової аналітики та методи глибокого навчання [3]. Це дає змогу створювати високотехнологічні рішення для автоматизації процесів персоналізації та підвищення результативності взаємодії з користувачами.

Ще одним ключовим напрямом розвитку сучасних систем налагодження взаємовідносин з клієнтами (CRM-систем) є впровадження предиктивної аналітики, яка дозволяє не лише реагувати на дії користувачів, а й передбачати їхню поведінку в майбутньому. Це забезпечується шляхом побудови прогностичних моделей на основі історичних даних, які включають інформацію про попередні покупки, час та частоту звернень, канали комунікації та інші релевантні показники. Такі моделі спрямовані на визначення ймовірності повторних звернень, схильності до відтоку або підвищеної активності клієнтів, що дозволяє своєчасно вживати відповідних маркетингових заходів.

У цьому контексті важливою особливістю є сегментація клієнтської бази із застосуванням методів кластерного аналізу. Це дозволяє виділити групи користувачів зі схожими характеристиками та поведінковими патернами, що,

своєю чергою, створює підґрунтя для розробки диференційованих стратегій взаємодії. Наприклад, для одного сегмента доцільним буде інтенсивне використання програм лояльності, тоді як для іншого – застосування методів індивідуального консалтингу чи стимулювання повторних покупок.

Значну роль у підвищенні адаптивності CRM-систем відіграє також використання методів обробки природної мови (NLP), які дозволяють автоматизувати аналіз текстових даних, зокрема звернень клієнтів, коментарів у соціальних мережах або відгуків на продукцію. Виявлення тональності, ключових тем та інтенцій користувачів дає змогу глибше розуміти їхні потреби та вчасно реагувати на потенційні ризики або нові можливості.

Інтеграція CRM-систем з багатоканальними платформами комунікації (омніканальність) є ще одним актуальним аспектом. Вона передбачає синхронізацію взаємодії через різні канали – електронну пошту, месенджери, соціальні мережі, мобільні додатки та вебпортали – у єдиному інформаційному середовищі. Завдяки цьому забезпечується безперервний та цілісний досвід користувача, що сприяє підвищенню задоволеності та лояльності клієнтів.

Слід також зазначити, що впровадження інтелектуальних CRM-рішень вимагає дотримання високих стандартів безпеки даних, зокрема у контексті персональної інформації. Забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних стає пріоритетом, що потребує впровадження засобів криптографічного захисту, контролю доступу та аудиту дій користувачів.

1.2 Аналіз процесу функціонування системи налагодження взаємовідносин з клієнтами

Основні чинники результативності систем управління взаємовідносинами з клієнтами є визначальними для оцінки їхньої продуктивності та впливу на бізнес-процеси. Процес функціонування такої системи можна поділити на

кілька ключових етапів, кожен з яких забезпечує послідовне отримання, обробку, аналіз і використання даних для формування персоналізованих рекомендацій.

На початковому етапі система управління взаємовідносинами з клієнтами здійснює збір та накопичення інформації про користувачів. До джерел таких даних належать [4]:

- історія взаємодії користувача (покупки, перегляди, кліки, комунікації з підтримкою);
- соціально-демографічні характеристики (вік, стать, місцезнаходження);
- аналіз поведінкових факторів (час, проведений на платформі, частота звернень, використані сервіси);
- зовнішні джерела даних (інтеграція з соціальними мережами, дані з відкритих баз тощо).

Для цього використовуються сучасні засоби автоматизованого збору та обробки даних, такі як потокова обробка великих даних (Big Data), технології розподілених баз даних та алгоритми машинного навчання.

Зібрані дані потребують очищення від зайвої інформації, дублювань та потенційних помилок. Процес передбачає:

- видалення неактуальних або застарілих записів;
- об'єднання та нормалізацію даних для забезпечення єдиної структури;
- визначення ключових ознак та метрик, що характеризують поведінку користувача.

Попередня обробка є критично важливою для подальшого аналізу, оскільки від її якості залежить ефективність побудови моделей рекомендацій.

На цьому етапі система використовує алгоритми аналізу даних для виявлення закономірностей та визначення персоналізованих вподобань [5]. Використовуються такі підходи:

- методи контентного фільтрування – рекомендації формуються на основі схожості характеристик товарів, що вже цікавили користувача;

– колаборативна фільтрація – аналізується взаємодія великої кількості користувачів з метою знаходження спільних інтересів та переваг;

– гібридні методи – поєднання обох підходів для підвищення точності прогнозування.

Система аналізує отримані результати та формує персоналізовані рекомендації, враховуючи індивідуальні потреби клієнта.

Завершальним етапом процесу є генерація рекомендацій, їх ранжування та представлення клієнту у зручному форматі. Важливими аспектами цього процесу є:

– оптимізація точності рекомендацій, щоб відповідати поточним потребам клієнта;

– збалансоване поєднання нових і вже знайомих користувачу варіантів;

– відображення релевантної інформації у зручному інтерфейсі (пошта, push-сповіщення, дашборди тощо).

На цьому етапі важливе значення має алгоритмічна обробка отриманих даних та оцінка результативності рекомендацій у реальному часі.

Оцінка продуктивності системи є ключовим компонентом її функціонування. Вона включає:

– аналіз точності та релевантності наданих рекомендацій;

– вимірювання рівня задоволеності користувачів;

– оптимізацію алгоритмів відповідно до отриманих результатів.

На рис. 1.1 представлено загальну схему процесу оцінки результативності системи управління взаємовідносинами з клієнтами.

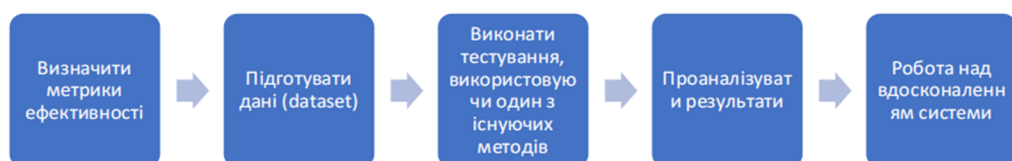


Рисунок 1.1 – Процес оцінки результативності системи налагодження взаємовідносин з клієнтами

Важливим чинником підтримки ефективності функціонування CRM-системи є її здатність до адаптації на основі нових даних, що надходять у реальному часі. Такий підхід забезпечує динамічне оновлення моделей поведінки клієнтів, оперативне реагування на зміни у вподобаннях аудиторії та швидко переорієнтацію стратегії взаємодії відповідно до бізнес-цілей компанії.

Особливу роль у цьому відіграє застосування глибинного навчання, що дозволяє системі працювати з високорозмірними даними, виявляти приховані залежності та автоматично оновлювати параметри моделей. Наприклад, використання згорткових нейронних мереж для аналізу зображень у рекламних кампаніях або рекурентних нейронних мереж для прогнозування поведінки на основі часових рядів взаємодій з користувачами значно розширює функціональні можливості CRM-рішень.

Крім того, важливо враховувати роль хмарних технологій, що забезпечують масштабованість і доступність обчислювальних ресурсів. Завдяки хмарним платформам, CRM-системи можуть інтегрувати дані з різномірних джерел у режимі реального часу, що дозволяє централізовано керувати інформацією та забезпечувати єдину точку доступу до аналітичних інструментів.

Ефективне функціонування системи також потребує організації зворотного зв'язку з клієнтами. Цей компонент дозволяє не лише фіксувати рівень задоволеності, а й формувати базу для подальших покращень алгоритмів рекомендацій. Метрики, які використовуються для оцінки результативності, включають:

- індекс задоволеності клієнтів (CSAT, Customer Satisfaction Score);
- індекс лояльності (NPS, Net Promoter Score);
- середній час взаємодії з системою (average session duration);
- частота повторних покупок або звернень.

Узгоджена робота всіх компонентів CRM-системи – збору даних, обробки, аналізу, формування рекомендацій та їх оцінки – створює замкнений цикл

постійного вдосконалення, який дозволяє компаніям досягати високого рівня персоналізації взаємодії та, як наслідок, конкурентної переваги на ринку.

Таким чином, аналіз процесу функціонування CRM-системи засвідчує її значущу роль у сучасних бізнес-процесах, зокрема в контексті побудови довготривалих відносин із клієнтами, підвищення ефективності маркетингових стратегій та стимулювання зростання прибутків підприємства.

1.3 Огляд методів оцінки результативності систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

Оцінка результативності IT-проєкту, спрямованого на покращення взаємовідносин із клієнтами, є складним завданням, що включає аналіз як економічних, так і технологічних аспектів функціонування системи. Історично ефективність подібних проєктів оцінювали переважно з точки зору фінансових показників, таких як рентабельність інвестицій (ROI), термін окупності та зменшення витрат на обслуговування клієнтів [6]. Проте сучасні дослідження все частіше звертають увагу на якісні показники, що характеризують ступінь автоматизації процесів, підвищення рівня персоналізації взаємодії з клієнтами та покращення загального досвіду користувачів.

Ефективність IT-проєкту у сфері налагодження взаємовідносин із клієнтами оцінюється на основі трьох основних підходів:

– методи, що базуються на економічних показниках – оцінка вигід від упровадження системи через зростання доходів, зниження витрат на залучення клієнтів і підвищення коефіцієнта утримання користувачів;

– методи аналізу технологічної продуктивності – визначення швидкодії системи, надійності, рівня автоматизації процесів та інтеграційних можливостей;

– методи оцінки взаємодії з користувачами – аналіз рівня задоволеності клієнтів та персоналу, що може відображати ефективність впровадження системи та її відповідність потребам бізнесу.

Процес оцінки результативності системи налагодження взаємовідносин із клієнтами можна представити у вигляді таких ключових етапів (рис. 1.2):

- визначення метрик результативності, що включають фінансові, технічні та користувацькі показники;
- підготовка даних для аналізу, визначення контрольних параметрів та референтних значень;
- проведення тестування системи, що охоплює навантажувальне тестування, аналіз продуктивності та перевірку коректності інтеграції;
- аналіз отриманих результатів для визначення відповідності системи очікуваним вимогам та стандартам;
- вдосконалення системи на основі результатів тестування, внесення оптимізацій для підвищення її результативності.

Метод на основі помилок

- Порівнянні фактичних дій користувачів з рекомендаціями, що надаються системою, і обчисленні різниці між ними.

Метод на основі точності

- Використовує метрики, такі як точність, відгук та F-міра

Метод на основі одного рейтингу

- В цьому методі використовується лише один рейтинг або оцінка, надана користувачем системою.

Рисунок 1.2 – Методи оцінки результативності системи налагодження взаємовідносин з клієнтами

Оцінка результативності ІТ-проєкту у сфері налагодження взаємовідносин із клієнтами є багатофакторним процесом, що потребує комплексного підходу. Традиційні методи, засновані виключно на фінансових показниках, мають бути доповнені аналізом технологічних характеристик системи та рівня задоволеності користувачів [7]. Це дозволяє отримати більш об'єктивну картину результативності впровадження та виявити потенційні напрями вдосконалення.

1.4 Огляд проблеми «холодного старту» для систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

Проведений аналіз показав, що оцінка результативності ІТ-проєктів, спрямованих на оптимізацію процесів взаємодії з клієнтами, ґрунтується на використанні різних методів і підходів. Основними факторами, що беруться до уваги при такій оцінці, є точність прогнозування поведінки користувачів, рівень їхньої задоволеності, а також загальний рейтинг взаємодії з системою. Використання історичних даних про активність клієнтів дозволяє оцінювати роботу системи на основі відомих патернів взаємодії та виявляти можливі точки для її вдосконалення.

Однак у ситуаціях, коли система лише впроваджується або використовується новими клієнтами, наявних даних недостатньо для об'єктивної оцінки результативності її функціонування. Така нестача інформації призводить до значного зростання похибок у прогнозах і може викривлювати оцінку результативності проєкту. Це особливо актуально для систем, які розраховані на динамічні середовища з великим потоком нових користувачів або часто змінюваними параметрами взаємодії.

Одним із найефективніших підходів до підвищення точності оцінки результативності є використання ансамблевого навчання. Ця технологія

передбачає комбінування кількох алгоритмів оцінювання, що дозволяє зменшити рівень невизначеності та отримати більш стійкі результати. Використання такого підходу дає змогу мінімізувати похибки, зумовлені нестачею вхідних даних, та підвищити надійність оцінки результативності роботи системи [8].

Існуючі методи оцінки результативності ІТ-проєкту можна поділити на кілька основних груп залежно від їхніх характеристик і застосовуваних метрик:

- методи на основі точності орієнтовані на аналіз релевантності наданих рекомендацій або прогнозів щодо поведінки користувачів. До таких методів належать показники точності, повноти, F-міра та нормалізований дисконтований кумулятивний виграш;

- методи на основі рейтингу базуються на аналізі оцінок, які користувачі надають після взаємодії з системою. Включають обчислення середньої абсолютної похибки (MAE) та середньоквадратичної похибки (RMSE);

- методи на основі поведінкових характеристик – враховують параметри взаємодії користувачів із системою, такі як кількість повторних звернень, середня тривалість сесій та відсоток відмов.

Залежно від специфіки ІТ-проєкту та особливостей його реалізації, ці методи можуть застосовуватися як окремо, так і в комплексі. Використання комбінованого підходу дозволяє отримати більш точні результати, особливо у випадках, коли система ще не накопичила достатньо історичних даних.

Одним із найсерйозніших викликів, що впливає на якість оцінки результативності ІТ-проєкту, є проблема недостатності вхідних даних на початкових етапах його впровадження [9]. Це явище, відоме як «холодний старт», значно ускладнює можливість коректного прогнозування результативності системи та її впливу на кінцевих користувачів.

На рис. 1.3 представлено основні категорії проблем, пов'язаних із недостатністю вхідних даних:

- запуск нової системи. Коли впроваджується новий проєкт, початкові дані про користувачів і їхні вподобання відсутні або є надто обмеженими. Це

ускладнює прогнозування їхньої поведінки та адаптацію функціоналу до потреб аудиторії;

– додавання нових функцій або сервісів. При розширенні функціоналу системи або інтеграції нових механізмів рекомендацій може бракувати достатньої кількості зворотного зв'язку від користувачів, що утруднює оцінку результативності цих змін;

– залучення нових клієнтів. Кожен новий користувач, який вперше взаємодіє із системою, не має індивідуальної історії взаємодій, що ускладнює процес персоналізації контенту та аналіз його поведінки.



Рисунок 1.3 – Представлення проблеми «холодного старту»

У контексті вирішення проблеми «холодного старту» особливої уваги набувають гібридні системи рекомендацій, які поєднують кілька підходів до аналізу користувачів і контенту. Зокрема, такі системи інтегрують колаборативні та контентні методи фільтрації з алгоритмами класифікації, кластеризації та ранжування. Завдяки цьому можливо формувати припущення про потенційні інтереси нових користувачів навіть за відсутності значного обсягу персоналізованих даних.

Одним із ефективних методів є використання демографічного профілювання, коли початкове сегментування користувачів базується на

доступних атрибутах, таких як вік, стать, географічне розташування чи професійна діяльність. Це дозволяє системі порівнювати нових користувачів із представниками подібних груп і надавати їм релевантні рекомендації. Додатково застосовуються моделі на основі контенту, які аналізують характеристики доступного ресурсу (продукту, послуги або контенту) та здійснюють відповідний підбір на основі схожості з іншими елементами, що вже взаємодіяли з користувачами.

Іншим важливим напрямом подолання проблеми «холодного старту» є використання попереднього навчання моделей (pretraining) на великих узагальнених наборах даних, що не пов'язані безпосередньо з конкретною системою. Такий підхід дозволяє створити первинні моделі зі здатністю до узагальнення, які згодом донавчаються на даних конкретного середовища. У поєднанні з активним навчанням (active learning), коли система цілеспрямовано запитує додаткову інформацію або оцінки від користувачів, вдається зменшити невизначеність навіть на ранніх етапах взаємодії.

Також перспективним є застосування методів глибинного навчання, які дозволяють автоматично витягувати високорівневі ознаки з неструктурованих даних – наприклад, текстів відгуків, соціальних медіа або записів взаємодії з інтерфейсом. Використання рекурентних нейронних мереж (RNN), трансформерів і згорткових архітектур (CNN) сприяє підвищенню точності оцінок інтересів користувачів, що дозволяє ефективніше вирішувати задачі персоналізації навіть за обмеженої кількості даних [10].

Таким чином, успішне подолання викликів, пов'язаних із «холодним стартом», потребує інтеграції різнорівневих підходів до збору, обробки та аналізу інформації про користувачів. Впровадження гібридних систем, побудованих на основі глибокого аналізу даних і адаптивних алгоритмів, забезпечує підвищення ефективності взаємодії з клієнтами та створює передумови для сталого розвитку ІТ-проектів у сфері управління клієнтськими відносинами.

1.5 Постановка задачі дослідження

У системах налагодження взаємовідносин із клієнтами важливим завданням є забезпечення точного прогнозування результативності взаємодії. Проблема «холодного старту», що виникає через обмеженість історичних даних, значно ускладнює оцінку результативності роботи таких систем. Для подолання цієї проблеми доцільним є використання сучасних методів машинного навчання, зокрема ансамблевого підходу, що дозволяє комбінувати кілька алгоритмів для підвищення точності оцінки та прогнозування.

Для вирішення цієї проблеми необхідно виконати такі дослідницькі задачі:

- проаналізувати існуючі методи оцінки результативності систем налагодження взаємовідносин із клієнтами та виявити їхні недоліки.
- дослідити проблему «холодного старту» та її вплив на точність оцінки результативності системи;
- обґрунтувати доцільність використання ансамблевого навчання для покращення оцінки результативності;
- розробити методику оцінки результативності системи на основі ансамблевого підходу;
- провести експериментальну перевірку розробленого методу та здійснити порівняльний аналіз з існуючими підходами.

Результати дослідження дозволять підвищити точність оцінки результативності систем налагодження взаємовідносин із клієнтами, що сприятиме покращенню персоналізованих рішень та оптимізації процесів взаємодії.

2 РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІТ-ПРОЕКТУ СИСТЕМИ НАЛАГОДЖЕННЯ ВЗАЄМОВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ

2.1 Характеристика метрик оцінювання результативності ІТ-проєкту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

Оцінювання результативності ІТ-проєкту з впровадження системи налагодження взаємовідносин із клієнтами (CRM-системи) є ключовим аспектом управління інформаційними технологіями у бізнесі. Результативність такого проєкту визначається досягненням запланованих бізнес-цілей, покращенням взаємодії з клієнтами, підвищенням рівня автоматизації процесів та відповідністю стратегічним завданням підприємства [11]. Для всебічного аналізу необхідно використовувати комплекс показників, які відображають як безпосередній вплив CRM-системи на бізнес, так і її здатність сприяти довгостроковим змінам у структурі взаємодії з клієнтами.

Залежно від аспектів, що підлягають аналізу, метрики оцінювання результативності впровадження CRM-системи можна класифікувати наступним чином [12]:

а) метрики досягнення стратегічних бізнес-цілей;

– рівень виконання ключових показників діяльності (KPI – Key Performance Indicators). Визначає, наскільки CRM-система сприяє досягненню встановлених бізнес-цілей, таких як збільшення частки ринку, розширення клієнтської бази тощо;

– вплив на конкурентоспроможність компанії. Аналіз змін у позиціях підприємства на ринку після впровадження CRM-рішення;

б) фінансові показники результативності;

– рентабельність інвестицій (ROI – Return on Investment). Відображає, наскільки впровадження CRM сприяє зростанню доходів компанії;

- зниження витрат на обслуговування клієнтів. Оцінює, наскільки CRM-система оптимізує витрати, пов'язані з підтримкою клієнтів;
- динаміка доходів від клієнтів. Аналізує зміни у середньому чеку та загальному обсязі продажів після впровадження CRM;
- в) операційні метрики результативності;
 - прискорення процесу продажів. Оцінює, наскільки CRM допомагає зменшити тривалість укладення угод;
 - автоматизація бізнес-процесів. Вимірює частку автоматизованих операцій, що впливають на продуктивність персоналу;
 - оптимізація використання ресурсів. Оцінка впливу CRM на зниження трудових та часових витрат у процесі взаємодії з клієнтами;
- г) метрики взаємодії з клієнтами;
 - рівень задоволеності клієнтів (CSAT – Customer Satisfaction Score). Вимірює якість обслуговування на основі клієнтських відгуків;
 - рівень утримання клієнтів (Customer Retention Rate). Відображає, як CRM сприяє зниженню відтоку клієнтів;
 - кількість повторних звернень та покупок. Дозволяє оцінити, наскільки система сприяє формуванню довгострокових взаємовідносин із клієнтами;
- д) технологічні аспекти результативності CRM-системи;
 - стабільність роботи та доступність системи (Uptime). Вимірює рівень безперебійної роботи CRM;
 - швидкість обробки запитів. Оцінює продуктивність системи та її вплив на швидкість надання послуг;
 - гнучкість інтеграції з іншими ІТ-рішеннями. Відображає можливість поєднання CRM з іншими корпоративними системами для підвищення результативності бізнес-процесів;
- е) організаційні метрики;
 - рівень залученості персоналу до використання CRM. Визначає ступінь активного застосування системи у робочих процесах;

- частка співробітників, які ефективно використовують CRM.
- Показує рівень адаптації персоналу до нового програмного забезпечення;
- частота оновлення та вдосконалення CRM-системи. Оцінює, наскільки система здатна відповідати змінним потребам бізнесу.

Методи збору та аналізу даних для оцінювання результативності CRM-проєкту є наступними [13]:

а) кількісний аналіз;

- розрахунок фінансових показників (ROI, динаміки доходів) на основі бухгалтерських даних;
- аналіз змін у продуктивності процесів за допомогою автоматизованих інструментів моніторингу;
- визначення рівня утримання клієнтів через аналіз бази даних CRM;

б) якісний аналіз;

- опитування клієнтів для оцінки рівня їхнього задоволення;
- анкетування персоналу для визначення ступеня зручності використання CRM;
- оцінка відповідності CRM бізнес-стратегії підприємства на основі експертного аналізу;

в) методи прогнозного моделювання;

- використання алгоритмів машинного навчання для передбачення змін у клієнтській поведінці після впровадження CRM;
- аналіз кореляції між різними показниками результативності для виявлення ключових факторів впливу.

Зібрані та проаналізовані дані щодо результативності CRM-проєкту використовуються для [13]:

- коригування стратегії взаємодії з клієнтами на основі реальних змін у їхній поведінці;
- визначення напрямків подальшої оптимізації CRM-системи;

- прийняття рішень щодо розширення функціональних можливостей системи відповідно до потреб бізнесу;
- формування аналітичних звітів, що демонструють вплив CRM на досягнення стратегічних цілей компанії.

Таким чином, комплексне оцінювання результативності CRM-проєкту дозволяє підприємству не лише контролювати ключові бізнес-показники, а й приймати обґрунтовані управлінські рішення для довгострокового розвитку та підвищення конкурентоспроможності.

2.2 Розробка критеріїв результативності IT-проєкту систем налагодження взаємовідносин з клієнтами

Розробка критеріїв результативності IT-проєкту впровадження системи налагодження взаємовідносин із клієнтами (CRM-системи) є важливим етапом оцінювання успішності реалізації проєкту. Визначення чітких критеріїв дозволяє підприємству оцінити рівень досягнення запланованих цілей, виявити ключові фактори, що впливають на результативність, та своєчасно коригувати стратегію використання CRM.

Для ефективного оцінювання необхідно враховувати не лише фінансові показники, а й операційні, технологічні та поведінкові аспекти впровадження CRM-системи [14].

Розроблені критерії повинні відповідати наступним вимогам:

- об'єктивність. Базується на кількісних і якісних показниках, що дозволяють отримати достовірну інформацію;
- вимірюваність. Можливість оцінювання показників у числовому або процентному вираженні;
- релевантність. Відповідність бізнес-цілям підприємства та специфіці діяльності;

– комплексність. Урахування як безпосередніх змін, так і довгострокового впливу CRM-системи на діяльність компанії;

– гнучкість. Можливість адаптації критеріїв до змін у ринкових умовах та внутрішніх процесах компанії.

Критерії результативності впровадження CRM-системи можна розподілити на кілька груп [15]:

а) критерії досягнення бізнес-цілей;

– відсоток виконаних стратегічних завдань у межах проєкту CRM;

– ступінь відповідності впровадженої системи бізнес-процесам компанії;

– покращення позицій компанії на ринку після інтеграції CRM;

б) фінансові критерії;

– рівень зростання доходів після впровадження CRM;

– скорочення витрат на управління клієнтськими взаємовідносинами;

– окупність інвестицій у CRM-систему протягом визначеного періоду;

в) операційні критерії;

– скорочення середнього часу обробки запитів клієнтів;

– збільшення продуктивності відділу продажів;

– частка автоматизованих процесів, що були виконані вручну до впровадження CRM;

г) критерії задоволеності клієнтів;

– динаміка змін рівня утримання клієнтів після впровадження CRM;

– збільшення частки клієнтів, які здійснюють повторні покупки;

– підвищення середнього рівня оцінки якості обслуговування за даними опитувань;

д) технічні критерії;

– час безперебійної роботи CRM-системи;

- швидкість обробки операцій у системі;
- гнучкість інтеграції CRM з іншими корпоративними ІТ-рішеннями;

е) критерії організаційної адаптації;

- рівень використання CRM співробітниками (частка активних користувачів);
- кількість проведених навчань для персоналу та їхня ефективність;
- рівень готовності персоналу до переходу на CRM-систему та його задоволеність функціоналом.

Для об'єктивного визначення критеріїв необхідно використовувати кілька методів аналізу [16]:

а) порівняльний аналіз;

- оцінка динаміки змін показників до та після впровадження CRM;
- аналіз успішних кейсів у галузі для визначення оптимальних критеріїв оцінки;

б) аналіз ключових показників результативності (KPI);

- визначення набору KPI, що відповідають специфіці CRM-проєкту;
- впровадження системи моніторингу KPI для автоматичного аналізу результативності;

в) методи експертної оцінки;

- опитування керівників та аналітиків щодо відповідності CRM поставленим цілям;
- аналіз зворотного зв'язку від співробітників і клієнтів щодо змін у взаємодії після впровадження CRM;

г) прогнозне моделювання;

- використання аналітичних моделей для оцінки можливого майбутнього впливу CRM на бізнес;
- аналіз ризиків та потенційних факторів, що можуть вплинути на рівень результативності проєкту.

Періодичне оцінювання результативності за визначеними критеріями дозволяє компанії:

- вчасно виявляти недоліки у функціонуванні CRM та усувати їх;
- оптимізувати бізнес-процеси, що безпосередньо впливають на рівень задоволеності клієнтів;
- розширювати функціональні можливості системи відповідно до нових потреб бізнесу;
- оцінювати ефективність навчання персоналу та коригувати підходи до адаптації співробітників до CRM.

Таким чином, чітко сформульовані та обґрунтовані критерії результативності CRM-проєкту є основою для прийняття ефективних управлінських рішень і забезпечення довгострокового позитивного впливу на бізнес.

2.3 Метод оцінювання прогнозу результативності IT-проєкту системи налагодження взаємовідносин з клієнтами

Пропонується використання методу марковських ланцюгів для прогнозування результативності впровадження CRM-системи. Даний підхід дає змогу моделювати зміну ключових показників у часі, враховуючи ймовірності переходу між різними станами результативності [17].

CRM-система може перебувати у певному стані результативності, які визначають рівень її впливу на бізнес-процеси компанії. Позначимо множину можливих станів системи як [18]:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}, \quad (2.1)$$

де S_i – певний критерій успішності проєкту.

Перехід між цими станами описується марковським процесом першого порядку, що означає, що майбутній стан залежить виключно від поточного стану системи [19]:

$$P(S_{t+1}|S_t, S_{t-1}, \dots, S_0) = P(S_{t+1}|S_t). \quad (2.2)$$

Матриця ймовірностей переходу між станами визначається у вигляді [20]:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}. \quad (2.3)$$

де p_{ij} – ймовірність переходу CRM-системи зі стану S_i у стан S_j протягом одного періоду прогнозування.

Процес прогнозування результативності IT-проєкту на основі марковських ланцюгів складається з таких етапів:

- формування початкового стану проєкту. Визначається стартовий розподіл станів системи на основі початкових показників результативності;
- оцінка ймовірностей переходу. Використовуючи історичні дані впровадження аналогічних CRM-систем, будується матриця ймовірностей переходу між станами;
- прогнозування майбутнього стану через k періодів. Очікуваний розподіл станів у майбутньому визначається як [21]:

$$P_k = P_0 P^k, \quad (2.4)$$

Що дозволяє оцінити ймовірність перебування CRM-проєкту в кожному зі станів після k періодів;

– вагове коригування прогнозу. Для кожного ключового показника вводиться коефіцієнт значущості w_i , а фінальний прогноз обчислюється за формулою [22]:

$$R_{\text{final}} = \sum_{i=1}^n w_i P_k(i). \quad (2.5)$$

Це дозволяє врахувати внесок різних факторів у загальну результативність проєкту.

Оцінка результативності проєкту повинна враховувати як фінансові, так і нефінансові аспекти. Основні показники включають:

а) фінансові показники;

- збільшення доходу після впровадження системи;
- скорочення витрат на обслуговування клієнтів;

б) операційні показники;

- швидкість обробки запитів клієнтів;
- частка автоматизованих процесів у компанії;

в) клієнтські показники;

- індекс задоволеності клієнтів;
- рівень утримання клієнтів після впровадження CRM;

г) технологічні показники;

- стабільність роботи системи;
- час, необхідний для повної інтеграції CRM у бізнес-процеси.

Вагове коригування кожного з цих показників дає змогу підвищити точність прогнозу та адаптувати модель до специфіки конкретного підприємства.

Метод марковських ланцюгів із ваговим коригуванням має низку переваг. По-перше, він дозволяє будувати прогноз на основі історичних даних, що підвищує точність оцінки. По-друге, він гнучкий і дає змогу адаптувати модель до різних сценаріїв розвитку CRM-проєкту. По-третє, цей підхід дозволяє

одночасно враховувати фінансові, операційні, клієнтські та технологічні аспекти оцінки результативності.

Проте існують певні обмеження. Основною проблемою є необхідність наявності достатньої кількості історичних даних, що може бути складним для унікальних або інноваційних проєктів [23]. Крім того, метод припускає, що ймовірності переходу між станами залишаються стабільними протягом усього прогнозованого періоду, що може не завжди відповідати реальним умовам розвитку ІТ-проєкту.

Марковський метод оцінювання прогнозу результативності CRM-проєкту дозволяє аналізувати ймовірні сценарії розвитку системи, визначати потенційні ризики та обґрунтовувати стратегічні рішення щодо подальшого впровадження CRM [24]. Застосування цього підходу сприяє підвищенню результативності управління ІТ-проєктом, що особливо важливо на етапі його ініціації та розвитку.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТУ СИСТЕМ НАЛАГОДЖЕННЯ ВЗАЄМВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ

3.1 Задання вимог до розробленої методики

Ефективне оцінювання результативності ІТ-проєкту, зокрема пов'язаного з впровадженням системи налагодження взаємовідносин з клієнтами, вимагає побудови методики, що здатна не лише інтегрувати як фінансові, так і нефінансові показники, але й враховувати динаміку змін у поведінці системи у часовому вимірі. При цьому методика повинна володіти прогностичними властивостями, забезпечувати адаптивність до особливостей конкретного підприємства, бути обґрунтованою з точки зору теорії прийняття рішень та мати достатній рівень інтерпретованості результатів для зацікавлених сторін [25].

Розробка такої методики передбачає дотримання низки критичних вимог, які охоплюють як структурні, так і функціональні характеристики моделі, що лежить в її основі. Нижче наведено ключові вимоги, які визначають концептуальні та методологічні рамки побудови ефективною системи оцінювання результативності CRM-проєктів:

- дискретизація станів результативності;
- стохастична природа змін;
- історична обґрунтованість;
- можливість багатокрокового прогнозування;
- вагове коригування показників;
- комплексність оцінювання;
- адаптивність до різних організаційних контекстів;
- інтерпретованість результатів та підтримка прийняття рішень;
- структурна стабільність та гнучкість;
- можливість автоматизації розрахунків.

Проект упровадження CRM-системи розглядається як система, що перебуває у певному кінцевому числі дискретних станів, які характеризують рівень її результативності у заданий момент часу. Кожен стан повинен мати чітке інтерпретаційне навантаження та бути пов'язаний з комплексом кількісних показників (KPI), що охоплюють фінансові, операційні, клієнтські та технологічні аспекти [26]. Формалізація цих станів дозволяє створити основу для подальшого моделювання переходів між ними.

Система повинна враховувати ймовірнісний характер змін стану результативності. Це означає, що майбутній стан CRM-проєкту не визначається детерміновано, а залежить від ймовірностей переходу з одного стану в інший. Таким чином, модель повинна реалізовувати стохастичний підхід, що враховує невизначеність та мінливість факторів, які впливають на перебіг реалізації IT-проєкту.

Усі переходи між станами мають ґрунтуватися на емпіричних даних, зокрема на історії реалізації аналогічних CRM-проєктів в інших організаціях. Це дозволяє побудувати матрицю ймовірностей переходів, яка слугує основою для прогнозування. Методика повинна передбачати процедуру формалізації таких даних, їх агрегації та нормалізації з метою забезпечення надійності результатів.

Методика повинна забезпечувати прогнозування результативності проєкту не лише на один період уперед, а й на кілька часових інтервалів. Це дозволяє моделювати сценарії розвитку проєкту у середньо- та довгостроковій перспективі, враховуючи накопичувальні ефекти, затримки впливу окремих факторів, адаптаційні властивості компанії тощо.

Необхідно забезпечити механізм врахування різної вагомості окремих показників, які формують загальну оцінку результативності. Для цього кожному показнику має бути присвоєний коефіцієнт значущості, який відображає його вплив на досягнення цілей проєкту [27]. Такий підхід дозволяє гнучко адаптувати модель до пріоритетів конкретного підприємства та галузі.

Методика повинна охоплювати широкий спектр показників, що забезпечують повне уявлення про ефективність впровадження CRM-системи. До основних категорій таких показників належать:

- фінансові, тобто динаміка доходів, зменшення витрат на обслуговування клієнтів, рентабельність;
- операційні, тобто швидкість виконання бізнес-процесів, рівень автоматизації;
- клієнтські, тобто ступінь задоволеності, коефіцієнт утримання клієнтів;
- технологічні, тобто стабільність роботи системи, час її інтеграції.

Розроблена методика має бути придатною для застосування в умовах підприємств різного розміру, галузевої належності та рівня цифрової зрілості. Це вимагає використання параметричних моделей, які можна налаштовувати відповідно до специфіки об'єкта дослідження, без втрати достовірності прогнозу.

Модель повинна генерувати результати, що легко інтерпретуються менеджерами проєкту, аналітиками та керівниками. Крім того, методика має підтримувати прийняття стратегічних рішень на основі ймовірнісного аналізу сценаріїв розвитку CRM-системи, оцінки ризиків і потенціалу результативності.

Важливо забезпечити стабільність моделі при розширенні кількості станів або оновленні історичних даних. Методика повинна зберігати свою валідність навіть за умов зміни зовнішнього середовища, наприклад, появи нових бізнес-викликів або технологічних змін у CRM-рішенні [28].

Сучасна аналітика вимагає автоматизації процесів побудови прогнозу, включаючи обчислення ймовірностей, генерацію сценаріїв та візуалізацію результатів. Вимога автоматизації є критичною для забезпечення масштабованості методики у рамках інформаційних систем підтримки прийняття рішень.

Таким чином, задоволення зазначених вимог забезпечує побудову комплексної, динамічної та адаптивної методики, яка дозволяє достовірно оцінювати та прогнозувати результативність CRM-проєктів у різних

організаційних контекстах. Така методика стає не лише аналітичним інструментом, а й засобом стратегічного управління цифровою трансформацією підприємства.

3.2 Концепція побудови прогнозної моделі

Проектування прогнозної моделі для оцінки результативності розробки системи налагодження взаємовідносин з клієнтами становить важливий аналітичний етап, що забезпечує можливість формалізованого, кількісного та обґрунтованого прийняття рішень щодо подальших дій у межах інформаційного циклу проекту. У контексті цього дослідження поняття «результативність» розглядається як складна, інтегрована характеристика, яка синтезує кількісні параметри функціональної реалізації, технічної якості та рівня відповідності запланованим часовим і ресурсним показникам [29]. Такий підхід передбачає побудову багатофакторної моделі, яка водночас враховує як поточний стан окремих компонентів, так і їхню узгодженість, взаємний вплив і динаміку у часі.

Вихідним положенням концептуального підходу є необхідність визначення уніфікованої метрики – інтегрального індикатора результативності $R(t)$, яка дозволяє, по-перше, формалізувати якісні та кількісні характеристики стану розробки на момент часу t , а по-друге – надати уніфіковану основу для порівняння між різними варіантами реалізації, планами або сценаріями. Формально модель будується у вигляді функції [30]:

$$R = w_1 \cdot F(t) + w_2 \cdot W(t) + w_3 \cdot P(t). \quad (3.1)$$

У даному виразі параметри $F(t)$, $Q(t)$, $P(t)$ виступають як незалежні змінні – компоненти результативності, кожна з яких відповідає за специфічний

аспект процесу розробки. Зокрема, $F(t)$ репрезентує ступінь реалізації функціональної повноти проєкту в момент часу t , тобто наскільки фактично реалізований функціонал наближається до запланованої специфікації [31]. Коефіцієнт $Q(t)$ відповідає за технічну якість реалізації, у тому числі такі показники як коректність архітектури, надійність програмного коду, відсутність критичних помилок, відповідність стандартам [32]. Компонента $P(t)$ моделює відповідність фактичних часових і бюджетних параметрів проєкту до очікуваних, дозволяючи виявити відхилення та оцінити управлінську ефективність [33].

Коефіцієнти ваг w_1, w_2, w_3 , що входять до рівняння, встановлюються залежно від контексту розробки й вагомості кожного з аспектів результативності. Наприклад, у проєктах з жорсткими дедлайнами значення w_3 може бути підвищене, тоді як у системах із критичними вимогами до надійності програмного забезпечення домінуватиме ваговий коефіцієнт w_2 . Усі вагові коефіцієнти належать до інтервалу $[0;1]$ та задовольняють нормувальну умову $w_1 + w_2 + w_3 = 1$.

Оцінка функціональної повноти реалізованої системи відбувається на основі агрегування реалізованих функціональних компонентів за їхньою відносною важливістю. Такий підхід передбачає побудову часткової функції [34]:

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n(t)} \phi_i}{\sum_{j=1}^N \phi_j}. \quad (3.2)$$

де $n(t)$ – кількість реалізованих функціональних блоків на момент часу t ;

N – загальна кількість функціональних одиниць, що передбачені у вимогах до програмного забезпечення.

Ваговий коефіцієнт ϕ_i для кожного компоненту визначається залежно від його значущості у загальній бізнес-логіці, критичності для взаємодії з клієнтами або впливу на користувацький досвід. Таким чином, компонент $F(t)$ дозволяє не лише оцінити рівень завершеності з точки зору обсягу роботи, але й акцентує увагу на пріоритетності реалізованих функцій.

Технічна якість реалізації $Q(t)$ визначається через механізм порівняння поточних технічних метрик із нормативними або еталонними значеннями. Формула обчислення враховує нормоване відхилення ключових параметрів [35]:

$$P(t) = \alpha \cdot \left(1 - \frac{|\Delta T|}{T}\right) + (1 - \alpha) \cdot \left(1 - \frac{|\Delta C|}{C}\right). \quad (3.3)$$

де ΔT – абсолютне відхилення фактичної тривалості виконання етапів від запланованої тривалості T ;

ΔC – відхилення фактичної вартості від запланованого бюджету C .

Параметр $\alpha \in [0; 1]$ дозволяє змінювати баланс між значущістю часових і вартісних характеристик. У проєктах із фіксованими бюджетами значення α наблизатиметься до нуля, тоді як у проєктах з критичними термінами α буде ближчим до одиниці. Кожен із елементів формули нормується, що дозволяє уникнути масштабної неоднорідності при обчисленнях.

Важливо зазначити, що модель має динамічну часову природу: її застосування не обмежується фіксованим моментом часу, а передбачає побудову функції $R(t)$, яка дозволяє відстежувати траєкторію змін результативності у процесі розвитку проєкту. Така властивість забезпечує інтеграцію моделі у систему моніторингу, прогнозування і адаптивного управління розробкою. Аналіз похідної $dR(t)$ дозволяє виявляти періоди інтенсивного зростання або деградації результативності, а також оцінювати вплив зовнішніх або внутрішніх управлінських рішень на динаміку проєкту [36].

В основі даної концепції також закладено можливість подальшої адаптації до гібридного прогнозування з використанням машинного навчання, зокрема регресійних моделей або нейронних мереж, які здатні апроксимувати складні багатофакторні залежності між вихідними параметрами та цільовою метрикою результативності. Однак у рамках цієї концептуальної моделі акцент зроблено саме на структурному, детермінованому підході, що забезпечує прозорість інтерпретації та формалізовану можливість валідації результатів.

Отже, концепція побудови прогнозної моделі результативності розробки CRM-системи формує комплексну, математично обґрунтовану рамку для кількісного оцінювання результативності розробки в реальному часі, з можливістю аналітичного прогнозування на основі детального розкладу технічних, функціональних та ресурсно-планових параметрів. Застосування цієї моделі забезпечує ґрунт для об'єктивного моніторингу, оптимізації розробки, виявлення критичних зон ризику та підвищення керованості проєкту в цілому.

3.3 Алгоритм оцінювання прогнозу результативності IT-проєкту на основі марковських ланцюгів

Алгоритм оцінювання прогнозу результативності IT-проєкту на основі марковських ланцюгів включає в себе кілька етапів, що забезпечують комплексну оцінку результатів реалізації проєкту на основі марковських моделей. Основними етапами алгоритму є:

- ініціалізація параметрів моделі;
- формування підмоделей оцінювання різних складових результативності;
- побудова марковської моделі для прогнозування станів;
- сценарне моделювання на основі марковської моделі;
- адаптація параметрів моделі в реальному часі;
- інтерпретація результатів прогнозування;

– підтримка прийняття управлінських рішень.

Першим кроком у реалізації алгоритму є ініціалізація параметрів моделі. Для цього необхідно зібрати вхідні дані, які будуть використовуватися для оцінки результативності проєкту, такі як план реалізації, бюджет, вимоги до функціональності та технічні критерії якості. Після збору цих даних встановлюються вагові коефіцієнти для кожної складової результативності, зокрема w_1 для функціональної повноти, w_2 для технічної якості та w_3 для відповідності часовим і бюджетним обмеженням. Ці коефіцієнти можуть бути визначені на основі експертного опитування або методів багатокритеріальної оптимізації, таких як аналіз ієрархій (АНР) [37].

На наступному етапі розробляються три підмоделі, які оцінюють різні аспекти результативності проєкту. Перша підмодель – це функціональна повнота $F(t)$, що визначається як частка реалізованих функцій із загального переліку. Друга підмодель оцінює технічну якість $Q(t)$, яка базується на метриках, таких як кількість помилок, стабільність роботи та безпека. Третя підмодель $C(t)$ оцінює відповідність часовим і бюджетним обмеженням, порівнюючи планові та фактичні значення за термінами та витратами. Кожна з цих підмоделей генерує значення, яке буде використовуватись для подальшої оцінки результативності проєкту.

Третій етап передбачає побудову марковської моделі для прогнозування станів результативності проєкту. Це досягається шляхом формування матриці ймовірностей переходу $P = [p_{ij}]$, яка показує ймовірність переходу з одного стану результативності в інший за один часовий крок [38]. Матриця повинна задовольняти умові стохастичності, що означає, що сума ймовірностей в кожному рядку дорівнює одиниці. За допомогою цієї матриці можна моделювати зміну результативності проєкту в часі, приймаючи до уваги лише попередній стан.

Четвертий етап алгоритму включає сценарне моделювання на основі марковської моделі. Спочатку визначається початковий розподіл ймовірностей

для результативності проєкту. Це може бути рівномірний розподіл або конкретний стан, що описує початковий стан проєкту. Далі за допомогою матриці переходів P здійснюється рекурентне обчислення ймовірностей перебування проєкту в кожному з можливих станів на наступних кроках часу. Це дозволяє оцінити ймовірність досягнення того чи іншого рівня результативності на основі поточної ситуації.

П'ятий етап передбачає адаптацію параметрів моделі. Оскільки процес реалізації проєкту є динамічним і залежить від багатьох змінних, необхідно коригувати параметри моделі, зокрема вагові коефіцієнти для підмоделей або ймовірності переходів у марковській матриці. Адаптація може відбуватися автоматично за допомогою методів оптимізації, таких як градієнтний спуск, або на основі нових даних щодо стану проєкту.

Шостий етап включає інтерпретацію результатів прогнозування. З отриманих даних створюються графіки динаміки результативності, які дозволяють аналізувати можливі зміни в прогнозах на основі змін в умовах проєкту. Наприклад, можна побудувати графіки ймовірностей перебування проєкту в певному стані для різних сценаріїв, що допомагає зрозуміти потенційні ризики та вигоди від вибору різних стратегій реалізації.

На завершальному етапі результати оцінки результативності використовуються для прийняття управлінських рішень. Прогнозні дані дозволяють коригувати план проєкту, приймати рішення щодо змін у бюджеті або термінах, а також виявляти ризикові етапи реалізації. Прогнозування результативності може стати основою для розробки стратегії адаптації проєкту до нових умов або для прийняття рішень щодо оптимізації використання ресурсів [39]. Крім того, ці результати можуть допомогти виявити слабкі місця проєкту, що потребують додаткової уваги, або виявити потенційні можливості для прискорення реалізації та зменшення витрат. Завдяки такому підходу управлінці отримують більш обґрунтовану та гнучку основу для прийняття рішень, що забезпечує довгострокову стійкість та успішне завершення проєкту.

Таким чином, алгоритм оцінювання результативності ІТ-проєкту на основі марковських ланцюгів дозволяє отримати точніші прогнози розвитку проєкту, адаптувати його параметри до реальних умов, знижуючи невизначеність і підвищуючи ймовірність досягнення бажаних результатів. У підсумку, це сприяє більш ефективному управлінню ресурсами та мінімізації ризиків, що в свою чергу веде до покращення загальної ефективності реалізації проєкту.

3.4 Аналіз переваг і обмежень розробленого алгоритму

Алгоритм оцінювання результативності ІТ-проєкту на основі марковських ланцюгів, як метод прогнозування розвитку проєктів, має ряд суттєвих переваг, що роблять його ефективним інструментом для оцінки та управління проєктами в умовах невизначеності. Однак, як і будь-яка інша методологія, він також має свої обмеження, які необхідно враховувати при застосуванні в реальних умовах.

Переваги розробленого алгоритму:

- можливість моделювання динамічних процесів;
- адаптивність до зміни умов;
- врахування ймовірностей та неповноти даних;
- зниження ризиків та покращення управлінських рішень;
- можливість реалізації та початкових етапах.

Одна з основних переваг алгоритму, побудованого на марковських ланцюгах, полягає в здатності моделювати розвиток проєкту як динамічний процес. Марковські ланцюги дозволяють прогнозувати ймовірні стани системи в майбутньому на основі поточних і попередніх станів, що надає можливість обчислювати ймовірності досягнення різних результатів, враховуючи етапи реалізації проєкту.

Марковські ланцюги здатні адаптуватися до змін у внутрішніх та зовнішніх умовах проєкту [40]. Це дозволяє коригувати стратегії на різних етапах реалізації та мінімізувати ризики, що виникають через непередбачувані обставини. В результаті це сприяє підвищенню точності прогнозів та дозволяє своєчасно коригувати проєктні плани для досягнення оптимальних результатів.

Використання марковських ланцюгів дозволяє враховувати ймовірності різних сценаріїв розвитку проєкту, що вкрай важливо в умовах неповної або непевної інформації. Це дає змогу проводити більш точну оцінку ризиків, зокрема в умовах, коли зібрана інформація про проєкт не є повною або має певну ступінь невизначеності.

Однією з важливих переваг є здатність алгоритму виявляти потенційно ризикові етапи проєкту, що дозволяє керівникам проєкту своєчасно вжити заходів для їх нейтралізації. Завдяки прогнозуванню можливих сценаріїв розвитку та оцінці ймовірності виникнення проблемних ситуацій, керівники можуть приймати обґрунтовані рішення для оптимізації ресурсу та покращення результативності проєкту.

Алгоритм можна застосовувати як на етапі ініціації проєкту, коли планується його реалізація, так і на етапах моніторингу для постійної корекції курсу та оптимізації результатів. Це дозволяє не лише здійснювати початкову оцінку, а й забезпечити адаптивний процес управління на всіх етапах реалізації.

Обмеження розробленого алгоритму:

- необхідність високоякісних вихідних даних;
- обмеження при складних та багатозадачних проєктах;
- високі вимоги до обчислювальних ресурсів для масштабних проєктів;
- труднощі в моделюванні довготривалих та малоймовірних подій;

Одним із суттєвих обмежень є необхідність наявності достатньо точних і повних даних для належного моделювання процесу. Погана якість початкових даних або їх відсутність може значно погіршити точність прогнозів. Це є проблемою для проєктів, де дані не завжди доступні в повному обсязі або мають значний рівень невизначеності.

Алгоритм може мати труднощі при застосуванні до дуже складних і багатозадачних проєктів, де велика кількість залежностей між етапами та ресурсами, що ускладнює формулювання марковських переходів. У таких випадках може бути необхідним спрощення моделі або використання додаткових методів для корекції результатів.

Алгоритм, заснований на марковських ланцюгах, може вимагати значних обчислювальних ресурсів, особливо при масштабних проєктах із великою кількістю етапів і варіантів розвитку. Це обмежує його застосування в умовах обмежених ресурсів, коли необхідно виконувати чисельні розрахунки в реальному часі.

Хоча марковські ланцюги є потужним інструментом для моделювання ймовірнісних процесів, вони мають певні обмеження щодо складності моделей, які можуть бути побудовані. У випадках, коли проєкти мають складні динамічні взаємодії та багатофакторні залежності, простота марковських ланцюгів може бути недостатньою для точного прогнозування [41].

Хоча марковські ланцюги добре підходять для короткострокового прогнозування, вони можуть мати обмежену ефективність при прогнозуванні малоїмовірних подій або довготривалих ефектів. З огляду на те, що марковські моделі часто орієнтовані на стани з обмеженою кількістю переходів, передбачення подій з віддаленими термінами реалізації може бути неточним.

Розроблений алгоритм оцінювання результативності ІТ-проєкту на основі марковських ланцюгів має значні переваги, особливо в умовах динамічних змін і неповних даних, що дозволяє ефективно оцінювати ймовірність досягнення бажаних результатів і приймати управлінські рішення для корекції проєкту. Однак, як і будь-яка модель, він має й певні обмеження, зокрема щодо вимог до точності даних, складності багатозадачних проєктів і обчислювальних ресурсів. Тому його застосування потребує ретельного аналізу специфіки проєкту та умов, у яких він реалізується, а також можливих додаткових коригувальних заходів для забезпечення більш точних і надійних прогнозів.

4 АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ІТ-ПРОЄКТУ СИСТЕМ НАЛАГОДЖЕННЯ ВЗАЄМОВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ

4.1 Характеристика типового ІТ-проєкту налагодження взаємовідносин з клієнтами

Типовий ІТ-проєкт, орієнтований на налагодження взаємовідносин з клієнтами, передбачає створення, адаптацію або інтеграцію системи управління взаєминами з клієнтами. У межах такого проєкту реалізується комплекс заходів, спрямованих на централізацію, автоматизацію та вдосконалення процесів взаємодії з поточними та потенційними споживачами товарів або послуг підприємства.

У фокусі такого проєкту перебуває впровадження інформаційної системи, що дозволяє організовувати дані про клієнтів, керувати історією взаємодії з ними, планувати маркетингові кампанії, автоматизувати процеси продажу, обслуговування та підтримки. Йдеться про багаторівневий проєкт з тісною інтеграцією до внутрішньої організаційної інфраструктури та із суттєвими вимогами до захищеності даних, гнучкості конфігурації та масштабованості рішення.

Типовий ІТ-проєкт у цій галузі охоплює п'ять ключових фаз:

– фаза ініціації, тобто формулювання цілей впровадження системи, визначення ключових зацікавлених сторін, попередній аудит існуючих каналів взаємодії з клієнтами, формування початкового переліку функціональних очікувань і бюджету;

– фаза аналітики та проектування, тобто поглиблений аналіз процесів взаємодії з клієнтами, ідентифікація слабких місць і точок росту, проектування бізнес-логіки майбутньої CRM-системи, моделювання ключових сценаріїв взаємодії, технічне проектування;

– фаза розробки або адаптації рішення, тобто вибір технологічної платформи (власна розробка, адаптація відкритого рішення або впровадження комерційного продукту), реалізація та конфігурування функціональних модулів, налаштування ролей, прав доступу, створення інтерфейсів інтеграції з ERP, сервісами підтримки, аналітичними модулями;

– фаза впровадження, тобто проведення міграції даних із попередніх джерел, модульне тестування, інсталяція системи в продуктивне середовище, запуск у пілотному режимі, оцінка технічної стабільності та організаційної готовності;

– фаза підтримки та супроводу, тобто підготовка інструкцій та навчальних матеріалів, навчання персоналу, реагування на інциденти, оновлення та вдосконалення системи відповідно до змін бізнес-процесів і структури клієнтської бази.

У типовому проєкті цього типу надзвичайно важливими є аспекти інформаційної безпеки, оскільки обробка персональних даних клієнтів, їхньої поведінкової історії та фінансових транзакцій вимагає суворого дотримання регламентів захисту даних. Система має підтримувати рольове керування доступом, журналювання дій користувачів, шифрування каналів зв'язку та резервне копіювання.

Крім того, значну увагу в межах проєкту приділяють адаптивності функціоналу до специфіки бізнесу, що передбачає кастомізацію бізнес-логіки системи з урахуванням галузевих особливостей, структури продажу, регіональних сегментів ринку та внутрішніх стандартів компанії. Також поширеною є інтеграція CRM з багатоканальними платформами взаємодії (соціальні мережі, email, кол-центри, мобільні застосунки), що значно розширює інструментарій для комунікації з клієнтами.

Особливої уваги потребує управління змінами, оскільки впровадження CRM-системи зазвичай супроводжується трансформацією організаційної культури, переглядом регламентів роботи з клієнтами, зміною мотиваційних схем та відповідальністю персоналу за введення даних. Ці зміни викликають

ризика супротиву з боку користувачів, що вимагає чіткої комунікації з командою, залучення ключових користувачів до етапів планування і прийняття рішень, а також гнучких навчальних програм.

У підсумку, типовий IT-проект у сфері налагодження взаємовідносин з клієнтами – це структурований багатофакторний процес, який об'єднує технічні, організаційні та поведінкові компоненти. Його реалізація вимагає чіткої координації, адаптивного планування, управління ризиками і стратегічного бачення трансформацій, які має забезпечити впровадження нової інформаційної системи.

4.2 Опис інструментів реалізації прогнозної моделі

У межах реалізації прогнозної моделі оцінювання IT-проекту з налагодження взаємовідносин з клієнтами було обрано мову програмування Python як універсальний інструмент, що забезпечує ефективну підтримку процесів обробки, аналізу, моделювання та візуалізації даних. Python відзначається відкритістю, широким спектром бібліотек і гнучкістю інтеграції з іншими інформаційними середовищами, що дозволяє реалізувати повноцінну аналітичну систему без потреби у використанні спеціалізованого комерційного ПЗ. Реалізація моделі спиралася на класичний апарат марковських ланцюгів, що вимагав наявності потужного інструментарію для обчислення матриць, симуляції переходів, побудови моделей розподілу ймовірностей та відображення результатів у зручному для користувача форматі.

На етапі попередньої обробки даних основну роль відіграла бібліотека `pandas`, яка дозволила імпортувати вхідні таблиці з часовими даними у форматах CSV та Excel, а також виконати їх групування, фільтрацію, агрегацію та обробку пропущених значень. Зокрема, завдяки методам `resample()` та `groupby()` було здійснено формування часових рядків, що характеризують зміну

станів реалізації проєкту в межах кожної фази. Масиви з індикаторами ефективності виконання завдань було синхронізовано з часовими мітками, що забезпечило основу для подальшого формування множини дискретних станів системи.

Для побудови матриці переходів використовувалася бібліотека NumPy, яка надала можливості для роботи з багатовимірними масивами та ефективною реалізацією лінійної алгебри. Матриця ймовірнісних переходів формувалась на основі емпіричних частот змін станів між часовими кроками. Для нормалізації та приведення матриці до стохастичного вигляду використовувались методи поділу кожного рядка на суму його елементів. Отримана матриця стала основним структурним елементом марковської моделі, що описує логіку переходів між станами проєкту.

Визначення самих станів відбувалося шляхом кластеризації за допомогою алгоритмів з пакету scikit-learn. Особливу увагу було приділено агломеративній кластеризації, яка дозволила на основі історичних даних виокремити типові стани виконання (наприклад, «нормальний хід», «затримка», «ризик зриву», «блокування етапу»). Згруповані спостереження формували дискретну множину можливих станів, яка слугувала простором станів марковського ланцюга. У деяких експериментах додатково використовувалися евристичні методи формування станів на основі встановлених порогових значень ключових показників ефективності.

Для моделювання переходів і побудови графової структури марковського ланцюга було використано бібліотеку NetworkX, що надала зручні засоби для побудови орієнтованих графів. Кожна вершина графа відповідала окремому стану, а ребра описували ймовірності переходів між ними. Цей граф дозволив візуально представити архітектуру ланцюга, проаналізувати транзитивність, циклічність, а також виявити ключові вузли (наприклад, абсорбційні або домінантні стани, через які проходить більшість траєкторій розвитку проєкту).

Оцінка довгострокових характеристик системи, таких як стаціонарний розподіл і очікувана кількість кроків до досягнення певного стану,

здійснювалася з використанням бібліотеки SciPy. Зокрема, методи обчислення власних значень та власних векторів дозволили отримати розподіл, до якого сходиться система при достатньо великій кількості ітерацій. Це дало змогу визначити ймовірність тривалого перебування проєкту в окремих станах та проаналізувати стабільність його реалізації у межах заданих параметрів.

Для виконання численних симуляцій сценаріїв розвитку, зокрема при різних початкових умовах або при внесенні змін до матриці переходів, було залучено багатопоточність через `joblib` або `multiprocessing`. Це дозволило істотно скоротити час обробки сценаріїв для аналізу варіативності проєкту залежно від зовнішніх чинників чи внутрішніх управлінських рішень. Крім того, такий підхід забезпечив можливість паралельного дослідження великої кількості гіпотетичних траєкторій розвитку, що є критично важливим для формування адаптивних управлінських стратегій. Завдяки масштабуванню обчислень на багатоядерних процесорах модель стала придатною до використання в режимі реального часу в умовах динамічного оновлення даних.

Завершальний етап реалізації моделі передбачав візуалізацію результатів прогнозування за допомогою бібліотек `Matplotlib` та `Seaborn`. Використано як традиційні графіки зміни ймовірностей станів з часом, так і теплові карти (`heatmaps`), що демонстрували значення ймовірностей переходів у кольоровому форматі. Також було реалізовано графічне представлення графів станів і траєкторій їх зміни, що дозволило отримати інтуїтивне уявлення про складність і потенційні вузькі місця у реалізації проєкту. Інтерактивні елементи візуалізації, зокрема засоби вибору часових проміжків або фільтрації за станами, надали аналітикам можливість гнучко аналізувати поведінку системи. Це істотно покращило інтерпретованість результатів та сприяло інтеграції моделі у процеси прийняття управлінських рішень.

Таким чином, інтегроване застосування бібліотек Python забезпечило повноцінну технічну базу для реалізації, аналізу та експериментальної перевірки прогнозової моделі, що базується на марковських ланцюгах. Завдяки модульності й відкритості програмної реалізації, розроблена система може бути

адаптована до проєктів різної складності й масштабу в межах задач управління інформаційними проєктами.

4.3 Експериментальна перевірка запропонованої методики оцінювання результативності IT-проєкту для CRM-систем

Метою проведеного експерименту було порівняння різних методів оцінки результативності впровадження CRM-системи, враховуючи специфіку кожного етапу проєкту та вплив на результат таких чинників, як ризики та невизначеності. Етапи, через які проходить проєкт, включають аналіз вимог, розробку, тестування, впровадження та підтримку системи. Для кожного з цих етапів було визначено початкові оцінки результативності, що варіюються від 0 до 1, відображаючи базові оцінки ефективності на кожному з етапів. Однак, щоб точно оцінити можливі відхилення від цих результатів через різні фактори, було враховано ймовірність ризиків, які можуть виникнути на кожному етапі. Для цього на кожен етап було накладено фактори ризику, що відображають ймовірність виникнення певних проблем.

На рис. 4.1 показано порівняння результативності різних методів оцінки на кожному етапі проєкту, де розроблений метод враховує ризики, а інші методи – базуються на стандартних показниках або методах оцінки без урахування таких факторів. На основі цієї візуалізації можна побачити, як різні методи оцінки змінюють результативність в залежності від етапу проєкту та пов'язаних з ним ризиків. Важливим аспектом є те, що для розробленого методу була введена корекція результативності з урахуванням ризиків, що дозволяє більш точно передбачити результат, ніж у методів, які не враховують потенційні труднощі на етапах розробки та впровадження.

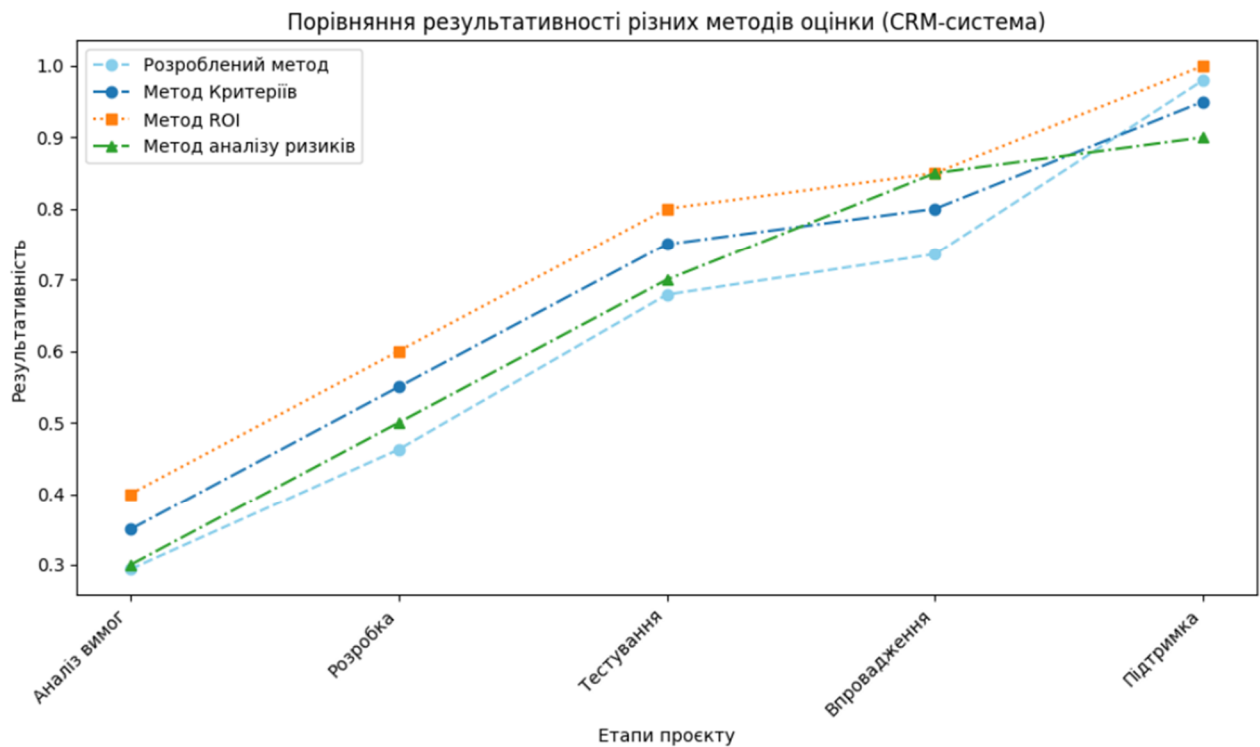


Рисунок 4.1 – Порівняння результативності ІТ-проєкту CRM-системи різними методами

Для порівняння було використано три стандартні методи оцінки результативності, а саме метод критеріїв, метод показників ROI і метод аналізу ризиків. Метод критеріїв дозволяє оцінювати результативність на основі визначених критеріїв успішності, але не враховує безпосередньо ризики, що може бути суттєвим недоліком для складних ІТ-проєктів. Метод ROI оцінює ефективність проєкту на основі фінансових показників, зокрема співвідношення прибутку до витрат, що також може не враховувати специфіку виконання кожного етапу проєкту. Метод аналізу ризиків вважається більш об'єктивним у контексті врахування потенційних загроз, але він не завжди дає точне прогнозування результатів на кожному етапі проєкту, якщо ризики не оцінені коректно.

На рис. 4.2 представлено результативність кожного методу на основі специфічних етапів проєкту, що дозволяє побачити, як кожен метод реагує на зміни в оцінках результативності в залежності від етапу. Розроблений метод,

зокрема, показує найкращі результати на етапах з високими ризиками, такими як розробка та впровадження. Це підтверджує високу точність методу, оскільки він правильно адаптує результативність до реальних умов виконання проєкту, коригуючи її з урахуванням фактичних ризиків. Крім того, важливо зазначити, що розроблений метод здатен значно точніше прогнозувати результативність, оскільки він враховує не лише початкові оцінки, а й потенційні труднощі, які можуть виникнути через ризики.

Метрики точності для кожного методу:
 Розроблений метод: MAE = 0.0297, RMSE = 0.0357
 Метод Критеріїв: MAE = 0.0400, RMSE = 0.0447
 Метод ROI: MAE = 0.0700, RMSE = 0.0806
 Метод аналізу ризиків: MAE = 0.0300, RMSE = 0.0500

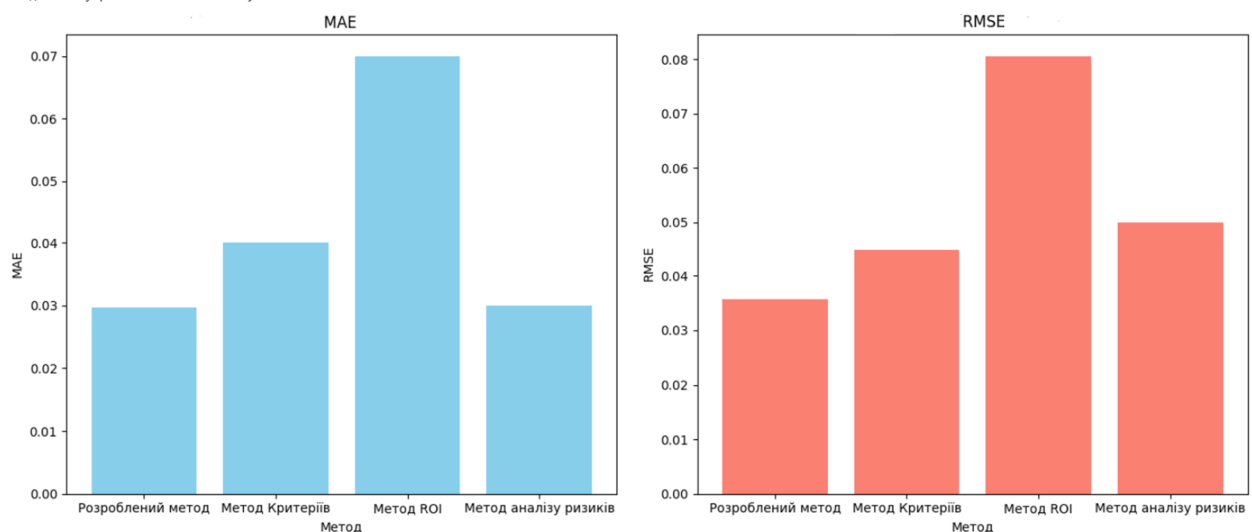


Рисунок 4.2 – Точність визначеної результативності IT-проєкту CRM-системи різними методами

У процесі експерименту було також розраховано кілька метрик точності, таких як середнє абсолютне відхилення (MAE) і середньоквадратичне відхилення (RMSE), для оцінки кожного методу. Розроблений метод показав найнижчі значення цих метрик, що свідчить про його високу точність і здатність до адекватного прогнозування результатів при врахуванні ризиків.

У додатку А представлена програмна реалізація етапів комбінованого методу оцінювання результативності IT-проєкту налагодження взаємовідносин з клієнтами, де представлено лістинг коду для реалізації порівняння

результативності IT-проєкту CRM-системи різними методами (див. рис. А.1) та лістинг коду для реалізації оцінки точності визначеної результативності IT-проєкту CRM-системи різними методами (див. рис. А.2).

Таким чином, результати експерименту показали, що розроблений метод, який враховує ризики на кожному етапі проєкту, є більш точним у порівнянні з іншими стандартними методами оцінки. Це дозволяє зробити висновок, що для складних IT-проєктів, де врахування ризиків є критично важливим, саме цей метод забезпечує більш надійне прогнозування результативності та дозволяє ефективно управляти ризиками на кожному етапі проєкту.

4.4 Розробка рекомендацій щодо підвищення результативності IT-проєкту для CRM-систем

Розробка та впровадження CRM-системи є складним і багатофазним процесом, що вимагає ретельного планування та ефективного управління на кожному етапі. Для забезпечення успішного впровадження такої системи, важливо звертати увагу на кілька ключових аспектів, що здатні підвищити результативність проєкту. Ці аспекти включають управління ризиками, належну оцінку результатів на всіх етапах проєкту, а також вдосконалення процесів розробки та тестування системи [42].

Однією з головних рекомендацій є впровадження системи моніторингу та контролю ризиків на кожному етапі проєкту. Систематична ідентифікація потенційних загроз, таких як технічні труднощі, затримки у розробці або непередбачені фінансові витрати, дозволяє знизити їхній вплив на кінцевий результат. Для цього слід застосовувати методи оцінки ризиків, включаючи аналіз ймовірності їх виникнення та визначення потенційних наслідків для проєкту. Врахування ризиків на кожному етапі не лише дозволяє адаптувати

стратегії управління, але й підвищує точність прогнозування результатів, що є ключовим для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Ще одним важливим кроком є оптимізація процесу тестування. Залучення усіх зацікавлених сторін до тестування на ранніх етапах розробки дозволяє виявляти помилки та неточності на більш ранньому етапі, що значно знижує ймовірність їх виникнення на пізніших етапах впровадження [43]. Використання методів автоматизованого тестування може допомогти знизити витрати часу на перевірку функціональності та стабільності системи, забезпечуючи високий рівень точності та ефективності виявлення дефектів. Крім того, важливою частиною тестування є перевірка системи на здатність до масштабування, що є критично важливим для успішного функціонування CRM-системи в умовах зростаючих вимог до бізнесу.

Для підвищення результативності проєкту також необхідно активно використовувати принципи гнучкого управління проєктами (agile). Застосування гнучких методологій дозволяє зберігати адаптивність проєкту в умовах змін, що виникають в процесі розробки та впровадження CRM-системи [44]. Такий підхід сприяє більш швидкому реагуванню на зміни у вимогах користувачів або технологічні зміни, що може значно скоротити час на внесення коректив до проєкту та підвищити його адаптивність. Важливо також застосовувати методи регулярних ітерацій, що дозволяють на кожному етапі перевіряти досягнуті результати та вносити корективи у стратегію розвитку.

Не менш важливим є підвищення рівня взаємодії між усіма учасниками проєкту. Забезпечення ефективної комунікації між замовниками, розробниками та тестувальниками є ключовим фактором для досягнення успішного результату. Створення чіткої стратегії комунікації дозволяє уникнути непорозумінь та дозволяє своєчасно врахувати побажання та вимоги замовника. Інтеграція зворотного зв'язку від користувачів на різних етапах проєкту дозволяє краще відповідати на потреби бізнесу та забезпечити високу задоволеність кінцевих користувачів системи.

Окрім цього, для підвищення результативності проєкту важливою є постійна оцінка та аналіз ефективності використовуваних технологій та інструментів. Вибір технологічних рішень, що відповідають вимогам бізнесу та забезпечують стабільність системи, є важливим для мінімізації ризиків, пов'язаних з технічними проблемами [45]. Використання новітніх технологій та інструментів для автоматизації бізнес-процесів та інтеграції з іншими системами може значно підвищити ефективність CRM-системи, а також зменшити витрати на її впровадження та підтримку.

Однією з найбільш перспективних стратегій для підвищення результативності є активне використання аналітики даних та штучного інтелекту для оптимізації процесів управління взаємовідносинами з клієнтами. Впровадження інструментів для збору та аналізу даних про поведінку клієнтів дозволяє знизити ризики, пов'язані з неправильними прогнозами та рішеннями на основі неповних або застарілих даних. Це також допомагає бізнесу більш точно визначити потреби клієнтів, а отже, покращити персоналізацію обслуговування, що є одним з основних чинників успішності CRM-систем.

Таким чином, підвищення результативності IT-проєкту для CRM-системи досягається завдяки комплексному підходу, який включає впровадження ефективних методів управління ризиками, оптимізацію процесів тестування та розробки, використання гнучких методологій, покращення комунікації та взаємодії між учасниками проєкту, а також інтеграцію новітніх технологій і інструментів для аналізу та автоматизації процесів. Це дозволяє не лише зменшити ймовірність невдачі, а й забезпечити високу результативність системи на всіх етапах її впровадження та експлуатації.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було розглянуто проблему оцінювання прогнозованої результативності ІТ-проєкту впровадження CRM-системи. Запропоновано метод на основі марковських ланцюгів із ваговим коригуванням, який дозволяє будувати прогнози щодо зміни ключових показників у часі, враховуючи ймовірності переходу між різними станами результативності проєкту.

Запропонований метод дає змогу прогнозувати ефективність CRM-системи на основі історичних даних, що сприяє ухваленню обґрунтованих управлінських рішень. Використання вагового коригування дозволяє адаптувати модель до специфічних умов конкретного підприємства, враховуючи фінансові, операційні, клієнтські та технологічні показники.

Метод марковських ланцюгів дозволяє оцінювати не лише поточний стан CRM-системи, а й моделювати її ймовірний розвиток у довгостроковій перспективі, що робить його корисним для стратегічного планування. Важливою особливістю запропонованого підходу є можливість оцінювання ризиків і визначення оптимальних сценаріїв розвитку проєкту, що може сприяти більш ефективному використанню ресурсів та підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Запропонований підхід вирішує проблему холодного старту, оскільки дозволяє здійснювати прогноз навіть у разі відсутності значного обсягу історичних даних конкретного проєкту. Це досягається за рахунок використання узагальнених перехідних ймовірностей, отриманих із даних аналогічних впроваджень CRM-систем у суміжних бізнес-сферах. Такий підхід дає змогу враховувати типові закономірності змін стану проєкту та робить прогнозування більш точним навіть на ранніх етапах.

Таким чином, розроблений метод може бути ефективним інструментом для оцінювання потенційної результативності впровадження CRM-системи та

мінімізації ризиків на етапі ініціації проєкту. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на удосконалення механізму адаптації матриці ймовірностей переходів під специфічні бізнес-моделі та розширення кількості врахованих факторів впливу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коваленко О. В. Управління вартістю ІТ-проєктів: 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. Кузнєцова Т. В. «Особливості управління вартістю проєктів 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 ІТ-проєктів 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 ІТ-проєктів у ресторанному бізнесі» // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. – 2023. – №1. – С. 56-62.
10. ISO/IEC 12207:2022 Systems and Software Engineering – Software Life Cycle Processes. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
11. PMBOK Guide – 7th Edition A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021.

12. 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.
13. Коваленко І. П. Ансамблеві методи в машинному навчанні: теорія та практика. – Київ: Наукова думка, 2021. – 240 с.
14. Морозов А. Л. Сучасні підходи до ансамблевого навчання в задачах класифікації. – Львів: ЛНУ, 2022. – 200 с.
15. Сидоренко В. М. Ансамблеві алгоритми в глибокому навчанні. – Одеса: ОНУ, 2023. – 280 с.
16. Петренко Д. О. «Беггінг та бустинг: порівняльний аналіз методів ансамблевого навчання» // *Кібернетика та системний аналіз*. – 2020. – Т. 56, №4. – С. 12-19.
17. Гончарук Л. П. «Застосування стохастичних градієнтних бустинг-алгоритмів у задачах прогнозування» // *Штучний інтелект*. – 2021. – №3. – С. 45-52.
18. Kulis K. G., Lewis J. P. Ensemble Methods in Machine Learning: Advances and Applications. – Berlin: Springer, 2023. – 410 p.
19. Zhou Z.-H. Ensemble Methods: Foundations and Algorithms. – Boca Raton: CRC Press, 2021. – 352 p.
20. Polikar R. Ensemble Learning: Methods and Applications in Data Science. – New York: Wiley, 2022. – 430 p.
21. Лавренчук І. Б., Коваленко М. О. Оцінка результативності автоматизації бізнес-процесів в ІТ-проєктах. – Київ: Академперіодика, 2022. – 240 с.
22. Петрова А. М. Оцінка економічної результативності впровадження CRM-систем у малому бізнесі. – Одеса: ОНУ, 2022. – 220 с.
23. Turner, R., & Ledwith, A. Managing Information Systems Projects: Tools and Techniques for Success. – New York: Springer, 2021. – 340 p.
24. Bradley, J. Essentials of Information Systems Project Management. – London: Kogan Page, 2022. – 375 p.

25. Belout S. D., Gagnon M. C. *Information Systems Development: Management of Methodology and Standards*. – London: Routledge, 2021. – 450 p.
26. O'Brien A. W., Marakas D. C. *Management Information Systems*. – New York: McGraw-Hill, 2021. – 415 p.
27. Okechukwu O. M., Afodun F. O. *Business Process Modeling and Information Systems*. – London: CRC Press, 2021. – 280 p.
28. White B. J., Green R. S. *Project Management in Information Technology*. – London: Pearson, 2021. – 325 p.
29. Kane M. C., Cravens G. A. *Managing Information Technology Projects*. – New York: McGraw-Hill, 2022. – 345 p.
30. Young D. M., Seitz S. A. *Evaluating Information System Projects*. – Boston: Prentice Hall, 2021. – 370 p.
31. Smith M. J., Stone L. M. *Project Management for IT Projects*. – New York: Wiley, 2021. – 380 p.
32. Smith L. D. H., Jones M. L. *Project Management for Information Systems*. – London: Routledge, 2021. – 390 p.
33. Jones S. E., Stevens A. D. *Managing Information System Projects*. – London: Pearson, 2021. – 360 p.
34. Anderson C. T., Jensen S. S. *Managing Information Technology Projects: A Hands-on Approach*. – London: Springer, 2022. – 450 p.
35. Macdonald K. H., Wulff M. C. *The Information Systems Project Handbook*. – New York: Springer, 2021. – 320 p.
36. Bennett A. K., Hardwick J. P. *The Effective Management of IT Projects*. – New York: McGraw-Hill, 2021. – 385 p.
37. Lee M. D., Jones T. R. *IT Project Management: A Guide for the New IT Manager*. – New York: Wiley, 2022. – 350 p.
38. Rainer B. J., Phillips P. L. *Information Technology Project Management: A Practical Guide*. – London: Routledge, 2022. – 420 p.
39. Allen T. W., Williams A. G. *Managing Complex IT Projects: Strategies for Success*. – New York: McGraw-Hill, 2021. – 370 p.

40. Zimmerman P. G., Taylor J. H. IT Project Management: A Comprehensive Approach. – Boston: Pearson, 2021. – 375 p.
41. Patel S. C., Roberts E. J. Strategic Management of IT Projects. – New York: Wiley, 2022. – 405 p.
42. Robinson J. L., Simmons R. M. Effective IT Project Planning and Execution. – London: Palgrave Macmillan, 2021. – 365 p.
43. Hamilton M. D., Spencer J. F. Managing IT Projects for Maximum Efficiency. – San Francisco: Jossey-Bass, 2021. – 395 p.
44. Jenkins T. G., Harris L. K. Principles of Information Technology Project Management. – New York: Oxford University Press, 2022. – 410 p.
45. Miller F. A., Perez A. K. Leading IT Projects: Methods and Tools for Success. – London: Kogan Page, 2021. – 390 p.