

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 оцінювання якості та ефективності  
ІТ-проєкту медичної інформаційної системи

(тема)

Виконала:

здобувач 2 року навчання,  
групи УПГІТМ-23-1

Ілона ГРИГОРЯН

(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 проєктами  
в галузі ІТ

(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. каф. ІУС Тетяна БІЛОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

## Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Інформаційних управляючих систем \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 122 Комп'ютерні науки \_\_\_\_\_  
(код і повна назва)Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-наукова \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)Освітня програма \_\_\_\_\_ Управління проектами в галузі інформаційних \_\_\_\_\_  
технологій \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_   
(підпис)

“ 21 ” квітня 20 25 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві \_\_\_\_\_ Григорян Ілоні Спартаківні \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Дослідження методів оцінювання якості та ефективності ІТ-проекту  
медичної інформаційної системи \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від “ 28 ” березня 2025 р. № 235Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 02 ” червня 2025 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Матеріали за підсумками науково-дослідницької практики,  
науково-технічні публікації та інтернет-джерела з тематики кваліфікаційної роботи,  
стандарти якості \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі Аналіз предметної галузі та  
постановка задачі, огляд методів оцінювання якості та ефективності МІС, розробка  
комбінованого методу оцінювання, опис інформаційної технології використання,  
експериментальна перевірка методу для вирішення поставленої задачі, аналіз  
результатів \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної галузі	21.04.2025 - 25.04.2025	Виконано
2	Постановка задачі дослідження	26.04.2025	Виконано
3	Формулювання понять якості та ефективності	27.04.2025 – 02.05.2025	Виконано
4	Огляд і аналіз сучасних методів оцінювання якості та ефективності МІС	03.04.2025 – 07.05.2025	Виконано
5	Формування вимог до МІС та критеріїв оцінювання	08.05.2025 – 10.05.2025	Виконано
6	Розробка комбінованого методу оцінювання якості та ефективності	11.05.2025 – 20.05.2025	Виконано
7	Розробка та опис інформаційної технології використання запропонованого методу	21.05.2025 – 23.05.2025	Виконано
8	Апробація розробленого методу та аналіз результатів	24.05.2025 – 25.05.2025	Виконано
9	Підготовка пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	26.05.2025 - 27.05.2025	Виконано
10	Оформлення презентаційних матеріалів	28.05.2025	Виконано
11	Захист кваліфікаційної роботи в екзаменаційній комісії	04.06.2025	Виконано

Дата видачі завдання 21 квітня 2025 р.

Здобувач



(підпис)

Керівник роботи



(підпис)

доц. каф. ІУС Тетяна БІЛОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 87 с., 13 рис., 13 табл., 1 дод., 32 джерел.

МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОЦІНКА ЯКОСТІ, ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є методи оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем, що включає вивчення основних підходів, критеріїв та інструментів для визначення якості та ефективності таких систем у сфері охорони здоров'я, а також оцінку їх впливу на поліпшення медичних послуг, скорочення витрат та підвищення ефективності роботи медичних закладів.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел, розробка методу оцінювання, розрахунок інтегральних показників на основі формалізованої моделі та проведення апробації на прикладі типового МІС-проекту.

Наукова новизна полягає у впровадженні нечіткої логіки у процес комплексного оцінювання ефективності медичних інформаційних систем, що забезпечує релевантність результатів у ситуаціях неповноти чи неоднозначності вихідних даних.

Практична значущість: розроблений метод та створена на його основі інформаційна технологія можуть бути впроваджені у закладах охорони здоров'я для обґрунтування рішень щодо вибору, впровадження та удосконалення МІС.

## ABSTRACT

Master's thesis: 87 pages, 13 figures, 13 tables, 1 appendix, 32 sources.

MEDICAL INFORMATION SYSTEM, QUALITY ASSESSMENT, EFFICIENCY EVALUATION, FUZZY LOGIC, ASSESSMENT METHODS.

The object of research of the qualification work is the process of assessing the quality and efficiency of IT projects for medical information systems.

The subject of research of the qualification work is the methods for assessing the quality and efficiency of IT projects in the field of medical information systems.

The aim of the master's thesis is to investigate methods for evaluating the quality and efficiency of IT projects for medical information systems, including the study of key approaches, criteria, and tools for determining the quality and effectiveness of such systems in healthcare, as well as assessing their impact on improving medical services, reducing costs, and increasing the efficiency of healthcare institutions.

Research methods: analysis of literary sources, development of an assessment method, calculation of integral indicators based on a formalized model, and testing on the example of a typical medical information system project.

Scientific novelty lies in the introduction of fuzzy logic into the process of comprehensive evaluation of the effectiveness of medical information systems, which ensures the relevance and validity of results in situations of incomplete or ambiguous input data.

Practical significance: the developed method and the information technology created on its basis can be implemented in healthcare institutions to justify decisions regarding the selection, implementation, and improvement of medical information systems.

## ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки .....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області та постановка задачі дослідження.....	10
1.1 Актуальність дослідження та загальний опис медичних інформаційних систем .....	10
1.2. Формалізація понять якості та ефективності .....	15
1.3 Огляд методів оцінювання якості та ефективності в МІС.....	20
1.4 Постановка задачі дослідження.....	30
2 Розробка комбінованого методу оцінювання якості та ефективності.....	31
2.1 Формування вимог до ІС .....	31
2.2 Формування критерію оцінювання якості та ефективності .....	36
2.4 Розробка комбінованого методу.....	38
3 Інформаційна технологія оцінювання якості та ефективності.....	44
3.1 Опис інформаційної технології .....	44
3.2 Практичне застосування методу.....	48
4 Апробація результатів дослідження.....	56
4.1 Загальний опис ІТ- проекту.....	57
4.2 Методика проведення апробації.....	59
4.3 Результати апробації та перспективи подальших досліджень .....	69
Висновки .....	72
Перелік джерел посилання .....	74
Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	79

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КТ – комп'ютерна томографія

МІС – медичні інформаційні системи

МРТ – магнітно-резонансна томографія

API – Application Programming Interface – прикладний програмний інтерфейс

ASQ – American Society for Quality – Американське товариство якості

СВА – Cost-Benefit Analysis – метод аналізу витрат та вигод

DICOM – digital imaging and communications in medicine

EHR – Electronic Health Records – електронні медичні записи

FHIR – Fast Healthcare Interoperability Resources

GDPR – General Data Protection Regulation – загальний регламент захисту даних

НСІТ – Health Care Information Technology – інформаційні технології у сфері охорони здоров'я

НІРАА – Health Insurance Portability and Accountability Act – закон США про захист медичних даних

HL7 – Health Level Seven – стандарт обміну медичними даними

НТА – Health Technology Assessment – оцінка медичних технологій

ІЕС – International Electrotechnical Commission – міжнародна електротехнічна комісія

ISO – International Organization for Standardization – міжнародна організація зі стандартизації

KPI – Key Performance Indicators – ключові показники ефективності

RBAC – Role Based Access Control – керування доступом на основі ролей

ROI – Return on Investment – рентабельність інвестицій

## ВСТУП

Вчені та фахівці в усьому світі все більше зосереджуються на ролі інформаційних технологій у вдосконаленні систем охорони здоров'я. Цифрова трансформація охорони здоров'я запровадила інноваційні рішення, зокрема електронні медичні записи, телемедицину, системи підтримки прийняття рішень та діагностику на основі штучного інтелекту. Ці досягнення значно покращили догляд за пацієнтами, спростили адміністративні процеси та покращили процес прийняття медичних рішень. Однак успішна реалізація медичних ІТ-проектів залежить від їх якості та ефективності, що робить їх оцінку важливою сферою досліджень.

Ефективність медичного ІТ-проєкту залежить не лише від його технічних можливостей, а й від зручності використання, безпеки та впливу на результати лікування пацієнтів. Для оцінювання якості та успішності цих систем розроблено різні методи, зокрема показники продуктивності, опитування задоволеності користувачів і аналізи витрат та вигоди.

В Україні важливість медичних ІТ-проектів значно зросла останніми роками, зокрема через реформи в галузі охорони здоров'я та активну цифровізацію державних послуг. Наприклад, національна система eHealth успішно оцифрувала понад 36,5 мільйонів особистих медичних записів, що покращило доступ до медичних послуг [1]. Однак, незважаючи на ці досягнення, залишаються виклики щодо забезпечення надійності, взаємодії та безпеки цих систем. Згідно з даними Світового банку, ефективні цифрові стратегії в охороні здоров'я можуть знизити операційні витрати та підвищити ефективність медичних послуг, але без належного оцінювання медичні ІТ-проекти можуть не досягти очікуваних результатів [2].

Крім того, впровадження оцінки медичних технологій в Україні з 2016 року відображає стратегічний крок до ухвалення рішень на основі доказів у сфері охорони здоров'я [3]. НТА надає рамки для оцінки соціальних,

економічних, організаційних та етичних аспектів медичних технологій, включаючи ІТ-проекти. Завдяки застосуванню принципів НТА зацікавлені сторони можуть приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження та масштабування медичних ІТ-рішень, забезпечуючи ефективне використання ресурсів на проекти, які демонструють реальні переваги.

Всесвітня організація охорони здоров'я повідомила про 859 атак на заклади охорони здоров'я в Україні станом на березень 2023 року, підкреслюючи нагальну потребу в стійких та ефективних рішеннях у сфері охорони здоров'я [4]. Пошкодження медичної інфраструктури внаслідок воєнних дій збільшило попит на цифрові медичні сервіси, що робить критично важливим оцінювання ефективності цих рішень. Всесвітня організація охорони здоров'я зазначає, що добре впроваджені цифрові системи охорони здоров'я можуть значно покращити безперервність медичних послуг під час криз, що підкреслює необхідність застосування надійних методик оцінювання.

З огляду на ці фактори, дослідження методів оцінювання якості та ефективності медичних ІТ-проектів є вкрай важливим. Системний підхід до оцінювання не лише підвищить якість медичних послуг, а й забезпечить довгострокову успішність та стійкість медичних ІТ-проектів.

Пояснювальну записку до кваліфікаційної роботи було виконано згідно ДСТУ та методичних вказівок [5,6,7].

Результати дослідження було апробовано на конференції «Scientific Research in the Age of Virtual Reality: Exploring New Frontiers» [8].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Актуальність дослідження та загальний опис медичних інформаційних систем

У сучасному світі інформаційні технології відіграють ключову роль у трансформації галузі охорони здоров'я. Медичні інформаційні системи забезпечують ефективне управління медичними даними, покращують якість медичних послуг та оптимізують роботу медичних установ. Однак, із зростанням впровадження IT-рішень у медичну сферу виникає потреба в ретельному оцінюванні їхньої якості та ефективності.

За даними звіту Health-ISAC, Finite State та Securin, опублікованого у 2023 році, кількість вразливостей у медичних пристроях та системах зросла на 59% порівняно з 2022 роком, досягнувши 993 виявлених вразливостей у 966 медичних продуктах. Це підкреслює необхідність впровадження надійних методів оцінювання якості IT-проектів у медичній сфері для забезпечення безпеки пацієнтів та захисту медичних даних [9].

В Україні процес цифровізації медицини активно розвивається. Станом на 2023 рік, електронна система охорони здоров'я є найбільшою державною IT-системою в країні, яка зберігає дані про здоров'я 35 мільйонів українців. До системи внесено 3,3 мільярда медичних записів, 80 мільйонів електронних рецептів та 590 мільйонів електронних направлень. Щоденно з системою працюють 19 тисяч закладів охорони здоров'я, а щосекунди обробляється до 1,7 тисячі запитів [10].

Крім того, у 2023 році в Україні реалізується дорожня мапа зі 107 цифрових проєктів у сфері охорони здоров'я, спрямованих на автоматизацію процесів для медичних працівників, підвищення якості, доступності та безпеки медичних послуг для пацієнтів. Серед втілених ініціатив: COVID-сертифікати для щеплених за кордоном, функціонал обліку реабілітаційних

втручань, електронні рецепти на всі рецептурні препарати та інші [11].

Загалом, зростання обсягу даних пацієнтів, технологічний прогрес, урядові мандати та фінансові стимули для впровадження рішень Health Care Information Technology сприяють розвитку ринку ІТ у сфері охорони здоров'я. Очікується, що протягом 2021–2027 років цей ринок зростатиме в середньому на 18% [12].

МІС є невід'ємною частиною сучасних закладів охорони здоров'я, забезпечуючи ефективне управління як клінічними, так і адміністративними аспектами їхньої діяльності. Вони сприяють підвищенню якості медичних послуг, оптимізують робочі процеси та забезпечують збереження й доступність медичних даних.

Медична інформаційна система - це інтегрована комп'ютерна система, призначена для управління адміністративними, фінансовими та клінічними аспектами лікарні або іншого медичного закладу. Основна мета МІС полягає в забезпеченні найкращої підтримки надання медичної допомоги та адміністративних процесів шляхом електронної обробки даних. Це включає збирання, зберігання, обробку, передачу та представлення інформації, пов'язаної зі здоров'ям пацієнтів, для підтримки прийняття рішень медичним персоналом [13].

В таблиці 1.1 наведено основні підсистеми МІС, кожна з яких відповідає за певний аспект медичної діяльності.

Таблиця 1.1 – Підсистеми МІС

Підсистема	Опис
1	2
Система архівування та передачі зображень	Забезпечує зберігання, доступ і передачу медичних зображень, таких як рентгенівські знімки, КТ та МРТ.

Кінець таблиці 1.1

1	2
Радіологічна інформаційна система	Керує даними радіологічних досліджень, включаючи планування, відстеження та інтерпретацію результатів.
Клінічна інформаційна система	Забезпечує доступ до клінічних даних пацієнтів, підтримує процеси діагностики та лікування.
Інформаційна система для лікарів	Надає лікарям інструменти для документування та перегляду медичної інформації пацієнтів.
Фінансова інформаційна система	Управляє фінансовими аспектами діяльності медичного закладу, включаючи білінг та облік витрат.
Лабораторна інформаційна система	Автоматизує процеси лабораторних досліджень, від замовлення тестів до отримання результатів.
Інформаційна система для медсестер	Підтримує роботу медсестер, включаючи планування догляду за пацієнтами та ведення медичних записів.
Аптечна інформаційна система	Керує процесами замовлення, зберігання та видачі медикаментів.

На рисунку 1.1 представлено переваги впровадження МІС для медичних закладів. Розглянемо їх більш детально:

- покращення якості медичної допомоги: забезпечує швидкий доступ до повної медичної інформації пацієнта, що сприяє більш точній діагностиці та лікуванню;
- підвищення ефективності управління: автоматизація адміністративних процесів зменшує кількість помилок та оптимізує робочі процеси;
- зниження витрат: оптимізація ресурсів та процесів призводить до

економії коштів;

– покращення комунікації: забезпечує ефективний обмін інформацією між різними підрозділами та фахівцями;

– забезпечення безпеки даних: захищає конфіденційну інформацію пацієнтів від несанкціонованого доступу.



Рисунок 1.1 – Переваги впровадження МІС

В Україні важливу роль у цифровізації медицини відіграє eHealth. Це національна електронна система охорони здоров'я, що забезпечує взаємодію медичних установ, пацієнтів та державних органів через єдину платформу. Вона включає функціонал ведення електронних медичних записів, виписування електронних рецептів та направлень, а також контролює фінансування медичних послуг [14]. Складається система з центрального компонента – він відповідає за централізоване зберігання і обробку інформації – і медичних інформаційних систем, які лікарні та поліклініки можуть вибирати на ринку і встановлювати у себе. Компоненти системи eHealth зображено на рисунку 1.2.

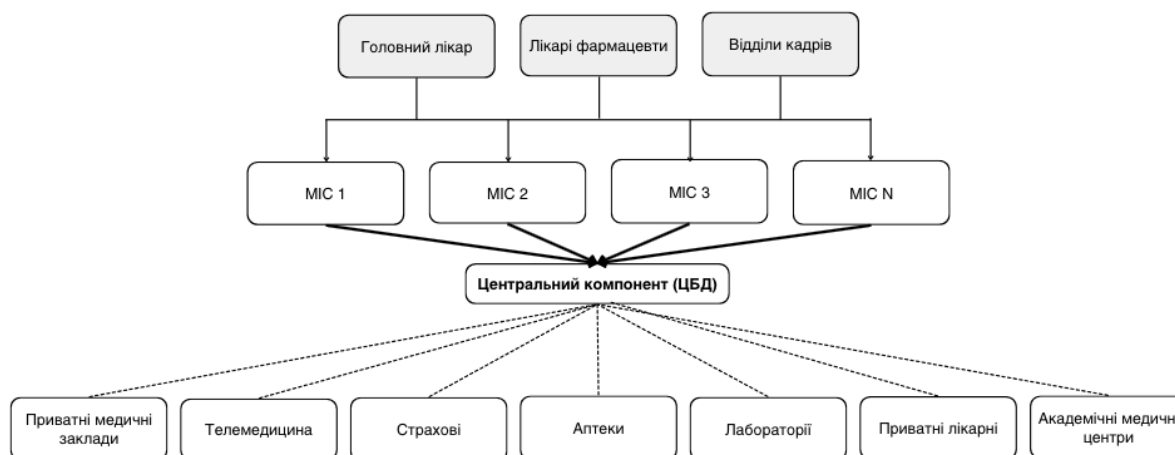


Рисунок 1.2 – Компоненти системи eHealth

Цифровізація охорони здоров'я в Україні є ключовим етапом у підвищенні ефективності медичних послуг, що підкреслює необхідність подальшого удосконалення та оцінювання впроваджених ІТ-рішень.

В Україні та за кордоном існує ряд різних МІС, які варіюються за функціональними можливостями, масштабами використання та рівнем інтеграції з іншими системами. Однією з найбільш поширених медичних інформаційних систем в Україні є HELSI. Ця система забезпечує ефективне ведення електронних медичних карток, автоматизацію обліку пацієнтів, організацію запису на прийом до лікаря, а також підтримку процесів реєстрації медичних процедур та призначень. HELSI також інтегрується з іншими державними та приватними інформаційними ресурсами, що дозволяє забезпечити оперативний доступ до медичної інформації, покращити координацію між різними медичними установами та зменшити адміністративне навантаження на медичний персонал.

Крім того, в Україні активно використовуються й інші медичні інформаційні системи, такі як MedCard, Doctor Eleks, Health 24, які спрямовані на автоматизацію медичних процесів, оптимізацію управлінських функцій і забезпечення безпеки даних пацієнтів [15].

На міжнародному рівні однією з найбільш розвинених і популярних

медичних інформаційних систем є Epic Systems, яка використовується в багатьох країнах, зокрема в США. Ця система охоплює всі аспекти медичної допомоги, включаючи електронні медичні картки, управління лікарськими призначеннями, клінічні дослідження, адміністративні функції та облік фінансових витрат. Epic відома своєю масштабованістю та здатністю інтегруватися з іншими системами охорони здоров'я, що дозволяє ефективно обробляти великі обсяги медичних даних і забезпечувати високу якість обслуговування пацієнтів [16].

Ще однією популярною міжнародною системою є Cerner, яка надає рішення для автоматизації клінічних і адміністративних процесів у лікарнях і медичних закладах. Cerner активно використовується в країнах Європи, Австралії та Канаді і охоплює такі функції, як ведення електронних карток пацієнтів, клінічні дослідження, облік медичних виписок, а також підтримує інтеграцію з іншими медичними технологіями та ресурсами [17].

## 1.2 Формалізація понять якості та ефективності

Ефективність МІС є критично важливою для забезпечення високоякісної медичної допомоги та оптимізації процесів у закладах охорони здоров'я. Розуміння ключових факторів, що впливають на ефективність МІС, а також методів їх оцінювання, дозволяє підвищити продуктивність медичних установ та покращити результати лікування пацієнтів.

Ефективність інформаційної системи – це комплексна характеристика, яка визначає ступінь відповідності функціонування системи поставленим цілям і завданням, а також її здатність забезпечувати користувачів необхідною інформацією у найкоротші терміни та з мінімальними витратами ресурсів. Вона оцінюється за такими критеріями, як продуктивність, зручність використання, інтеграція з іншими системами, економічна доцільність та

вплив на загальну ефективність роботи організації. Висока ефективність інформаційної системи сприяє оптимізації бізнес-процесів, підвищенню рівня автоматизації та покращенню прийняття управлінських рішень.

Одним із фундаментальних аспектів ефективності МІС є надійна технічна інфраструктура. Медичні установи потребують систем, здатних обробляти великі обсяги даних та забезпечувати їхню безпеку. Сумісність між різними технологіями, такими як електронні медичні картки, лабораторні системи та інші, є важливим фактором. Крім того, доступ до стабільного Інтернету та використання таких технологій, як хмарні рішення, ШІ та аналітика в реальному часі, значно підвищують ефективність МІС.

Навчання та розвиток навичок медичних працівників також відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності МІС. Для ефективного використання систем необхідно, щоб працівники мали достатні знання та навички у роботі з такими системами, як EHR та системи підтримки прийняття рішень. Правильне навчання дозволяє знижувати ймовірність помилок, покращує якість медичних послуг і сприяє кращій взаємодії між лікарями та пацієнтами.

Задоволеність пацієнтів та їхня участь у процесі лікування є важливими аспектами ефективності МІС. Впровадження систем, що дозволяють пацієнтам самостійно записуватись на прийом, переглядати медичні записи та спілкуватися з лікарями, сприяє їхній активній участі в процесі лікування. Це не лише підвищує рівень задоволеності, але й покращує загальний досвід пацієнтів від медичного обслуговування.

Для досягнення максимальної ефективності МІС необхідне належне управління даними та їхня обробка. Застосування передових аналітичних методів, таких як прогностична аналітика, машинне навчання та ШІ, дозволяє лікарям приймати більш обґрунтовані рішення на основі реальних даних, знижуючи ймовірність помилок та підвищуючи ефективність використання ресурсів у медичних установах [18].

Рисунок 1.3 ілюструє основні складові ефективності впровадження та

функціонування МІС. На схемі показано, що ефективність МІС визначається за кількома ключовими аспектами: організаційним, клінічним, управлінським, стратегічним, ергономічним, технологічним, економічним та оперативним. Кожен із цих компонентів відіграє важливу роль у забезпеченні успішного впровадження та функціонування системи, впливаючи на її зручність використання, економічну доцільність, управлінську ефективність та технологічний рівень [19].



Рисунок 1.3 – Складові ефективності впровадження та функціонування МІС

Якість інформаційних систем визначає набір характеристик, які характеризують і визначають корисність та існування цих систем, таких як безпека, зручність використання, масштабованість та інші. Якість можна трактувати як сукупність властивостей, що має продукт чи послуга, а також їх здатність задовольняти нові та складні вимоги користувачів, наприклад, безпеку медичних записів. Це означає, що продукт чи послуга відповідає специфікаціям, для яких вона була розроблена, і повинна відповідати вимогам користувачів та клієнтів [20].

Якість медичних інформаційних систем визначає їхню здатність відповідати потребам медичних закладів, забезпечувати ефективне управління

медичними даними та сприяти покращенню медичного обслуговування. На якість МІС впливає сукупність різних факторів, які можна умовно розділити на управлінські, технічні та інтеграційні аспекти.

Один із ключових факторів, що впливає на якість МІС, – це ефективне управління інформаційними технологіями у медичних закладах. Чітке визначення відповідальності на всіх рівнях керування ІТ-процесами є важливим для стабільного функціонування системи. На стратегічному рівні необхідно розробляти довгострокові плани розвитку інформаційних технологій у лікарні, враховуючи загальні цілі закладу охорони здоров'я. Таке планування дозволяє створити єдину інформаційну інфраструктуру, яка буде відповідати як поточним, так і майбутнім потребам закладу. Важливим аспектом управління є також операційний рівень, де впроваджуються конкретні технічні та адміністративні заходи для підтримки функціонування системи. Наприклад, належна організація ІТ-служби, регулярне оновлення програмного забезпечення, а також забезпечення безперервності роботи системи (наприклад, через резервне копіювання даних і плани дій у разі збоїв) є вирішальними для якісної роботи МІС.

Іншим вагомим фактором, що визначає якість медичних інформаційних систем, є надійність їхньої технічної архітектури та інформаційної інфраструктури. Ефективність будь-якої ІТ-системи залежить від її здатності обробляти та зберігати великі обсяги даних, а також забезпечувати зручний і швидкий доступ до медичної інформації. Надійність медичної інформаційної системи забезпечується через використання сучасних технологій, таких як хмарні обчислення, передові бази даних, а також засоби для безпечного зберігання та передачі даних. Медичні працівники потребують швидкого доступу до електронних медичних карток, лабораторних результатів, діагностичних зображень тощо, і тому система повинна мати потужні механізми обробки запитів та забезпечення безперервної роботи.

Важливим фактором також є масштабованість МІС, яка дозволяє адаптувати систему до збільшення кількості користувачів та обсягу даних без

зниження продуктивності.

Якість роботи медичної інформаційної системи залежить і від її інтеграційних можливостей, оскільки лікарні використовують широкий спектр різних програмних продуктів, які мають взаємодіяти між собою. Ефективна інтеграція передбачає створення єдиного інформаційного простору, в якому різні системи, такі як електронні медичні картки, лабораторні інформаційні системи та фармацевтичні системи, можуть безперешкодно обмінюватися даними. Однією з головних проблем у цьому контексті є семантична сумісність, тобто забезпечення того, щоб всі інформаційні системи "розуміли" одна одну і могли коректно інтерпретувати отримані дані. Окрім цього, важливим є контекстна інтеграція, яка означає, що інформаційна система має бути адаптованою до реальних умов роботи медичних установ і підтримувати робочі процеси лікарів, медсестер, адміністративного персоналу та інших учасників медичного процесу.

Оцінка якості медичних інформаційних систем також враховує користувацький досвід та рівень зручності використання. Навіть найсучасніші технології не принесуть користі, якщо медичні працівники не зможуть ефективно працювати з системою. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, логічно впорядковані робочі процеси та наявність навчальних матеріалів для персоналу сприяють підвищенню продуктивності та зменшенню кількості помилок при введенні та обробці даних. Важливим аспектом також є доступність системи для різних груп користувачів, зокрема лікарів, медсестер, реєстраторів і навіть пацієнтів, якщо система передбачає функції самообслуговування [21].

Таким чином, ефективність більш орієнтована на те, як система працює в контексті досягнення цілей і оптимізації процесів, а якість – на те, як добре система відповідає вимогам, забезпечує стабільність і надійність у довгостроковій перспективі.

### 1.3 Огляд методів оцінювання якості та ефективності в МІС

Оцінювання якості та ефективності медичних інформаційних систем є взаємопов'язаними процесами, які разом забезпечують успішність їхнього впровадження та використання в медичних закладах. Якість системи визначає її здатність виконувати поставлені функції відповідно до стандартів, вимог безпеки та очікувань користувачів. Водночас ефективність відображає, як використання цієї системи впливає на продуктивність медичного закладу, зниження витрат, покращення медичних послуг та задоволеність персоналу і пацієнтів.

Взаємозв'язок між якістю та ефективністю полягає в тому, що високоякісна система зазвичай сприяє підвищенню ефективності. Наприклад, якщо медична інформаційна система має зручний інтерфейс, високу швидкість обробки даних і забезпечує надійну безпеку інформації, це не лише підвищує рівень довіри персоналу до системи, а й сприяє швидкому доступу до інформації та зменшенню ймовірності помилок. Водночас ефективність може бути показником якості: якщо система дозволяє скоротити час виконання медичних процедур, покращує координацію між відділами лікарні та оптимізує розподіл ресурсів, це свідчить про її відповідність вимогам користувачів і високий рівень функціональності.

Оцінювання ефективності МІС є важливим етапом при впровадженні та експлуатації таких систем у медичних установах. Це дозволяє не лише оцінити, наскільки технології відповідають вимогам сучасної медицини, але й зрозуміти їх вплив на фінансову, організаційну та клінічну складову діяльності закладу. Оскільки впровадження МІС потребує значних фінансових та часових витрат, необхідно точно визначити, чи зможе система принести відчутні переваги, зокрема в плані економічної вигоди, покращення якості медичних послуг та оптимізації ресурсів.

Оцінка ефективності МІС включає в себе як кількісні, так і якісні

показники, що дозволяють виміряти результати від її впровадження. Методики оцінки часто базуються на порівнянні витрат з отриманими вигодами, а також на моніторингу та вимірюванні продуктивності, що є важливими аспектами для досягнення стратегічних цілей медичних установ. Від ефективності таких систем залежить не лише зниження адміністративного навантаження та покращення медичних результатів, але й оптимізація загальних витрат, що має велике значення в умовах обмеженого фінансування.

Найбільш поширеними підходами до оцінки ефективності є методи, які дозволяють проаналізувати різні аспекти роботи МІС. Це може бути аналіз витрат і вигод, розрахунок ключових показників ефективності, вимірювання продуктивності та інші методи, які надають медичним закладам об'єктивну картину про доцільність і результати впровадження інформаційних систем.

Аналіз витрат і вигод – це структурований метод, який застосовується для оцінки фінансових і нефінансових наслідків впровадження технологій у межах організацій. Цей підхід виступає важливим інструментом підтримки прийняття рішень, дозволяючи зацікавленим сторонам визначити, чи виправдані очікувані вигоди у порівнянні з відповідними витратами. Основні цілі впровадження ІТ-рішень, зокрема медичних інформаційних систем, зазвичай включають підвищення ефективності, зменшення витрат і покращення якості обслуговування.

У процесі СВА витрати фіксуються й класифікуються з урахуванням як початкових вкладень (придбання апаратного забезпечення, програмних продуктів, налаштування), так і поточних витрат (обслуговування, підтримка, навчання персоналу, тимчасові збої в роботі). Водночас вигоди кількісно оцінюються через прямі показники (наприклад, підвищення продуктивності, скорочення часу обслуговування) та непрямі переваги (зростання задоволеності користувачів, покращення іміджу організації, зниження ризиків) [22].

Ключові показники ефективності – це кількісні індикатори, що відображають критично важливі чинники успіху організації. Їх вибір має

ґрунтуватися на специфіці діяльності та стратегічних цілях установи, оскільки кожен КРІ повинен мати чіткий зв'язок із пріоритетами розвитку та бути формалізованим у вимірюваних одиницях. КРІ слугують інструментом конкретизації функціональних обов'язків підрозділів та визначення стандартів оцінювання результативності їхньої роботи. КРІ дозволяють не лише виміряти конкретні аспекти роботи системи, але й порівнювати їх із заздалегідь встановленими стандартами чи цілями. Приклади КРІ включають час відповіді системи на запит, кількість помилок у даних, відсоток виконаних завдань без затримок, а також рівень задоволеності користувачів. Оцінка за допомогою КРІ є важливою для регулярного моніторингу та покращення роботи системи.

Завдяки КРІ процес оцінювання ефективності набуває кількісного характеру, що дозволяє уникнути суб'єктивних суджень і впроваджувати об'єктивні критерії. Формування прозорої, доступної та цілеспрямованої системи КРІ є важливим елементом ефективного управління. Крім того, ключові показники забезпечують орієнтири для аналізу, виявлення зон, які потребують оптимізації, та формування обґрунтованих рішень у межах операційної діяльності організації [23].

Аналіз продуктивності є важливим для визначення здатності МІС ефективно працювати під час змінного навантаження. Цей метод дозволяє оцінити, наскільки система може обробляти великі обсяги даних і запитів користувачів. Продуктивність може варіюватися залежно від кількості одночасних користувачів або обсягу даних, які система обробляє. Виконання тестів на продуктивність, таких як стрес-тести або навантажувальні тести, дозволяє виявити слабкі місця системи, а також забезпечити її стабільну роботу в умовах реального використання.

Індекс ефективності використовується для вимірювання ступеня оптимізації використання ресурсів у межах МІС. Цей показник обчислюється на основі кількості оброблених запитів, часу, витраченого на виконання операцій, і рівня споживаних ресурсів (наприклад, потужності серверів або

трафіку в мережі). Високий індекс ефективності свідчить про те, що система максимально використовує наявні ресурси, забезпечуючи при цьому високу продуктивність без зайвих витрат.

Тестування сценаріїв передбачає використання реальних або змодельованих даних для перевірки, як система реагує на різні робочі ситуації. Це можуть бути випадки, коли користувачі виконують звичайні операції, або сценарії з високими навантаженнями. Тестування допомагає виявити слабкі місця системи та визначити, наскільки швидко вона може реагувати на різні умови. Сценарії можуть також включати непередбачувані ситуації, такі як помилки в обробці даних або збої в роботі компонентів.

Модель ROI є одним з основних фінансових показників для оцінки ефективності впровадження МІС. Цей метод передбачає розрахунок співвідношення між вигодами, отриманими від використання системи, і витратами на її впровадження та обслуговування. ROI дає змогу зрозуміти, чи буде інвестиція в систему виправданою в довгостроковій перспективі. Якщо ROI є позитивним, це означає, що витрати на систему перевищені вигодами, отриманими від її використання. Високий ROI свідчить про те, що система приносить значні вигоди для медичного закладу.

Ці методи оцінки ефективності допомагають медичним установам більш точно визначити, чи є МІС економічно доцільною та наскільки ефективно вона працює в реальних умовах. В таблиці 1.2 наведено короткий опис згаданих методів оцінювання якості.

Таблиця 1.2 – Методи оцінювання ефективності

Метод	Опис
1	2
Аналіз витрат та вигод	Оцінка фінансових результатів проєкту шляхом порівняння витрат з потенційними вигодами.

Кінець таблиці 1.2

1	2
Показники ефективності	Визначення основних показників, що відображають ефективність системи.
Аналіз продуктивності (Performance Analysis)	Вивчення здатності системи до обробки запитів і ефективного функціонування при змінному навантаженні.
Індекс ефективності (Efficiency Index)	Вимірювання ступеня ефективного використання ресурсів у рамках медичної системи.
Тестування сценаріїв	Проведення симуляцій на основі реальних даних для перевірки швидкості та ефективності роботи системи.
Оцінка за допомогою моделі ROI	Оцінка ефективності через співвідношення вигод та витрат, що виникають від впровадження системи.

Оцінювання якості МІС є ключовим процесом, що дозволяє отримати інформацію для прийняття рішень щодо оптимізації, заміни або подальшого розгортання компонентів системи. Визначення оцінювання включає як кількісний («вимірювання»), так і якісний («дослідження») аналіз, що допомагає керівництву ухвалювати стратегічні та тактичні рішення стосовно інформаційних систем. Оцінювання може бути спрямоване на підтвердження ефективності та безпеки МІС, обґрунтування ІТ-інвестицій або виявлення та усунення проблем у системі.

Одним із ключових підходів до оцінювання якості МІС є використання стандартів та нормативних вимог, що визначають основні критерії функціональності, безпеки, продуктивності та сумісності системи. Наприклад, міжнародні стандарти ISO 9241 (ергономіка взаємодії людини з комп'ютером), ISO 25010 (модель якості програмного забезпечення) та Health Level Seven

(HL7) дозволяють оцінювати відповідність системи загальноприйнятим нормам [24]. Аналіз відповідності стандартам допомагає виявити потенційні ризики, що можуть впливати на безпеку пацієнтів, ефективність використання системи та її інтеграцію з іншими інформаційними технологіями у сфері охорони здоров'я.

Ще одним важливим підходом є оцінювання надійності та продуктивності системи, яке включає тестування на стійкість до збоїв, швидкість обробки даних та ефективність роботи в умовах високого навантаження. У цьому контексті застосовуються методи стрес-тестування, які дозволяють оцінити, як система поводить себе при пікових навантаженнях, а також методи функціонального тестування, що перевіряють коректність виконання основних операцій. Надійність є критичним фактором для медичних інформаційних систем, оскільки навіть короткочасний збій може спричинити затримки в наданні медичної допомоги та загрожувати безпеці пацієнтів.

Якість МІС також можна оцінювати шляхом аналізу безпеки даних та відповідності нормам захисту конфіденційної інформації. Використання таких методів, як аудит безпеки, аналіз вразливостей та тестування на проникнення, дозволяє виявити можливі загрози та запобігти несанкціонованому доступу до медичних даних. Дотримання міжнародних стандартів безпеки, таких як Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA, у США) та General Data Protection Regulation (GDPR, у ЄС), є необхідним для забезпечення захисту персональної інформації пацієнтів та запобігання витокам даних.

Важливу роль у оцінюванні якості відіграють користувацькі дослідження, які дозволяють визначити зручність використання системи, рівень задоволеності працівників та пацієнтів, а також вплив МІС на ефективність медичних процесів. Для цього застосовуються методи опитування та аналізу зворотного зв'язку від користувачів. Наприклад, суб'єктивні оцінки лікарів щодо простоти навігації, швидкості доступу до даних та загального досвіду роботи з системою можуть допомогти виявити

слабкі місця інтерфейсу та необхідність подальших удосконалень [21].

Для оцінки якості функціонування МІС важливим є застосування методів статистичного аналізу. Вони дозволяють зібрати та обробити великі обсяги даних, що стосуються роботи системи в реальних умовах. Статистичний аналіз виявляє патерни та аномалії, аналізує помилки й збої, а також допомагає виявити тенденції в роботі системи. Такий підхід дозволяє оцінити не тільки поточну ефективність, але й потенційні ризики або слабкі місця, що можуть з'явитися в майбутньому.

Оцінка доступності є важливою складовою процесу оцінки якості МІС, оскільки забезпечення безперебійної роботи системи є критичним для медичних закладів. Аналіз доступності полягає у вимірюванні часу безперервної роботи системи та її здатності швидко відновлюватися після збоїв. Оцінка доступності дозволяє визначити, чи відповідає система вимогам щодо мінімізації часу простою і забезпечення постійного доступу до важливої медичної інформації.

Метод перевірки на відповідність специфікаціям оцінює, наскільки система відповідає технічним вимогам і специфікаціям, визначеним на етапі проектування. Перевірка на відповідність специфікаціям дозволяє виявити розбіжності між планованою та реальною роботою системи. Це допомагає забезпечити відповідність системи встановленим стандартам та вимогам, що гарантує її ефективність і сумісність з іншими компонентами інфраструктури.

Метод оцінки відповідності вимогам користувача спрямований на те, щоб перевірити, наскільки система відповідає потребам і вимогам кінцевих користувачів, таких як медичні працівники та адміністрація. Цей метод включає збір зворотного зв'язку від користувачів та перевірку, чи задовольняє система їх очікування щодо функціональності, простоти використання і ефективності.

У іншому дослідженні згадується кілька метрик якості, зокрема SUS, метрики Нільсена та ASQ, які зосереджуються на одному важливому аспекті – зручності використання. Зручність визначається як ефективність та

задоволення користувача при використанні системи для досягнення конкретної мети. Також зазначено, що якість можна оцінювати через те, як користувач взаємодіє з МІС. Зручність використання є одним із способів вимірювання якості МІС. У цих дослідженнях також згадуються стандарти якості, такі як ISO 9126, ISO/IEC 62366:2015 та ISO/IEC 25010, які використовуються для оцінки якості МІС. Стандарт ISO/IEC 25010, зокрема, включає вісім категорій: функціональна адекватність, ефективність, сумісність, зручність використання, надійність, безпека, підтримуваність і портативність, причому кожна категорія містить низку атрибутів якості [20].

У таблиці 1.3 наведено короткий опис згаданих методів оцінювання якості.

Таблиця 1.3 – Методи оцінювання якості

Метод	Опис
1	2
Оцінка за стандартами якості (ISO, CMMI)	Використання міжнародних стандартів для вимірювання відповідності системи певним вимогам якості.
Аудит системи	Огляд всіх аспектів роботи системи, зокрема її технічної, організаційної та управлінської складових.
Оцінка за показниками користувацького досвіду	Проведення тестувань для вивчення зручності користування системою та її інтерактивних можливостей.
Залучення користувачів	Залучення кінцевих користувачів для збору їхніх відгуків щодо роботи системи.
Методи статистичного аналізу	Вивчення системи за допомогою аналітики даних, яка дозволяє оцінити якість функціонування в реальних умовах.

Кінець таблиці 1.3

1	2
Аналіз доступності	Оцінка доступності і безперебійної роботи системи, що особливо важливо для медичних систем.
Метод перевірки на відповідність специфікаціям	Перевірка відповідності системи технічним вимогам і специфікаціям.
Метод оцінки відповідності вимогам користувача	Оцінка того, наскільки система задовольняє вимоги кінцевих користувачів.
System Usability Scale	Оцінка зручності використання системи, заснована на шкалі, що дозволяє оцінити досвід користувача.
Метрики Нільсена	Методи для оцінки зручності використання, орієнтовані на оцінку інтерфейсу системи за кількома критеріями, такими як ефективність, ефективність навігації та задоволеність.

Процес оцінювання якості медичних інформаційних систем складається з кількох ключових етапів, кожен із яких відіграє важливу роль у забезпеченні ефективного функціонування системи та ухваленні обґрунтованих управлінських рішень. Перший етап – це планування, яке включає визначення мети оцінювання, ключових критеріїв аналізу та методів дослідження. Основна мета може полягати у перевірці відповідності МІС функціональним вимогам, виявленні можливих недоліків у її роботі, аналізі рівня безпеки, продуктивності, інтеграції з іншими системами, зручності використання або загальної економічної ефективності. На цьому ж етапі формуються показники, за якими проводитиметься оцінювання, наприклад, час відгуку системи, рівень автоматизації процесів, надійність збереження даних, ефективність доступу до інформації та задоволеність користувачів. Важливим аспектом є також вибір

відповідних методів оцінювання, таких як кількісні (тестування продуктивності, аналіз фінансових показників, вимірювання часу виконання операцій) та якісні (опитування користувачів, експертний аналіз, аудит безпеки).

Другий етап – це збір даних, який може охоплювати проведення технічного тестування системи, опитування лікарів, медичного персоналу та пацієнтів, аудит безпеки для виявлення можливих вразливостей, аналіз витрат на впровадження, експлуатацію та підтримку МІС. У цьому процесі можуть застосовуватися автоматизовані інструменти моніторингу роботи системи, що дозволяють оцінити її продуктивність у реальному часі, а також методи статистичного аналізу, які допомагають визначити частоту збоїв, середній час обробки запитів і загальну ефективність роботи програмного забезпечення.

Третій етап включає аналіз отриманих даних, їх зіставлення з визначеними критеріями та виявлення недоліків або можливостей для покращення системи. На цьому етапі проводиться оцінка відповідності МІС встановленим стандартам, таким як ISO 25010, HL7 або HIPAA, що дозволяє визначити рівень безпеки, надійності та сумісності інформаційної системи. Важливою частиною цього процесу є аналіз користувацького досвіду, що включає вивчення відгуків медичного персоналу та пацієнтів, оцінку зручності інтерфейсу, швидкості доступу до даних та впливу системи на ефективність надання медичних послуг.

Завершальний етап – це інтерпретація отриманих результатів та формування рекомендацій щодо подальших дій. На основі проведеного аналізу можуть бути запропоновані різні варіанти оптимізації, зокрема вдосконалення технічної інфраструктури, модернізація програмного забезпечення, зміни в процесах управління даними або підвищення рівня підготовки користувачів. Якщо виявлені значні недоліки або серйозні проблеми у функціонуванні МІС, може бути прийнято рішення про її часткову або повну заміну. Таким чином, комплексний підхід до оцінювання МІС, який включає всі зазначені етапи, дозволяє забезпечити її відповідність сучасним

вимогам, підвищити ефективність функціонування медичних установ та покращити якість надання медичних послуг [21].

#### 1.4 Постановка задачі дослідження

Об'єктом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є процес оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем.

Предметом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є методи оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів медичних інформаційних систем, що включає вивчення основних підходів, критеріїв та інструментів для визначення якості та ефективності таких систем у сфері охорони здоров'я, а також оцінку їх впливу на поліпшення медичних послуг, скорочення витрат та підвищення ефективності роботи медичних закладів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити актуальність проблеми та проаналізувати предметну галузь;
- провести огляд існуючих методів оцінювання якості та ефективності МІС;
- визначити основні вимоги до медичних інформаційних систем та критерії оцінювання їх якості та ефективності;
- розробити комбінований метод оцінювання та описати його інформаційну технологію реалізації;
- провести експериментальну перевірку методу та проаналізувати результати.

## 2 РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ

### 2.1 Формування вимог до ІС

Для ефективного функціонування будь-якої медичної інформаційної системи необхідно враховувати її ключові структурні компоненти. Одним із підходів до систематизації вимог до медичних інформаційних систем є використання рамки Health Metrics Network, ініційованої Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Ця рамка визначає основні функціональні компоненти національної інформаційної системи в охороні здоров'я, які також застосовні до локальних або спеціалізованих МІС. Згідно з рамкою Health Metrics Network, МІС складається з шести взаємопов'язаних частин, які можна умовно поділити на вхідні ресурси, процеси та результати. Розуміння цієї структури дозволяє краще формувати вимоги до якості та ефективності систем.

До вхідних ресурсів належать ресурси МІС – це політика, законодавче регулювання, фінансування, кадрове забезпечення, ІКТ-інфраструктура та організаційні механізми координації. Вони є основою для запуску та підтримки роботи системи.

До процесів належать індикатори – набір ключових показників, що охоплюють детермінанти здоров'я, ресурси системи, результати та стан здоров'я населення. Саме вони визначають, які дані будуть зібрані та як оцінюватиметься ефективність МІС.

Джерела даних – поділяються на два основних типи: (1) популяційні (переписи, опитування, реєстрація народжень/смертей), (2) інституційні (медичні картки, адміністративна звітність, реєстри ресурсів). Додаткові джерела включають дані досліджень, недержавних організацій та громадських ініціатив.

Управління даними – охоплює повний цикл роботи з даними: збір,

зберігання, забезпечення якості, обробка та аналіз. Особлива увага приділяється періодичності збору та оперативності, особливо для систем епіднагляду.

До результатів відносять інформаційні продукти – це аналітичні звіти, візуалізації, дашборди, які перетворюють «сирі» дані у корисну інформацію для прийняття рішень. Також поширення та використання – інформація має бути доступною для відповідальних осіб на всіх рівнях, із врахуванням організаційних та поведінкових бар'єрів. Створення стимулів для використання інформації сприяє покращенню прийняття рішень у системі охорони здоров'я.

Модель Health Metrics Network підкреслює, що ефективна МІС – це не лише програмне забезпечення, а цілісна система, яка вимагає політичної підтримки, фінансування, законодавчої бази, кваліфікованих кадрів та чітко визначених стандартів.

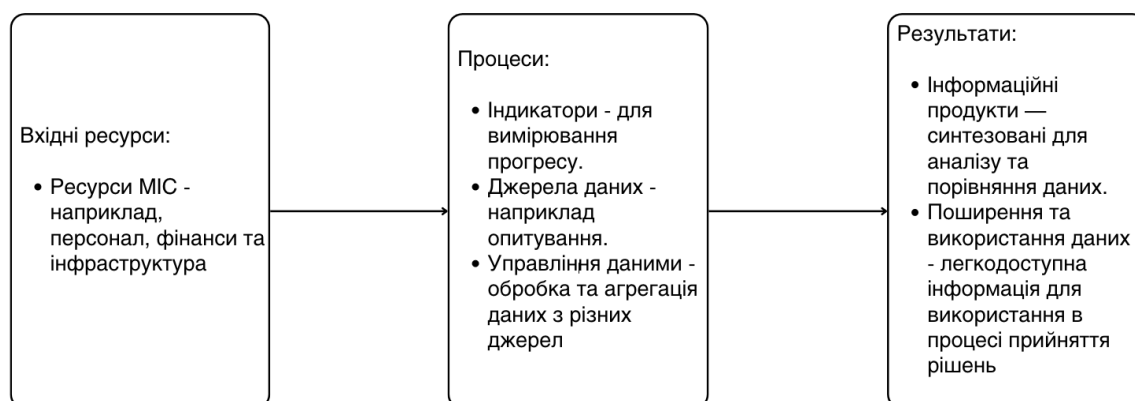


Рисунок 2.1 – Модель Health Metrics Network

У процесі проектування, впровадження та експлуатації МІС особливого значення набуває дотримання багатовекторного набору вимог, які охоплюють

як технічні й функціональні характеристики, так і аспекти якості даних, продуктивності, безпеки та правового регулювання. Забезпечення відповідності цим вимогам є не лише критерієм успішного технічного впровадження, але й передумовою ефективного функціонування системи в умовах реального клінічного середовища.

Згідно з актуальними дослідженнями та практиками впровадження МІС, систематизація вимог до інформаційних систем охорони здоров'я дозволяє не лише структурувати очікування різних груп користувачів, але й виступає основою для формування критерію оцінювання якості та ефективності системи [25].

Загалом, усі вимоги умовно можна поділити на п'ять ключових категорій: технічні, функціональні, вимоги до якості даних, вимоги до продуктивності та якості взаємодії з користувачем, а також юридичні, етичні й безпекові вимоги. Така класифікація не є виключною, але охоплює найбільш суттєві параметри, що впливають на цілісне сприйняття і результативність функціонування МІС. Кожна з категорій розгортається на рівні підкатегорій із чітко визначеними характеристиками.

У таблиці 2.1 нижче узагальнено основні групи вимог до МІС з наведенням відповідних підкатегорій і ключових показників, які можуть бути використані для цілісного моніторингу рівня відповідності інформаційної системи сучасним стандартам та очікуванням з боку користувачів [25].

Таблиця 2.1 – Структура вимог до медичної інформаційної системи

Категорія	Підкатегорія	Опис / Ключові характеристики
1	2	3
Технічні вимоги (ТЕСН)	Архітектура системи	Модульна, масштабована структура з підтримкою розподіленого доступу

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
	Інтероперабельність	Сумісність з HL7, Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), digital imaging and communications in medicine (DICOM); наявність Application Programming Interface (API) для інтеграції
	Обмін даними	Синхронізація в реальному часі, стандартизовані протоколи
Функціональні вимоги (FUNC)	Клінічні функції	ЕМК, підтримка клінічних рішень, інтеграція з лабораторією та PACS
	Адміністративні функції	Розклад, білінг, облік ресурсів
	Взаємодія з пацієнтом	Портал пацієнта, доступ до даних, онлайн-запис
Якість даних (DQ)	Точність	Відсутність помилок, валідація при введенні
	Повнота	Наявність обов'язкових полів, структуровані шаблони
	Своєчасність	Дані вводяться й оновлюються в режимі, наближеному до реального часу
Продуктивність та якість (PERF)	Надійність	Uptime $\geq 99.9\%$ , резервне копіювання та відновлення
	Час відгуку	Основні функції – до 2 секунд

Кінець таблиці 2.1

1	2	3
	Зручність (Usability)	Мінімальні витрати часу на навчання, інтуїтивний інтерфейс
	Задоволеність користувачів	Опитування, зворотний зв'язок лікарів, пацієнтів
	Масштабованість	Здатність працювати зі зростанням кількості даних та користувачів
Правові, етичні, безпекові (LEG)	Безпека	Role Based Access Control (RBAC), шифрування (AES-256), політики збереження паролів
	Конфіденційність	Відповідність GDPR/НІРАА, контроль доступу, згоди пацієнтів
	Аудитованість	Журнали доступу, зміни в записах, моніторинг безпеки

Формалізовано множину критеріїв, яким має відповідати сучасна медична інформаційна система, можна подати у вигляді наступного виразу:

$$\text{MIS\_Criteria} = \{\text{TECH}, \text{FUNC}, \text{DQ}, \text{PERF}, \text{LEG}\},$$

де TECH – технічні вимоги;

FUNC – функціональні вимоги;

DQ – якість даних;

PERF – показники продуктивності;

LEG – правові, етичні та безпекові аспекти.

## 2.2 Формування критерію оцінювання якості та ефективності

Оцінювання якості та ефективності МІС є ключовим етапом її впровадження, експлуатації та модернізації. Успішне функціонування МІС залежить не лише від її технічних характеристик, а й від того, наскільки система відповідає потребам користувачів, забезпечує точність, надійність та своєчасність інформації, а також сприяє досягненню клінічних та організаційних цілей у сфері охорони здоров'я.

У процесі формування комплексного критерію оцінювання якості медичної інформаційної системи доцільно орієнтуватися на міжнародно визнані стандарти програмного забезпечення. Одним із таких є стандарт ISO/IEC 25010, що визначає основні характеристики, які визначають якість програмного продукту. В контексті медичних ІС ці характеристики набувають особливого значення, оскільки стосуються не лише технічної коректності роботи системи, а й її здатності забезпечити безперебійну, зручну та безпечну підтримку клінічних і адміністративних процесів. У таблиці 2.2 наведено ключові категорії оцінювання якості програмного забезпечення згідно з підходом ISO/IEC 25010, адаптованим до специфіки медичної сфери.

Таблиця 2.2 – Якість програмного забезпечення (на основі ISO/IEC 25010)

Категорія	Опис
1	2
Функціональна придатність	Чи виконує система необхідні задачі повністю та коректно.
Надійність	Стійкість до збоїв, безвідмовна робота, відновлення після збоїв.

Кінець таблиці 2.2

1	2
Зручність використання	Простота інтерфейсу, навчання персоналу, дизайн користувацького доступу.
Продуктивність	Швидкість роботи, час відгуку, обробка запитів.
Сумісність	Можливість інтеграції з іншими системами (HL7, FHIR, DICOM).
Безпека	Захист даних, управління доступом, аудит.
Підтримуваність	Легкість у супроводі та оновленнях.
Переносимість	Можливість розгортання на різних платформах.

Окрім якісних характеристик, для обґрунтованої оцінки доцільності впровадження або модернізації МІС необхідно враховувати її ефективність – як з точки зору економічної доцільності, так і з погляду клінічного впливу. Ефективність відображає, наскільки система реально сприяє досягненню цілей медичного закладу: оптимізації робочих процесів, зменшенню витрат, підвищенню якості медичних послуг та задоволеності користувачів.

Для формування об'єктивного та узагальнюючого критерію оцінювання якості та ефективності МІС, важливо не лише зібрати релевантні показники, а й визначити їх вагомість, а також забезпечити відповідність критерію ряду методологічних вимог. Відповідно до сучасних підходів до оцінювання ІТ-проектів, критерій ефективності має бути:

- репрезентативним, тобто відображати основні аспекти ефективності системи;
- нормованим, щоб забезпечити можливість порівняння;
- чутливим до змін в окремих показниках;
- монотонним, тобто зростання значення показника має свідчити про покращення ефективності;
- простим у використанні – тобто обґрунтованим з погляду обчислень і

інтерпретації [26].

Таблиця 2.3 подає перелік критеріїв оцінювання ефективності МІС.

Таблиця 2.3 – Критерії оцінювання ефективності МІС

Критерій	Пояснення
Економічна ефективність	Аналіз витрат/вигод, скорочення часу обслуговування.
Клінічна ефективність	Вплив на якість медичних послуг, зменшення медичних помилок.
Задоволеність користувачів	Оцінка з боку лікарів, медсестер, пацієнтів (анкетування, фокус-групи).
Інформаційна повнота	Відсоток заповнених полів, наявність ключових медичних даних.
Оперативність доступу до даних	Швидкість пошуку та отримання інформації в клінічних умовах.

#### 2.4 Розробка комбінованого методу

У процесі оцінювання складних інформаційних систем, таких як МІС, часто виникає проблема невизначеності вхідних даних. Ця невизначеність зумовлена тим, що багато характеристик системи не піддаються точному кількісному вимірюванню. Наприклад, такі параметри, як «зручність використання», «ступінь навчальної складності» або «якість технічної підтримки», мають суб'єктивний характер і можуть трактуватись по-різному залежно від досвіду, ролі та очікувань користувача.

Для вирішення цієї проблеми було обрано паралельний підхід, що поєднує класичне кількісне оцінювання з механізмами нечіткої логіки. Такий підхід дозволяє одночасно використовувати точні числові метрики

(наприклад, час відгуку системи, відсоток помилок при введенні даних) та лінгвістичні змінні, які характеризують якісні аспекти, зрозумілі користувачам і експертам (наприклад, «низька», «середня», «висока» інтуїтивність інтерфейсу).

Система нечіткого виведення (Fuzzy Inference System, FIS) дозволяє формалізувати експертні судження у вигляді правил типу «якщо–то», що моделюють логіку людини. Наприклад: «Якщо інтуїтивність висока і доступ до допомоги легкий, то зручність використання висока». Це дозволяє підвищити інформативність класичних метрик, надати їм контекстуальне значення і відобразити суб'єктивні очікування різних груп користувачів.

У результаті оцінювання набуває гнучкості та адаптивності, даючи змогу інтегрувати різнотипні джерела даних і робити висновки навіть за умов часткової або нечіткої інформації. Це особливо важливо для сфери охорони здоров'я, де якість ІС безпосередньо впливає на ефективність лікувального процесу.

З огляду на вищезазначене, у цій роботі запропоновано розділити підходи до оцінювання якості та ефективності МІС, використовуючи для кожного з них відповідні методи. Оцінювання якості здійснюється з використанням системи нечіткого виведення, оскільки якість охоплює багатовимірні та суб'єктивні характеристики (зручність, інтуїтивність, адаптивність, інтероперабельність тощо), які неможливо повноцінно охарактеризувати єдиною класичною метрикою.

FIS дає змогу інкорпорувати експертну думку, лінгвістичні оцінки користувачів, а також варіативність сприйняття функціоналу системи різними групами персоналу (лікарями, адміністраторами, медсестрами, пацієнтами). Це забезпечує більш гнучке і точне представлення якісного аспекту функціонування МІС.

Натомість оцінювання ефективності ґрунтується на класичних аналітичних методах, що базуються на чітко визначених, об'єктивно вимірюваних показниках. До таких показників належать: продуктивність

обробки даних, витрати часу на обслуговування пацієнта, зменшення кількості помилок, коефіцієнт окупності інвестицій (ROI), рівень задоволеності користувачів тощо. Це дозволяє оцінити вплив впровадження системи на бізнес-процеси закладу охорони здоров'я та обґрунтувати її економічну доцільність.

Враховуючи різну природу цих двох категорій – якість як багатовимірну, часто суб'єктивну характеристику, та ефективність як здебільшого кількісну, економічну або продуктивну – у даному дослідженні було запропоновано комбінований підхід. Результати оцінювання якості за допомогою нечіткої логіки формують показник якості (Q), а результати класичного аналізу – показник ефективності (E). Об'єднання цих двох складових дає змогу сформувавши інтегральну оцінку (TPS – Total Project Score), яка буде використовуватися як узагальнюючий критерій для порівняння альтернативних рішень або для подальшої апробації системи в реальному медичному середовищі.

Такий підхід дозволяє не лише інтегрувати кількісні й якісні аспекти, а й гнучко адаптувати модель до особливостей конкретного проєкту, установи чи профілю інформаційної системи.

Отримавши показник якості медичної інформаційної системи за допомогою нечіткого логічного виведення, переходимо до визначення другої ключової складової – ефективності.

Для оцінювання ефективності медичних інформаційних систем доцільно використовувати низку показників, що кількісно відображають переваги впровадження системи у діяльність медичного закладу. У межах цієї роботи було запропоновано вибрати такі показники:

- скорочення часу обслуговування пацієнтів ( $\Delta T$ );
- зниження кількості помилок при введенні даних ( $\Delta E$ );
- рівень задоволеності користувачів (USS);
- окупність інвестицій (Return on Investment – ROI).

Першим показником є скорочення часу обслуговування пацієнта, яке

має важливе значення як для пацієнтів, так і для медичного персоналу. Швидке обслуговування пацієнтів забезпечує ефективніше використання ресурсів закладу та поліпшує якість надання медичних послуг. Чим вище значення цього показника, тим більша економія часу та вища продуктивність роботи персоналу.

Цей показник розраховується за формулою:

$$\Delta T = \frac{T_0 - T_1}{T_0},$$

де  $T_0$  – середній час обслуговування пацієнта до впровадження МІС;

$T_1$  – після її впровадження.

Другий показник – зниження кількості помилок у медичній документації. Він є критично важливим у медичній практиці, оскільки помилки можуть призводити до серйозних наслідків, зокрема неправильно призначеного лікування чи неточних діагностичних висновків. Зниження кількості помилок розраховується за формулою:

$$\Delta E = \frac{E_0 - E_1}{E_0},$$

де  $E_0$  – кількість помилок до впровадження системи;

$E_1$  – після впровадження.

Значне зниження цього показника свідчить про високу ефективність системи у забезпеченні якості роботи медичного персоналу.

Третій показник – це рівень задоволеності користувачів, який безпосередньо відображає сприйняття медичної інформаційної системи її безпосередніми користувачами (лікарями, медсестрами, адміністраторами). Для цього використовуються анкети, що включають запитання про зручність використання системи, якість надання інформації, швидкість роботи тощо. Для кожного користувача обчислюється індивідуальний середній показник за

всіма критеріями:

$$USS_{user} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i,$$

де  $R_i$  – оцінка за  $i$ -й показник;

$N$  – кількість питань у анкеті.

Далі, розрахуємо середнє значення за всіма респондентами:

$$USS = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M USS_{user_j},$$

де  $M$  – кількість опитаних користувачів.

Нормалізуємо дане значення до діапазону  $[0; 1]$  за допомогою формули:

$$USS_{norm} = \frac{USS-1}{4},$$

де  $USS$  – середнє значення за респондентами.

Останній показник – окупність інвестицій, який є економічним індикатором ефективності впровадження інформаційної системи і розраховується за формулою:

$$ROI = \frac{Benefit-Cost}{Cost},$$

де  $Benefit$  – отриманий економічний ефект (вигоди);

$Cost$  – витрати на впровадження та підтримку системи.

Для зручності аналізу та інтеграції перелічених показників ефективності, значення кожного з них нормалізуються до єдиної шкали від 0 до 1. Цей підхід дозволяє чітко порівнювати та об'єднувати різні за своєю природою індикатори. В результаті нормалізації всі показники переходять в

універсальну шкалу, що дозволяє легко проводити комплексний аналіз ефективності.

Інтегральний показник ефективності розраховується як середнє арифметичне нормалізованих значень показників:

$$E = \frac{\Delta T_{norm} + \Delta E_{norm} + \Delta USS_{norm} + ROI_{norm}}{4},$$

де  $\Delta T_{norm}$  – нормалізоване значення скорочення часу обслуговування пацієнтів;

$\Delta E_{norm}$  – нормалізоване значення зниження кількості помилок;

$\Delta USS_{norm}$  – нормалізоване значення рівня задоволеності користувачів;

$ROI_{norm}$  – нормалізоване значення ROI.

Остаточним кроком запропонованого методу є інтеграція оцінок якості та ефективності в єдиний інтегральний показник. Оскільки показник якості було отримано за шкалою від 0 до 10, його також нормалізують до шкали від 0 до 1, щоб забезпечити можливість порівняння та інтеграції:

$$TPS = w_Q \cdot Q_{norm} + w_E \cdot E_{norm},$$

де  $w_Q, w_E$  – вагові коефіцієнти;

$Q_{norm}$  – нормалізоване значення якості системи;

$E_{norm}$  – нормалізоване значення ефективності системи.

Таким чином, отриманий інтегральний показник відображає комплексну оцінку медичної інформаційної системи, яка враховує як суб'єктивні характеристики (якість), так і об'єктивні показники результативності та економічної доцільності її використання (ефективність).

Запропонований метод дозволяє всебічно оцінити переваги впровадження МІС та може використовуватися для прийняття управлінських рішень щодо подальшого розвитку та підтримки інформаційних систем.

## **3 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ**

### **3.1 Опис інформаційної технології**

У межах цієї роботи було розроблено інформаційну технологію, що дозволяє здійснювати комплексну оцінку якості та ефективності медичної інформаційної системи із використанням нечіткої логіки для оцінювання якості та класичних підходів для аналізу ефективності. Така технологія забезпечує врахування як кількісних, так і якісних факторів, включаючи експертну думку, користувацьке сприйняття та об'єктивні статистичні метрики.

Основу інформаційної технології становить двокомпонентна модель, яка включає підсистему оцінювання якості, що реалізована як нечітка система Мамдані. Вона дозволяє працювати з невизначеними, суб'єктивними або багатовимірними характеристиками МІС, такими як зручність інтерфейсу, надійність функціонування, ступінь безпеки та захищеності даних. Також вона включає підсистему оцінювання ефективності, що базується на класичних методах аналізу, таких як оцінка економічної вигоди, рівня задоволеності користувачів, скорочення часу обслуговування пацієнтів та зниження кількості помилок при введенні даних.

Для практичного застосування запропонованого підходу до оцінювання медичної інформаційної системи необхідно пройти низку послідовних етапів, кожен з яких має окрему функціональну мету. Далі наведено опис основних кроків, що реалізують метод на прикладі типового ІТ-проєкту в закладі охорони здоров'я.

Крок 1. Першим кроком є загальне дослідження системи, яка оцінюється. Аналізуються її основні функціональні модулі, архітектура, сценарії використання в різних підрозділах закладу охорони здоров'я, категорії користувачів (медичний персонал, адміністрація, пацієнти) та

особливості взаємодії з іншими системами – такими як лабораторні, діагностичні чи фінансові модулі. Також враховуються організаційні умови, в яких працює МІС.

Крок 2. Формування переліку якісних характеристик, що не піддаються прямому вимірюванню. Визначаються ті характеристики, які є критично важливими для користувачів, проте не можуть бути чітко виміряні класичними методами. До них, зокрема, належать: зручність інтерфейсу, надійність, а також рівень інформаційної безпеки. Ці параметри класифікуються за лінгвістичними оцінками, що будуть використовуватись у подальшому.

Крок 3. Побудова системи нечіткого виведення для моделювання якості. На основі сформованих лінгвістичних змінних розробляється система нечіткого виведення, яка дозволяє поєднати експертні знання та користувацькі враження в єдину модель. Функції належності задають рівень кожного показника у вигляді нечітких множин («висока зручність», «стандартна безпека», «ненадійна робота» тощо). Система правил типу «якщо–то» забезпечує логіку обчислення загального показника якості, що враховує взаємний вплив кількох чинників.

Крок 4. Отримання агрегованої оцінки якості системи. На основі введених значень вхідних параметрів система виконує нечітке виведення та обчислює інтегральну оцінку якості. Це значення подається на шкалі від 0 до 10 та відображає суб'єктивну задоволеність користувачів у контексті інтерфейсу та стабільності роботи МІС.

Крок 5. Паралельне оцінювання ефективності за класичними показниками. Оцінювання ефективності здійснюється окремо, із застосуванням кількісних методів. Обираються показники, які об'єктивно демонструють продуктивність і економічну доцільність системи: тривалість обробки запиту, зменшення кількості помилок, задоволеність користувачів за результатами анкетування, а також індикатори економічної ефективності.

Крок 6. Проведення нормалізації результатів ефективності. Оскільки

окремі ефективні показники мають різні одиниці вимірювання (хвилини, відсотки, кількість тощо), на цьому етапі здійснюється приведення всіх даних до єдиного масштабованого інтервалу. Це дозволяє інтегрувати їх у спільну модель без спотворення відносної ваги кожного параметра. Критерії нормалізації враховують граничні, мінімально допустимі та ідеальні значення.

Крок 7. Формування агрегованого показника ефективності. Отримані нормалізовані значення поєднуються у загальну оцінку ефективності. Враховується важливість кожного показника, яку можна задати експертно. У результаті формується підсумковий показник ефективності, що відображає, наскільки система виконує свої функції з погляду ресурсозбереження, точності, продуктивності та користувацького досвіду.

Крок 8. Інтеграція результатів оцінювання якості та ефективності. Останнім кроком є об'єднання двох отриманих показників – якості та ефективності – в єдиний інтегрований індикатор загального функціонального рівня системи. Це дозволяє не лише дати кількісну оцінку кожному з аспектів, а й порівняти альтернативні варіанти МІС або прийняти рішення щодо потреби у вдосконаленні конкретних складових системи.

На рисунку 3.1 представлено структурно-функціональну модель інформаційної технології оцінювання якості та ефективності медичної інформаційної системи. Дана модель відображає ключові етапи функціонування розробленого методу, починаючи від надходження вхідних даних (з анкет користувачів, статистичних звітів, витратних відомостей тощо) до отримання інтегрального показника TPS, що слугує основою для ухвалення управлінського рішення.

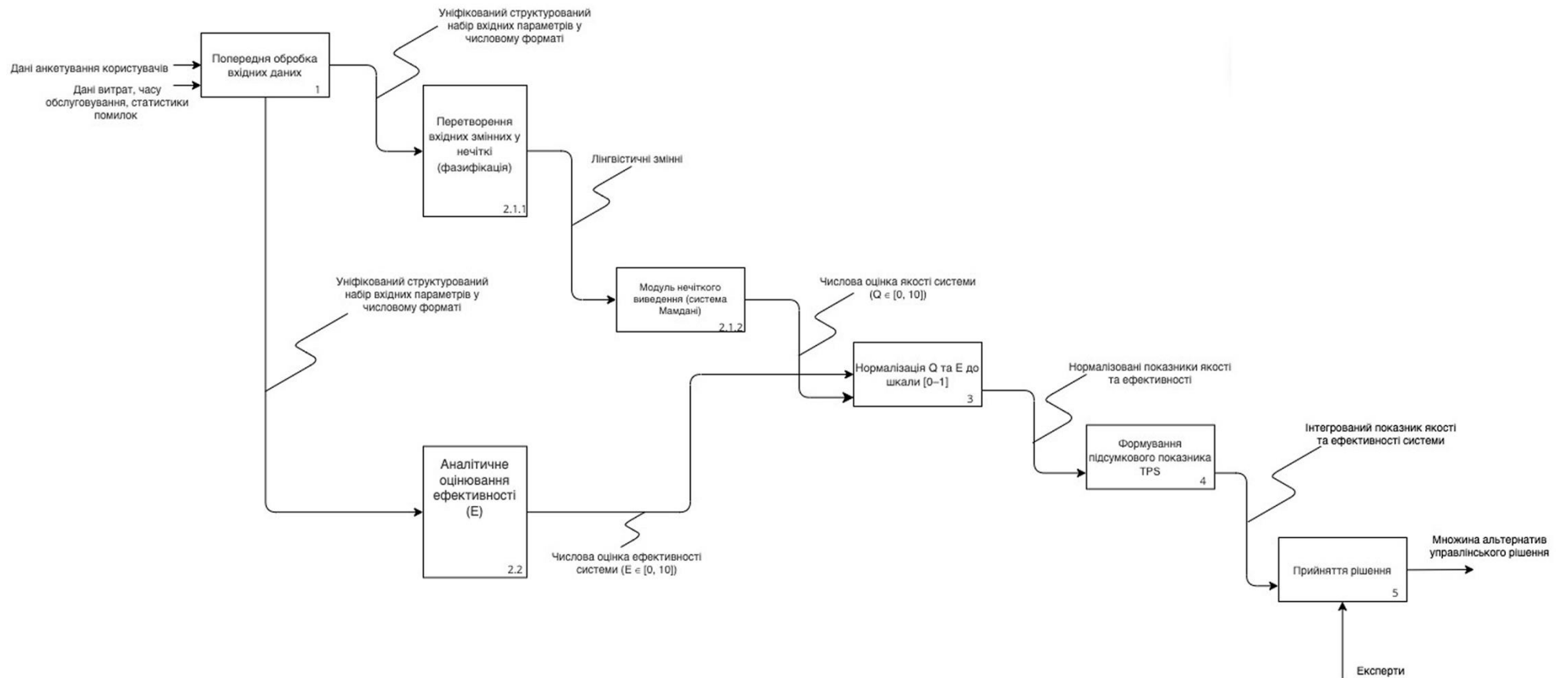


Рисунок 3.1 – Функціональна модель інформаційної технології оцінювання якості та ефективності МІС

### 3.2 Практичне застосування методу

Оцінювання якості медичної інформаційної системи у цьому проєкті реалізовано за допомогою нечіткої системи типу Мамдані – одного з найпоширеніших підходів, що широко використовується завдяки своїй інтуїтивно зрозумілій структурі та здатності моделювати логіку міркування, наближену до людського.

Процес функціонування такої системи включає чотири основні етапи. Перший етап – фазифікація, у ході якої чіткі числові вхідні значення перетворюються на нечіткі змінні. Це відбувається за допомогою функцій належності, що відображають ступінь відповідності конкретного значення певному лінгвістичному терміну (наприклад, «інтуїтивний інтерфейс», «стабільна система» тощо).

Другий етап – нечітке виведення, під час якого застосовуються наперед задані правила виду «якщо–то». Ці правила моделюють логіку експертного мислення, дозволяючи обчислювати реакцію системи на задані вхідні комбінації параметрів. Наприклад, для оцінювання якості МІС можуть бути сформульовані такі правила:

- якщо зручність інтерфейсу інтуїтивна та надійність гарантована, то загальна якість висока;
- якщо зручність інтерфейсу прийнятна та безпека стабільна, то загальна якість середня.
- якщо надійність ненадійна та безпека вразлива, то загальна якість низька.

На третьому етапі відбувається агрегування – тобто об'єднання вихідних результатів усіх активованих правил в одне нечітке представлення вихідної змінної, наприклад, рівня якості системи.

Заключним кроком є дефазифікація, у межах якої отримане нечітке значення конвертується у конкретне числове значення. У результаті

отримується зручний для інтерпретації числовий показник, який можна використовувати у подальшому аналізі або порівнянні альтернатив.

Таким чином, нечітка система Мамдані дозволяє поєднати якісні оцінки з кількісним результатом, забезпечуючи інструмент для роботи з суб'єктивною або неповною інформацією – що є типовим для оцінювання якісних характеристик інформаційних систем у сфері охорони здоров'я [27].

Для створення моделі нечіткої логіки були визначені три ключові показники.

Зручність інтерфейсу (Usability) оцінюється за шкалою від 0 до 10 балів. Для побудови функції належності використовується трапецієподібна функція (TrapMF), яка дозволяє гнучко моделювати рівень інтуїтивності та простоти використання інтерфейсу для кінцевих користувачів.

Призначення: відображає, наскільки інтерфейс системи зрозумілий та «дружній» для кінцевого користувача – лікарів, медсестер, адміністративного персоналу. Високе значення Usability означає, що користувачу достатньо мінімуму дій для виконання завдань, послідовність екранів відповідає звичним робочим процесам, меню та кнопки розташовані логічно. У таблиці 3.1 наведено інформацію про функції приналежності для цього показника.

Таблиця 3.1 – Функції приналежності для Usability

Назва	Параметри (a, b, c, d)	Інтерпретація
1	2	3
Складний	(0, 0, 2, 5)	Інтерфейс із заплутаною навігацією та надто вузьким розташуванням елементів. Співробітники потребують тривалого навчання, багато “кліків” для простої дії, часто робляться помилки.

Кінець таблиці 3.1

1	2	3
Прийнятний	(3, 5, 6, 8)	Інтерфейс із середнім рівнем інтуїтивності: базові операції виконуються без серйозних затримок, але за складніші сценарії все одно потрібен посібник або підтримка колег.
Інтуїтивний	(6, 9, 10, 10)	Миттєве розуміння, логічний розподіл елементів, локальна допомога поруч із полями

Надійність роботи (Reliability) характеризується діапазоном значень від 0 до 10. Для відображення ступеня надійності як нечіткої змінної застосовуються гаусові функції належності (GaussMF), які дозволяють плавно і точно моделювати переходи між різними рівнями цієї характеристики.

Призначення: характеризує стійкість системи до збоїв, втрат даних та часу простою. Надійна система гарантує безперервність клінічних процесів, швидке відновлення після відмови й мінімальне втручання адміністратора. У таблиці 3.2 наведено інформацію про функції приналежності для цього показника.

Таблиця 3.2 – Функції приналежності для Reliability

Назва	Параметри ( $\mu$ , $\sigma$ )	Інтерпретація
Ненадійний	$\mu=2$ , $\sigma=1$	Часті збої, аварійні перезапуски, некоректні відповіді.
Стабільний	$\mu=5$ , $\sigma=1$	Мінімальні простої, менш ніж 1 % часу недоступності
Гарантований	$\mu=8$ , $\sigma=1$	Майже безвідмовна робота (>99.9 %), вбудоване резервування та fail-over

Безпека (Security) розглядається як змінна, що може набувати значень у межах від 0 до 10. Для опису рівнів безпеки використано трикутні функції належності (TrimF), які дозволяють чітко розмежувати такі стани, як низький, середній та високий рівень захищеності даних.

Призначення: відображає рівень захищеності даних і механізмів контролю доступу в системі. У медицині особливо критичні конфіденційність пацієнтських даних і неможливість їхнього несанкціонованого коригування чи перегляду. У таблиці 3.3 наведено інформацію про функції приналежності для цього показника.

Таблиця 3.3 – Функції приналежності для Security

Назва	Параметри (a, b, c)	Інтерпретація
Вразливий	(0, 0, 5)	Мінімальні засоби шифрування, слабкі паролі, відсутність аудиту
Стандартний	(3, 5, 7)	Виконує основні вимоги (Secure Socket Layer, RBAC), але без продвинутих механізмів моніторингу. Немає двофакторної автентифікації, немає моніторингу підозрілих спроб входу в реальному часі.
Посилений	(5, 10, 10)	Advanced Encryption Standard 256-bit, двофакторна автентифікація, повний аудит і журналювання всіх подій

Після формування нечітких множин були визначені правила нечіткого виведення (IF–THEN), які дозволяють об'єднати ці фактори для отримання інтегральної оцінки якості МІС. Загалом було сформульовано низку правил, які охоплюють різні комбінації оцінок зручності, надійності та безпеки.

Нижче на рисунку 3.2 наведено приклади графічного представлення вхідних нечітких змінних – зручності інтерфейсу, надійності роботи та

безпеки, для яких побудовано функції належності. Ці графіки дають наочне уявлення про те, як саме значення параметрів перетворюються у лінгвістичні терміни та визначаються межі між різними класами якості системи.

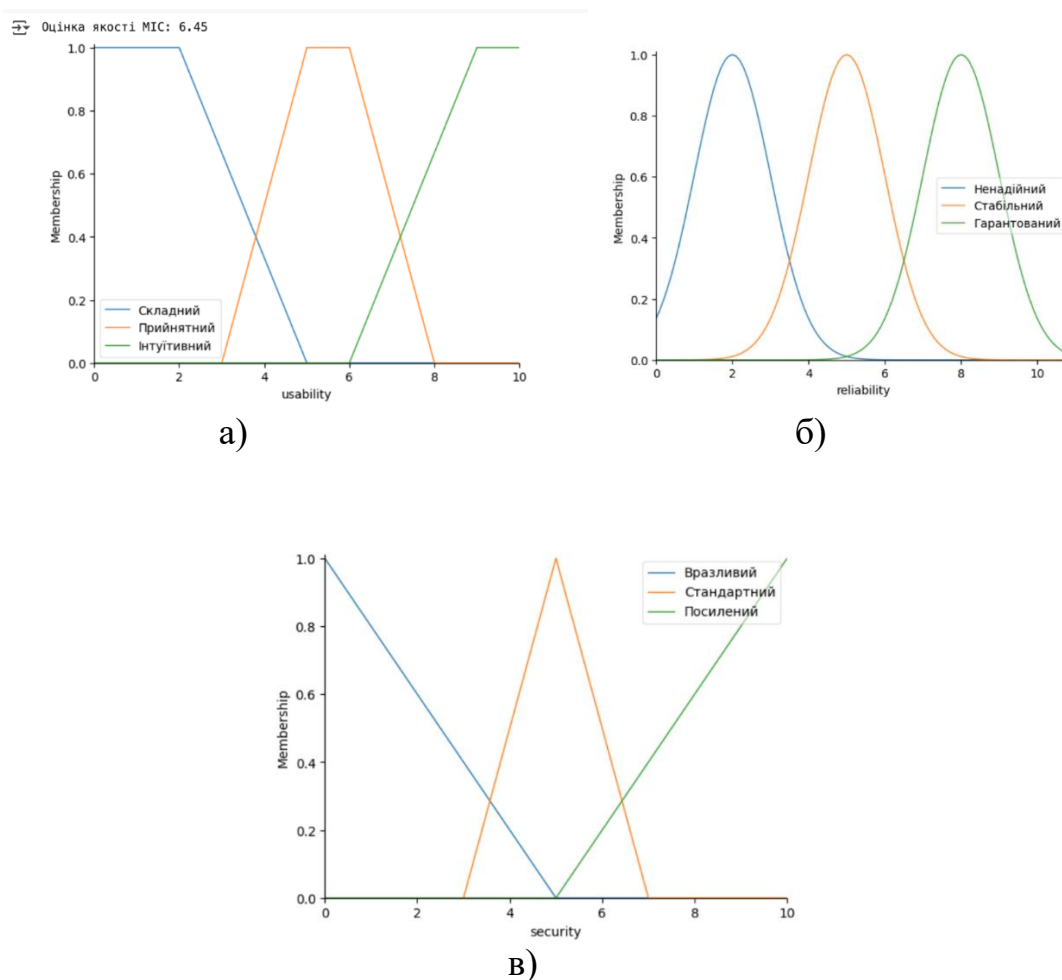


Рисунок 3.2 – Графічне представлення вхідних змінних: а) usability; б) reliability; в) security

На основі наведених вище вхідних даних і встановлених нечітких правил система нечіткого виведення здійснила обчислення інтегрального показника якості медичної інформаційної системи. В результаті моделювання отримано нечітку оцінку якості, яку представлено на окремому графіку вихідної змінної «якість МІС». Цей графік на рисунку 3.3 демонструє, до якого класу якості («низька», «середня» чи «висока») належить поточна конфігурація оцінюваних параметрів.

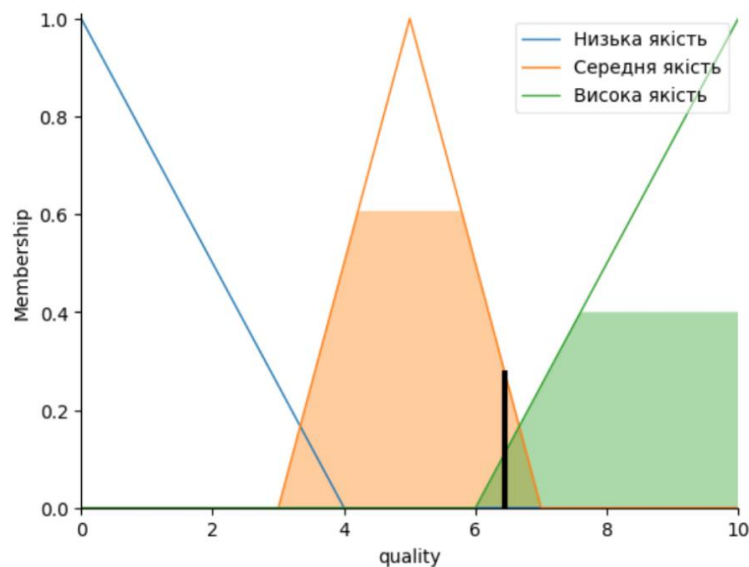


Рисунок 3.3 – Графік вихідної змінної якості

Застосування системи нечіткого виведення дозволяє не лише інтегрувати складні, багатовимірні та суб'єктивні показники, але й забезпечити більш інтуїтивне і зрозуміле представлення результатів оцінювання.

Результати моделювання нечіткої логіки були представлені у вигляді тривимірних поверхонь, які демонструють залежності між показниками при фіксованих значеннях одного з них. Отримані графіки наочно ілюструють, як саме змінюється загальна якість системи залежно від зміни двох параметрів, що дозволяє швидко визначити найкритичніші фактори впливу на загальну якість системи.

На представлених графіках на рисунку 3.4 чітко видно зони низької, середньої та високої якості, які дозволяють інтуїтивно зрозуміти сильні й слабкі сторони оцінюваних МІС. Це забезпечує можливість точнішого налаштування системи або визначення напрямів її вдосконалення. Графічні функції належності ілюструють, як нечітка система розпізнає та інтерпретує межові та проміжні значення для ключових показників якості, адаптуючись до різних варіантів експлуатації.

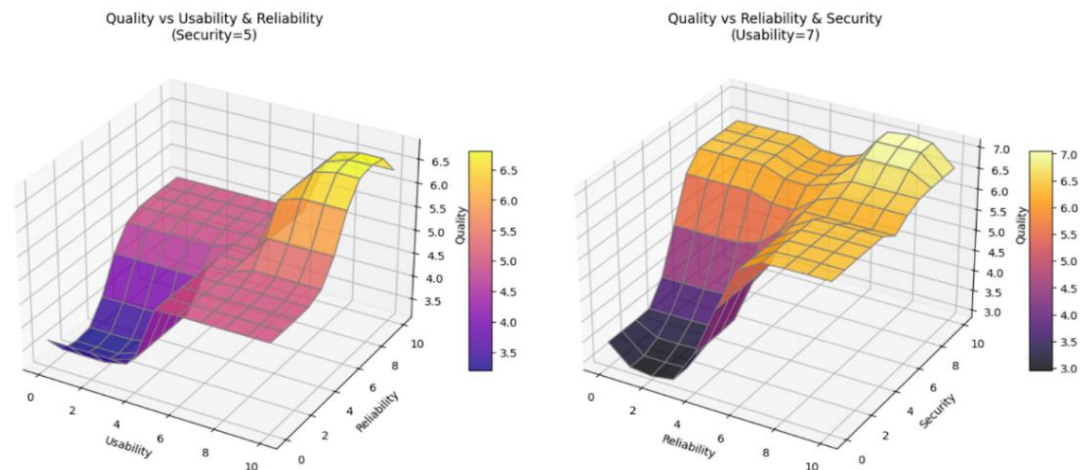


Рисунок 3.4 – Результати моделювання нечіткої логіки у вигляді тривимірних поверхонь

Як і було зазначено у підрозділі 3.1, паралельно з оцінюванням якості проходимо оцінювання ефективності.

На цьому етапі використовується набір показників, що охоплюють не лише функціональні й технічні характеристики, а й відгуки безпосередніх користувачів та результати економічного аналізу. Дані для розрахунку ефективності отримуються з різних джерел: опитування персоналу, аналізу продуктивності системи, фінансової звітності та журналів реєстрації помилок.

Оцінка задоволеності базується на результатах анкетування користувачів, які взаємодіють з МІС. Запитання у анкеті побудовані за п'ятибальною шкалою (від 1 – повністю не згоден / дуже незадоволений до 5 – повністю згоден / дуже задоволений). У таблиці 3.4 викладено перелік запитань.

Таблиця 3.4 – Анкетування користувачів

№	Критерій	Формулювання питання
1	2	3
1	Зрозумілість інтерфейсу	Чи є інтерфейс системи зручним і зрозумілим для повсякденної роботи?

Кінець таблиці 3.4

1	2	3
2	Оперативність виконання задач	Наскільки швидко ви можете виконувати свої задачі у МІС?
3	Адаптованість до робочого процесу	Чи відповідає система вашим професійним потребам?
4	Надійність	Чи часто ви стикаєтесь зі збоями, помилками або технічними проблемами?
5	Простота навчання	Наскільки легко було освоїти роботу з МІС?
6	Технічна підтримка	Чи задоволені ви якістю технічної допомоги у разі потреби?

Розроблена інформаційна технологія дозволяє ефективно реалізувати процес оцінювання медичних інформаційних систем на практиці. Вона поєднує сучасні підходи до аналізу якості та ефективності, забезпечує чітку послідовність етапів оцінювання та адаптується до потреб конкретної організації.

Розроблене рішення є достатньо гнучким, щоб бути застосованим у різних умовах — як для первинного вибору програмного продукту, так і для періодичної переоцінки вже впровадженої системи. Інформаційна технологія дає можливість швидко реагувати на зміни вимог чи структури організації, а також враховувати результати зворотного зв'язку від користувачів. Це, у свою чергу, сприяє ухваленню обґрунтованих управлінських рішень щодо подальшого розвитку та модернізації медичних інформаційних систем.

#### 4 АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою апробації запропонованого комбінованого методу оцінювання є перевірка його практичної придатності в умовах реального середовища експлуатації медичної інформаційної системи. Зокрема, апробація дозволяє оцінити точність, узгодженість та інформативність отриманих результатів, а також визначити, наскільки ефективно метод охоплює як якісні, так і кількісні характеристики функціонування системи.

У сучасній практиці використовуються дві основні методологічні групи підходів до оцінювання: апостеріорний та апріорний.

Апріорний підхід об'єднує методи прогнозу оцінки ефективності, які застосовуються до початку реалізації або на етапі планування ІТ-проєкту. Метою апріорного аналізу є обґрунтування інвестиційного рішення, зокрема вибору ІТ-рішення та визначення обсягів ресурсів, необхідних для його реалізації. Для цього використовуються моделювання очікуваних вигод, аналіз сценаріїв, а також оцінка ризиків, які можуть вплинути як на витрати, так і на потенційні ефекти проєкту. У цьому випадку ґрунтуючись на теоретичних припущеннях, експертних оцінках та еталонних показниках, здійснюється прогноз впливу впровадження системи на діяльність організації.

На відміну від попереднього, апостеріорний підхід орієнтований на постфактум оцінювання ефективності ІТ-проєкту. Його суть полягає у безпосередньому аналізі результатів впровадження системи вже на етапі її експлуатації, коли є можливість зібрати реальні статистичні дані. У процесі апостеріорного аналізу розглядаються фактичні показники до і після впровадження ІС, що дозволяє провести зіставлення досягнутих ефектів з витраченими ресурсами – фінансовими, часовими, організаційними [26].

Методи апостеріорного підходу враховують:

- рівень досягнення запланованих функціональних та економічних

результатів;

- реальне скорочення витрат або часу на обробку даних;
- зменшення кількості помилок;
- зростання задоволеності кінцевих користувачів;
- продуктивність системи в умовах експлуатації.

У межах даного дослідження було обрано апостеріорний підхід, оскільки модель медичної інформаційної системи, яка оцінюється, вже частково функціонує на етапі дослідної експлуатації. Такий підхід дозволяє обґрунтовано порівняти початкові очікування з реальними результатами функціонування системи на основі кількісних і якісних даних. Це забезпечує високу об'єктивність оцінки та формує підґрунтя для подальших коригувальних рішень щодо вдосконалення ІТ-рішення.

#### 4.1 Загальний опис ІТ- проекту

Апробація розробленого методу проводиться в умовах імітації реального ІТ-проекту з упровадження медичної інформаційної системи у загальній лікарні. Цей проєкт моделює типову ситуацію автоматизації лікувального закладу, включаючи потребу в забезпеченні надійного збереження даних, підтримки клінічних рішень, доступності інформації для медичного персоналу, а також інтеграції з іншими системами (лабораторними, діагностичними тощо).

Проєкт впровадження медичної інформаційної системи наразі перебуває на етапі дослідної експлуатації, що передбачає поступове введення ключових модулів системи у роботу відповідно до плану поетапного розгортання. Такий підхід дозволяє паралельно здійснювати моніторинг функціонування МІС, збір зворотного зв'язку від користувачів та оперативне виявлення недоліків у роботі системи.

У межах процесу апробації буде проведено оцінювання якості та ефективності впровадженого рішення, результати якого стануть підґрунтям для ухвалення рішень щодо подальшої оптимізації, внесення коректив у функціональні компоненти МІС та вдосконалення технічної архітектури системи.

Таким чином, впровадження системи розглядається як ітеративний процес, у якому результати оцінювання не лише виконують функцію постфактум аналізу, а й безпосередньо впливають на управлінські рішення щодо розвитку, масштабування та забезпечення відповідності МІС потребам установи на стратегічному рівні. Статут проекту викладено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Статут апробаційного проекту

Критерій	Значення
1	2
Назва проекту	Управління проектом розробки медичної інформаційної системи для багатопрофільної лікарні
Планова дата початку та завершення	Дата початку: 01.02.2025
	Бажаний термін завершення: 01.12.2025
	Обов'язковий термін завершення: 31.12.2025
Оцінка бюджету проекту	1 500 000 грн
Галузь/сфера реалізації	Інформаційні технології, охорона здоров'я, автоматизація клінічних процесів
Місце реалізації	Україна
Замовник проекту	Міська багатопрофільна лікарня

Кінець таблиці 4.1

1	2
Куратор проєкту	Іваненко О.О.
Ключові учасники проєкту	Медичний IT-аналітик, системний адміністратор, клінічний експерт, головний лікар, менеджер проєктів, програмісти
Дата створення документа	01.08.2024

#### 4.2 Методика проведення апробації

Оцінювання якісних характеристик медичної інформаційної системи у межах апробації розробленої методики було здійснено із застосуванням інструментів нечіткої логіки, що дозволяють формалізувати суб'єктивні оцінки експертів і користувачів у вигляді логічної моделі типу Мамдані.

У рамках апробації було обрано три основні критерії, що характеризують якість функціонування МІС: зручність інтерфейсу (usability), надійність (reliability) та безпека (security).

Значення цих параметрів було отримано на основі результатів анкетного опитування користувачів, що взаємодіють із системою в реальних умовах (представники медичного персоналу, адміністративний штат, технічні фахівці). Оцінки за кожним критерієм було наведено за п'ятибальною шкалою, після чого значення були інтерпретовані та переведені в десятибальну шкалу для подальшого використання у нечіткому виведенні.

На основі середніх значень із опитування було встановлено такі вхідні параметри:

- usability: 6.5 (між «прийнятним» та «інтуїтивним» інтерфейсом);
- reliability: 5.3 (близько до рівня «стабільний»);

– security: 4.7 (нижній поріг для «стандартного» захисту).

Ці значення були введені в побудовану модель нечіткої логіки, яка містить набір експертно сформованих правил типу «якщо–то».

Фазифікацію зазначених вхідних значень наведено на рисунку 4.1.

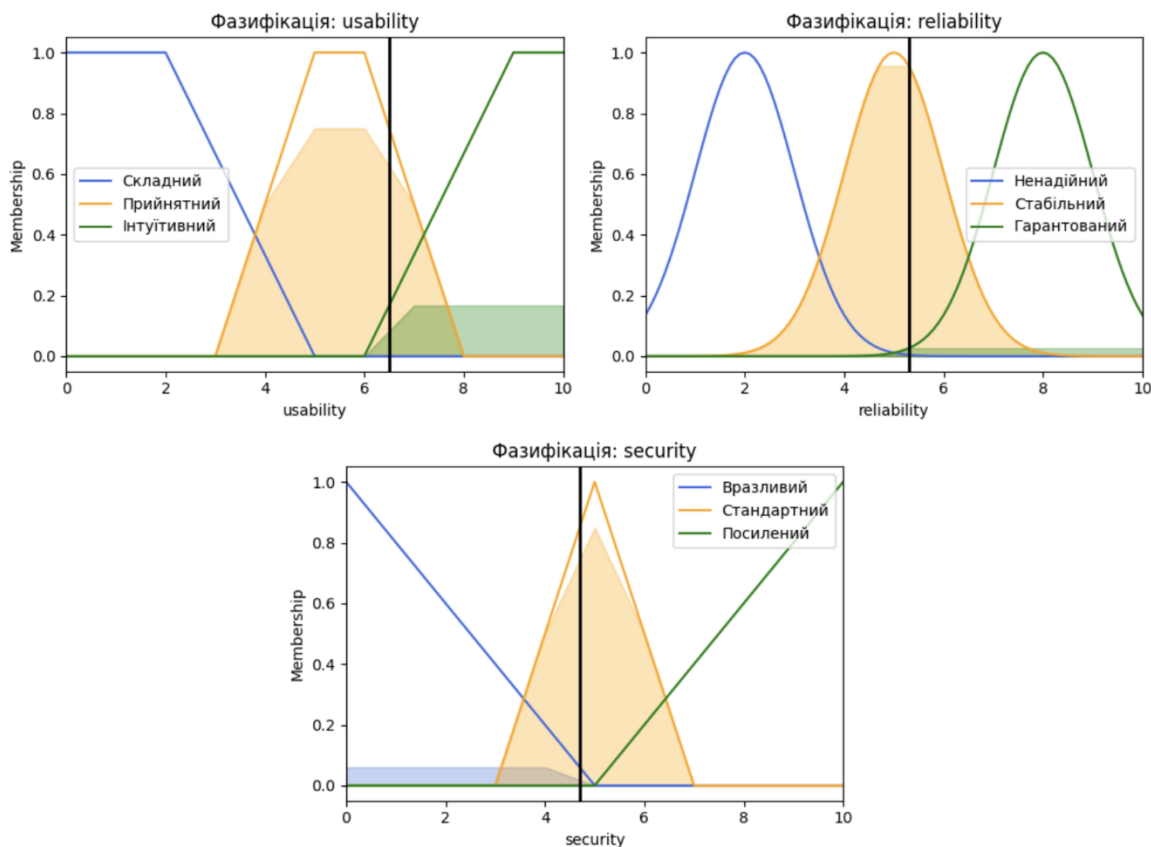


Рисунок 4.1 – Фазифікація вхідних значень

Результатом обчислення, що здійснюється в рамках фазифікації, нечіткого виведення та дефазифікації, є числове значення інтегрального показника якості на шкалі від 0 до 10. Як можна побачити на рисунку 4.2, для даної системи було отримано значення  $Q = 4.83$ , що після нормалізації дорівнює 0.48.

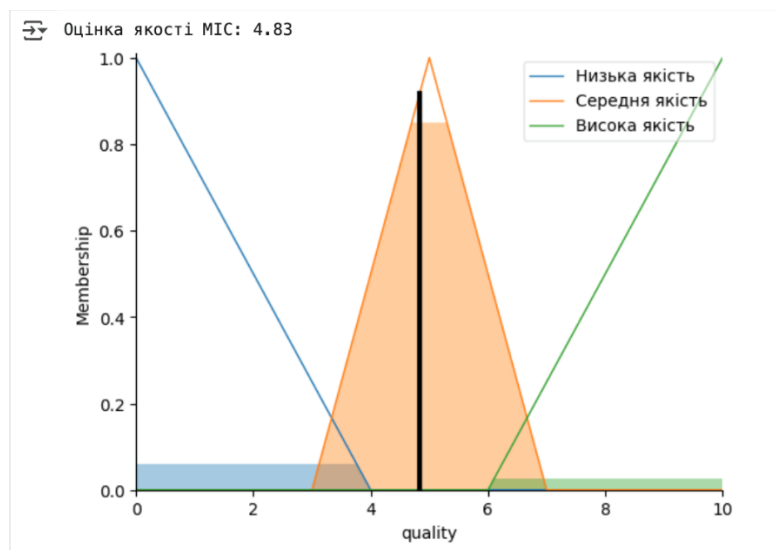


Рисунок 4.2 – Результат обчислення якості

Далі також було розраховано індикатори ефективності, які відображають зміни в роботі медичного закладу після впровадження МІС. Для збору відповідних даних використовувалися внутрішні звіти клініки, журналювання робочих процесів, аналітика технічної підтримки, а також економічні розрахунки, здійснені на основі доступної звітності про витрати та результати роботи персоналу.

У рамках збору статистичних показників після початку функціонування МІС було проаналізовано середню тривалість обслуговування одного пацієнта на основі електронних логів реєстрації.

Порівняння з аналогічними даними до впровадження показало суттєве зменшення цього показника. До впровадження система обробки пацієнта включала ручне внесення даних, тривалі черги на оформлення, відсутність попереднього бронювання, що у середньому займало близько 23 хвилин на одного пацієнта. Після інтеграції МІС завдяки автоматизованій реєстрації, електронним формам та спрощеному обміну інформацією, середній час обслуговування скоротився до 16 хвилин.

$$\Delta T = \frac{T_{\text{до}} - T_{\text{після}}}{T_{\text{до}}} = \frac{23 - 16}{23} \approx 0,304,$$

де  $T_{\text{до}}$  – час на обслуговування до впровадження системи;

$T_{\text{після}}$  – час на обслуговування після впровадження системи.

Таким чином, отримане скорочення часу обслуговування становить 30%, що підтверджує підвищення оперативності роботи персоналу.

Другим важливим індикатором ефективності стала частота помилок у введенні клінічної та адміністративної інформації.

До впровадження МІС основним джерелом даних були паперові форми та розрізнені електронні таблиці, у яких щомісяця фіксувалося до 25 корекцій помилок, переважно пов'язаних із дублікатами, пропущеними обов'язковими полями та неправильним форматом даних. Після впровадження системи, яка автоматично перевіряє заповненість полів, контролює типи даних і надає підказки користувачам, кількість виявлених помилок знизилась до 17 на місяць.

$$\Delta E = \frac{E_{\text{до}} - E_{\text{після}}}{E_{\text{до}}} = \frac{25 - 17}{25} \approx 0,32,$$

де  $E_{\text{до}}$  – кількість помилок до впровадження системи;

$E_{\text{після}}$  – кількість помилок після впровадження системи.

Це свідчить про зменшення частоти помилок на 32%, що значно покращує якість медичної документації та знижує ризики прийняття неправильних клінічних рішень.

Оцінка економічної доцільності впровадження МІС здійснювалася на основі аналізу витрат і вигод, що виникли протягом перших 12 місяців після запуску. Оцінка фінансових вигід, отриманих внаслідок впровадження МІС, базується на аналізі зменшення витрат на обробку документів, скорочення часу персоналу, підвищення швидкості обслуговування пацієнтів та зростання додаткових доходів. У поточному дослідженні розрахунок здійснювався за двома основними напрямками:

- економія операційних витрат (наприклад, за рахунок відмови від

паперового документообігу та автоматизації рутинних процесів) склала 320 000 грн на рік;

– додаткові доходи від підвищення пропускної здатності – 80 000 грн на рік.

З урахуванням загального бюджету проекту, визначеного у статуті як 1 500 000 грн, розрахунок окупності інвестицій (ROI) за перший рік здійснюється за формулою:

$$ROI = \frac{400000 - 1500000}{1500000} \approx -0,73$$

Оскільки це лише перший рік експлуатації, а система ще перебуває на етапі впровадження та налаштування, негативне значення ROI є типовим для стартового періоду (інвестиції ще не повністю окупилися). Очікується, що в наступних періодах показник буде поліпшуватись завдяки підвищенню ефективності використання системи.

Для забезпечення коректного врахування впливу показника ROI при розрахунку інтегральної ефективності, його значення було приведено до уніфікованої шкали за допомогою лінійної нормалізації:

$$ROI_{norm} = \frac{ROI - ROI_{min}}{ROI_{max} - ROI_{min}},$$

де  $ROI_{min}$  – прийняте мінімальне значення ROI;

$ROI_{max}$  – прийняте максимальне значення ROI.

При цьому, мінімальне значення ROI приймалося рівним  $-1$  (повна втрата інвестицій), а максимальне  $1$  (100% прибутку). Так, для отриманого  $ROI = -0.73$ , нормалізоване значення склало:

$$ROI_{norm} = \frac{-0,73 - (-1)}{1 - (-1)} = 0,14$$

Оцінювання задоволеності користувачів медичної інформаційної системи здійснювалося на основі анкетування п'яти респондентів – лікарів, медсестер та іншого персоналу, які регулярно взаємодіють із системою. Анкета включала шість ключових запитань, що охоплювали аспекти функціональності, інтерфейсу, адаптивності до робочого процесу, технічної підтримки та навчання. Оцінювання здійснювалося за п'ятибальною шкалою, де 1 означає повне невдоволення, а 5 – повну згоду з твердженням або задоволення. Результати анкетування викладено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати анкетування

Критерій	Співробітник				
	1	2	3	4	5
Зрозумілість інтерфейсу	4	3	4	3	2
Оперативність виконання задач	3	3	4	3	2
Адаптованість до робочого процесу	4	3	3	2	2
Надійність	3	3	4	3	2
Простота навчання	4	4	4	3	3
Технічна підтримка	3	3	3	3	2
Середнє значення USS_user	3.5	3.17	3.67	2.83	2.17

Розрахуємо загальне середнє значення:

$$USS = \frac{USS_1 + USS_2 + USS_3 + USS_4 + USS_5}{5},$$

де  $USS_i$  – середнє значення кожного респондента.

Отримали значення задоволеності 3,07. Оскільки шкала оцінювання має діапазон від 1 до 5, нормалізація виконується за такою формулою:

$$USS_{norm} = \frac{USS - \min}{\max - \min},$$

де  $\min = 1$ ;

$\max = 5$ .

Отже, отримали нормалізований показник задоволеності користувачів, що дорівнює 0,52.

Розрахуємо загальний показник ефективності:

$$E = \frac{USS_{norm} + \Delta T_{norm} + \Delta E_{norm} + ROI_{norm}}{4} = \frac{1,284}{4} = 0,32,$$

де  $\Delta T_{norm}$  – нормалізоване значення скорочення часу обслуговування пацієнтів;

$\Delta E_{norm}$  – нормалізоване значення зниження кількості помилок;

$\Delta USS_{norm}$  – нормалізоване значення рівня задоволеності користувачів;

$ROI_{norm}$  – нормалізоване значення ROI.

Отримані результати тепер використаємо для розрахунку узагальненого підсумкового показника TPS, що поєднує кількісні та якісні аспекти функціонування МІС.

$$TPS = \frac{Q_{norm} + E}{2} = \frac{0,48 + 0,32}{2} = 0,40,$$

де  $Q_{norm}$  – нормалізований показник якості;

$E$  – показник ефективності.

Після проведення комплексного оцінювання системи було здійснено аналіз отриманих результатів, після чого були виявлені сфери для

потенційного вдосконалення.

До основних заходів, реалізованих у рамках удосконалення МІС, належали:

1. Оптимізація інтерфейсу користувача: внесено зміни до структури меню та навігації, спрощено процес виконання ключових операцій, а також покращено логічну послідовність дій у робочих сценаріях. Це дозволило скоротити кількість помилок при введенні даних та підвищити швидкість виконання основних завдань.

2. Підвищення надійності роботи системи: впроваджено додаткові механізми резервного копіювання та автоматичного відновлення у разі технічних збоїв, а також оновлено алгоритми моніторингу працездатності компонентів МІС.

3. Покращення технічної підтримки: розроблено систему оперативного реагування на запити користувачів, розширено базу знань та інструкцій, а також впроваджено внутрішні навчальні матеріали для швидкого освоєння нових функцій.

4. Посилення інформаційної безпеки: оновлено політику управління доступом, реалізовано двофакторну автентифікацію для всіх категорій користувачів, а також посилено контроль за журналюванням подій та аудитом змін у системі.

Усі вищевказані зміни були впроваджені поетапно, з урахуванням пріоритетності виявлених проблем та обмежень бюджету.

Після впровадження поліпшень було заплановано повторний цикл оцінювання, що дозволить відстежити динаміку основних показників і забезпечити постійне вдосконалення функціоналу МІС відповідно до реальних потреб користувачів та стратегічних цілей закладу охорони здоров'я.

Виконаємо повторне оцінювання якості системи із використанням розробленої нечіткої моделі Мамдані. Для кожного з показників були повторно визначені вхідні значення. Нові оцінки формувалися за результатами експертного обговорення з урахуванням зворотного зв'язку користувачів,

виявлених проблем у процесі експлуатації та аналізу впроваджених змін у системі:

- зручність використання (usability): 7 (інтерфейс став більш інтуїтивним, скоротилась кількість дій для типових сценаріїв);
- надійність (reliability): 6.7 (відмічено скорочення кількості технічних збоїв, збільшення стабільності роботи системи);
- безпека (security): 6.2 (після впровадження сучасних механізмів контролю доступу та оновлення політик шифрування даних).

Ці оновлені значення були використані як вхідні параметри для фазифікації у системі нечіткого виведення Мамдані.

Як і на першому етапі оцінювання, фазифікацію вхідних значень наведено на рисунку 4.3.

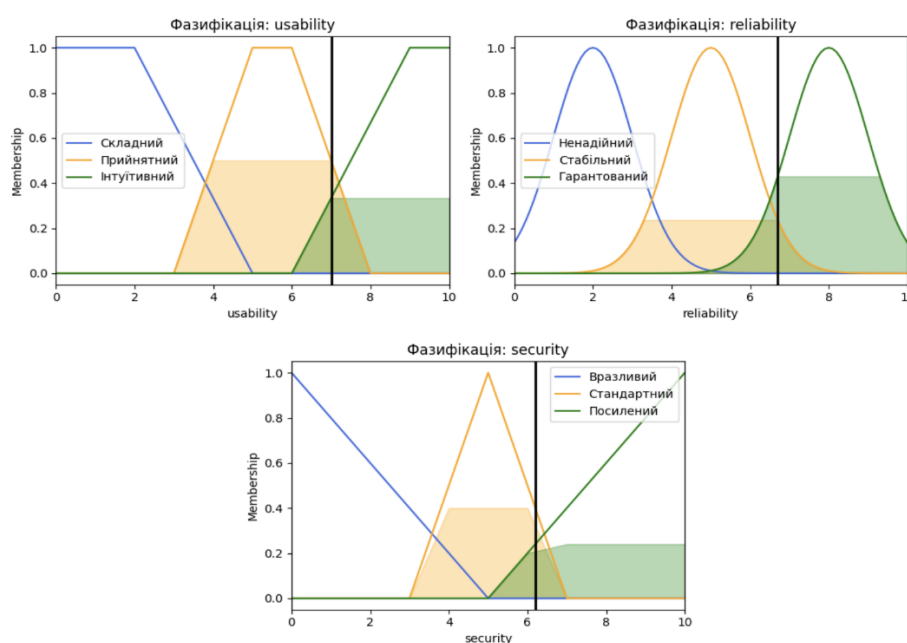


Рисунок 4.3 – Фазифікація вхідних значень на другому етапі

У результаті повторного моделювання, інтегральна оцінка якості МІС склала 6.5 (за шкалою від 0 до 10), що свідчить про суттєве підвищення якісних характеристик системи порівняно з попереднім етапом. Результати оцінювання зображені на рисунку 4.4.

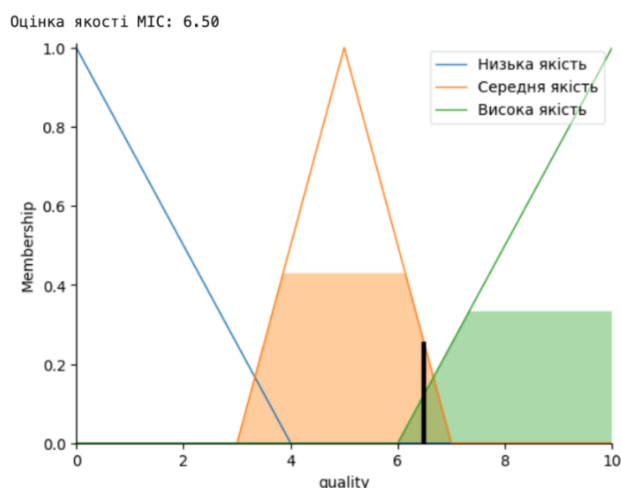


Рисунок 4.4 – Результат обчислення якості на другому етапі оцінювання

Після модернізації медичної інформаційної системи було повторно здійснено комплексне оцінювання ефективності з метою визначення динаміки покращень. Як і на попередньому етапі, для цього застосовано сукупність кількісних та якісних показників, що дають змогу комплексно відобразити вплив змін на роботу закладу.

Порівняння результатів оцінювання по ключових показниках після першого та другого етапу оцінювання викладено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Порівняння результатів на першому та другому етапах

Показник	Після 1-го етапу оцінювання	Після 2-го етапу оцінювання
1	2	3
Час обслуговування пацієнта, хв	16	11
Скорочення часу ( $\Delta T$ , частка)	0,30	0,52
Кількість помилок при введенні даних	17	10
Зниження помилок ( $\Delta E$ , частка)	0,32	0,60

Кінець таблиці 4.3

1	2	3
ROI (грошовий показник)	-0,73 (-1 100 000 грн)	-0,20 (-300 000 грн)
Нормалізований ROI	0,14	0,40
Задоволеність користувачів (середнє по анкеті)	3,07	4,17
Нормаліз. індекс задоволення (USS)	0,52	0,79
Якість МІС (вихід нечіткої системи, шкала 0–10)	4,83	6,5

Розрахуємо загальний показник ефективності після покращення системи:

$$E_2 = \frac{0,52+0,60+0,40+0,79}{4} = \frac{2,31}{4} = 0,58$$

Тепер розрахуємо узагальнений підсумковий показник TPS.

$$TPS = \frac{Q_{norm_2} + E_2}{2} = \frac{0,58+0,65}{2} = 0,62$$

Отже, отримуємо загальний показник системи, що дорівнює 0,62.

#### 4.3 Результати апробації та перспективи подальших досліджень

Проведена апробація розробленого методу комплексного оцінювання якості та ефективності МІС підтвердила його практичну цінність та наукову новизну. Основна перевага методу полягає у поєднанні класичних кількісних

підходів із використанням нечіткої логіки, що дозволяє коректно враховувати суб'єктивні та якісні параметри, недоступні для прямого вимірювання традиційними методами.

Використання нечітких множин дозволяє ефективно агрегувати суб'єктивні експертні судження та користувацькі враження, формуючи інтегральний показник якості, максимально наближений до реального функціонування системи в умовах невизначеності та варіативності вимог. Крім того, інтеграція кількісних і якісних індикаторів у єдину оціночну модель дозволяє отримати цілісну картину щодо ефективності проекту не лише з точки зору економіки, але й з урахуванням людського фактору та реальних експлуатаційних умов.

Для ілюстрації динаміки змін у результаті впровадження запропонованих удосконалень, на рисунку 4.5 наведено порівняльну діаграму ключових показників після першого та другого етапів оцінювання.

Таким чином, результати апробації підтвердили, що використання нечітких моделей для комплексного оцінювання забезпечує більш об'єктивну та гнучку систему прийняття рішень, дозволяючи точно і своєчасно виявляти напрями для подальших покращень функціонування МІС.



Рисунок 4.5 – Порівняльна діаграма ключових показників після першого та другого етапів оцінювання

У межах подальших досліджень доцільним є розширення методики за рахунок додаткових показників, які враховують специфіку різних типів медичних інформаційних систем та масштабів впровадження. Перспективним напрямом розвитку також є інтеграція з інструментами автоматичного збору даних, а також з іншими системами підтримки прийняття рішень. Це дозволить забезпечити сталість якості МІС у довгостроковій перспективі та підвищити рівень управління цифровими процесами в медичній сфері.

## ВИСНОВКИ

У сучасній медицині використання інформаційних технологій стало невід'ємною складовою забезпечення якості медичних послуг, оптимізації процесів та підвищення рівня безпеки пацієнтів. За даними міжнародних звітів, кількість уразливостей у медичних ІТ-системах лише у 2023 році зросла на 59%, що підкреслює потребу у систематичному та сучасному підході до оцінювання якості та ефективності таких рішень. Оцінка ефективності та якості ІТ-проектів є ключовим етапом для забезпечення їхньої успішної реалізації, що зумовлює необхідність використання сучасних методів аналізу. В ході роботи було проаналізовано особливості предметної галузі, виявлено ключові виклики щодо впровадження МІС в українських закладах охорони здоров'я, а також розглянуто сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій у цій сфері.

У межах роботи було здійснено аналіз існуючих підходів до оцінювання якості та ефективності ІТ-проектів. Для оцінювання якості та ефективності медичних інформаційних систем застосовується широкий спектр підходів: від аналізу економічних показників і інвестиційної доцільності до використання міжнародних стандартів якості, вимірювання користувацького досвіду та залучення експертних думок. Більшість існуючих методик мають обмеження у сфері застосування, оскільки не враховують достатньою мірою специфіку медичних інформаційних систем та особливості роботи в умовах невизначеності, багатofакторності й суб'єктивності оцінок.

В ході виконання роботи було детально сформульовано вимоги до медичних інформаційних систем, що включають технічні, функціональні, якісні та нормативні аспекти. Проведено аналіз актуальних стандартів та передових практик впровадження ІС у закладах охорони здоров'я.

За результатами дослідження було розроблено комбінований метод оцінювання якості та ефективності медичних інформаційних систем, який

поєднує переваги класичних аналітичних підходів із використанням нечітких систем виведення. Наукова новизна цієї методики полягає у застосуванні нечіткої системи Мамдані для інтеграції експертних суджень і суб'єктивних оцінок в умовах невизначеності, що притаманна галузі охорони здоров'я. Це дозволило отримувати більш релевантні, гнучкі та адаптивні результати оцінювання, особливо у тих випадках, коли класичні кількісні метрики не дають повної картини якості чи ефективності функціонування системи.

Проведено експериментальну перевірку розробленого комбінованого методу на прикладі впровадження медичної інформаційної системи в умовах закладу охорони здоров'я. У ході апробації здійснено поетапний розрахунок основних показників якості та ефективності системи, зокрема через анкетування користувачів, аналіз змін продуктивності та фінансових показників до і після впровадження модернізацій. Отримані результати дозволили об'єктивно порівняти функціональні можливості МІС на різних етапах життєвого циклу, а також виявити переваги застосування нечітких моделей для оцінки складних, багатофакторних характеристик у реальних умовах експлуатації.

Розробка та застосування комплексних методів оцінки якості та ефективності ІТ-проектів у медичних установах сприятиме їхній успішній інтеграції та використанню. Враховуючи швидкий розвиток цифрових технологій, подальші дослідження в цій сфері є необхідними для вдосконалення методологічного апарату оцінювання та створення адаптивних систем, що забезпечуватимуть високу якість медичних послуг.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. National eHealth system. Kodjin. URL: <https://kodjin.com/cases/national-ehealth-system/> (дата звернення: 14.03.2025).
2. World Bank Group. Сектор охорони здоров'я України зміцнюється за підтримки Світового банку. *World Bank*. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2024/12/09/ukraine-health-sector-to-strengthen-with-world-bank-support> (дата звернення: 01.03.2025).
3. Health Technology Assessment Implementation in Ukraine: Current Status and Future Perspectives / M. Csanádi та ін. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. 2019. Т. 35, № 5. С. 393–400. URL: <https://doi.org/10.1017/s0266462319000679> (дата звернення: 10.03.2025).
4. Ukraine's national health system maintains financing and service provision during times of war. *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/about/accountability/results/who-results-report-2020-mtr/country-story/2022/ukraine-s-national-health-system-maintains-financing-and-service-provision-during-times-of-war> (дата звернення: 05.03.2025).
5. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою «Управління проектами в галузі інформаційних технологій» / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – 24 с.
6. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. – Чинний від 22.06.2015. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 04.03.2016. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.
8. Hryhorian I., Bilova T. Project management methods for the development

of hospital information systems (HIS). *LII International scientific and practical conference «Scientific Research in the Age of Virtual Reality: Exploring New Frontiers»*, м. Montreal, 18–20 груд. 2024 р. С. 119–121.

9. З 60 року кількість вразливостей, які можна використовувати, які викривають медичні установи, зроста майже на 2022%, згідно з новим звітом дослідження - Health-ISAC - Центр обміну та аналізу інформації про здоров'я. *Health-ISAC - Health Information Sharing and Analysis Center*. URL: <https://health-isac.org/uk/2023-state-of-cybersecurity-for-medical-devices-and-healthcare-systems/> (дата звернення: 27.02.2025).

10. 7 років цифрової трансформації медицини: що презентували на eHealth Summit 2024 – Міський науковий інформаційно-аналітичний центр медичної статистики. *Міський науковий інформаційно-аналітичний центр медичної статистики*. URL: <https://medstat.kiev.ua/3957-2/> (дата звернення: 11.02.2025).

11. Підбито проміжні підсумки цифровізації за 2023 р. | Український Медичний Часопис. *Український Медичний Часопис - новини медицини і здоров'я. Медична практика в Україні*. URL: <https://umj.com.ua/uk/publikatsia-245251-pidbito-promizhni-pidsumki-tsifrovizatsiyi-za-2023-r> (дата звернення: 30.03.2025).

12. Управлінська, освітня, економічна складові телемедичних технологій. *Міністерство охорони здоров'я України*. URL: <https://moz.gov.ua/uk/upravlinska-osvitnya-ekonomichna-skladovi-telemedichnih-tehnologij> (дата звернення: 11.02.2025).

13. Mehdipour Y., Zerehkafi H. Hospital Information System (HIS): At a Glance. *Asian Journal of Computer Science And Information Technology*. 2013. Т. 1, № 2. С. 54–61. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329029643\\_Hospital\\_Information\\_System\\_HISAt\\_a\\_Glance](https://www.researchgate.net/publication/329029643_Hospital_Information_System_HISAt_a_Glance) (дата звернення: 04.03.2025).

14. eHealth - що це та як підключитися? - Блог Health24. *Блог Health24*. URL: <https://blog.h24.ua/uk/ehealth-shho-tse-ta-yak-pidklyuchytysya/> (дата

звернення: 19.02.2025).

15. Підключені до ЦБД Медичні Інформаційні Системи. *eHealth*. URL: <https://ehealth.gov.ua/pidklyucheni-do-ehealth-mis/> (дата звернення: 04.03.2025).

16. Our Software | Epic. *Epic*. URL: <https://www.epic.com/software/?searchText=> (дата звернення: 11.02.2025).

17. Oracle's Acquisition of Cerner: The Future of Healthcare. *Oracle*. URL: <https://www.oracle.com/health/acquisition-of-cerner-the-future-of-healthcare/> (date of access: 01.02.2025).

18. Assessing the Effectiveness of Healthcare Management Systems in Quality Enhancement / M. D. Mohanty та ін. *Health Leadership and Quality of Life*. 2023. Т. 2. С. 310. URL: <https://doi.org/10.56294/hl2023310> (дата звернення: 30.01.2025).

19. Копняк К.в. Оцінювання ефективності впровадження медичних інформаційних систем. *Економіка і організація управління*. 2017. Т. 2, № 26. С. 109–119.

20. Noël R., Taramasco C., Márquez G. Standards, processes, and tools used to evaluate the quality of health information systems: systematic literature review. *Journal of medical internet research*. 2022. Т. 24, № 3. С. e26577. URL: <https://doi.org/10.2196/26577> (дата звернення: 10.03.2025).

21. Quality of health information systems - health information systems - NCBI bookshelf. *National Center for Biotechnology Information*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK602587/> (дата звернення: 12.03.2025).

22. Emmanuel Chris, Wiley Jane, Favour Bradford. Cost-Benefit analysis of technology implementation. *ResearchGate*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/389688022\\_Cost-Benefit\\_Analysis\\_of\\_Technology\\_Implementation](https://www.researchgate.net/publication/389688022_Cost-Benefit_Analysis_of_Technology_Implementation) (дата звернення: 01.05.2025).

23. Asih I., Purba H. P., Sitorus T. M. Key Performance Indicators: A Systematic Literature Review. *Journal of Strategy and Performance Management*. 2020. Т. 8, № 4. С. 142–155.

24. About HL7. *HL7 International*. URL:

<https://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=footer> (дата звернення: 04.03.2025).

25. Common data quality elements for health information systems: a systematic review / H. Ghalavand та ін. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2024. Т. 24, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02644-7> (дата звернення: 29.04.2025).

26. А.В Міхнова, К.С.Чиркова. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Ефективність ІТ-Проекту». Харків : ХНУРЕ, 2020. 111 с.

27. С. Ф. Чалий. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Нечіткі множини». Харків : ХНУРЕ, 2018. 97 с.

28. Malakhov K. S. Insight into the digital health system of ukraine (ehealth): trends, definitions, standards, and legislative revisions. *International journal of telerehabilitation*. 2023. Т. 15, № 2. URL: <https://doi.org/10.5195/ijt.2023.6599> (дата звернення: 30.03.2025).

29. Vasilcova N., Panforova I., Neumyvakina O. Improving a method to analyze the requirements for an information system for consistency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Т. 3, № 2 (105). С. 17–27. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205518> (дата звернення: 10.03.2025).

30. The method of alternative ranking for a collective expert estimation procedure / К. Е. Petrov та ін. *Radio electronics, computer science, control*. 2020. № 2. С. 84–94. URL: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-9> (дата звернення: 30.01.2025).

31. Determining Hospital Information System (HIS) Success Rate: Development of a New Instrument and Case Study / Z. Ebnehoseini та ін. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2019. Т. 7, № 9. С. 1407–1414. URL: <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.294> (дата звернення: 10.03.2025).

32. Performance Analysis of Hospital Information System of the National Health Insurance Corporation Ilsan Hospital / J. M. Han та ін. *Healthcare Informatics Research*. 2012. Т. 18, № 3. С. 208. URL:

<https://doi.org/10.4258/hir.2012.18.3.208> (дата звернення: 10.02.2025).