

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Західноукраїнський національний університет**  
**Факультет комп'ютерних інформаційних технологій**  
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

**КУРИЛЯК Максим Юрійович**

**Метод розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я /**  
**Method of Development of Healthcare Digital System**

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки  
освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КНзм-21  
М. Ю. Куриляк

---

Науковий керівник:  
к.т.н., ст. викладач М. З. Домбровський

---

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Н.В. Дзюбановська

**ТЕРНОПІЛЬ – 2025**

**Факультет комп'ютерних інформаційних технологій**  
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління  
Освітній ступінь «магістр»  
спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»  
освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Н.В. Дзюбановська  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**Куриляку Максиму Юрійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Метод розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я / Method of Development of Healthcare Digital System

керівник роботи к.т.н., ст. викладач М.З. Домбровський  
затвержені наказом по університету від 20 листопада 2025 року № 1476-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 1 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити:

- проаналізувати сучасний стан цифровізації охорони здоров'я та тенденції розвитку цифрових медичних систем;
- дослідити підходи та стандарти створення медичних інформаційних систем;
- визначити вимоги до цифрової системи з урахуванням безпеки, продуктивності інтеграбельності та масштабованості;
- розробити метод архітектурного проєктування цифрової системи з інтеграцією IoT, хмарних технологій та аналітики медичних даних;
- обґрунтувати алгоритмічні та математичні підходи до обробки медичної інформації
- провести експериментальну перевірку методу.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі -

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20 листопада 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи, ознайомлення з літературними джерелами та складання плану роботи	до 20.11.2025 р.	
2	Написання 1 розділу кваліфікаційної роботи	до 21.11.2025 р.	
3	Написання 2 розділу кваліфікаційної роботи	до 24.11.2025 р.	
4	Написання 3 розділу кваліфікаційної роботи	до 25.11. 2025 р.	
5	Представлення попереднього варіанту кваліфікаційної роботи, перевірка та внесення змін керівником	до 27.11.2025 р.	
6	Опрацювання зауважень та представлення завершеного варіанту кваліфікаційної роботи. Підготовка супроводжуючих документів	до 28.11.2025 р.	
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на оригінальність тексту	до 1.12.2025 р.	
8	Оформлення кваліфікаційної роботи та отримання допуску до захисту	до 04.12.2025 р.	
9	Подання кваліфікаційної роботи до захисту на засіданні атестаційної комісії	до 14.12. 2025 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Куриляк М. Ю.  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Домбровський М.З.  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Метод розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я» на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» написана обсягом 82 сторінки і містить 29 рисунків, 6 таблиць, 1 додаток та 50 використаних джерел.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка методу створення цифрової системи для закладів охорони здоров'я, яка забезпечує ефективну обробку медичних даних, інтеграцію сучасних технологій та підвищення ефективності управління медичними процесами.

Методи досліджень: системний аналіз, об'єктно-орієнтоване моделювання, математичне моделювання, аналітичні методи обробки даних та експериментальне тестування на синтетичних даних.

Результати дослідження: запропоновано інтегрований метод створення цифрової медичної системи з урахуванням IoT, AI та хмарних технологій.

Удосконалено архітектурний підхід до інтеграції з існуючими медичними платформами. Розвинено методи управління впровадженням цифрових систем у медичних закладах.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні та впровадженні цифрових систем у установах охорони здоров'я закладах для підвищення ефективності обробки медичних даних та управління процесами надання медичної допомоги. Запропонований метод дозволяє створювати гнучкі, безпечні та масштабовані цифрові платформи для медичних установ, що забезпечує підвищення якості медичних послуг та ефективності роботи персоналу.

Ключові слова: ЦИФРОВІ СИСТЕМИ, ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ, ЦИФРОВІЗАЦІЯ, ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ, ТУМАННІ ОБЧИСЛЕННЯ, ІОТ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АНАЛІТИКА.

## ABSTRACT

Qualification work on the topic «Method of Development of Healthcare Digital System » for the Master`s degree on the specialty 122 «Computer Science» of the educational and professional program «Computer Science» is written on 82 pages and contains 29 figures, 6 tables, 1 annex and 50 used sources.

The purpose of the qualification work is to develop a method for creating a digital system for healthcare institutions that ensures effective medical data processing, integration of modern technologies and increased efficiency of medical process management.

Research methods include system analysis, object-oriented modeling, mathematical modeling, analytical methods of data processing and experimental testing on synthetic data.

Research results: an integrated method for creating a digital medical system is proposed, taking into account IoT, AI and cloud technologies.

The architectural approach to integration with existing medical platforms has been improved. Methods for managing the implementation of digital systems in healthcare institutions have been developed.

The results of the work can be applied in the design and implementation of digital systems in healthcare institutions to increase the efficiency of medical data processing and management of medical care processes. The proposed method allows to create flexible, secure and scalable digital platforms for healthcare institutions, which ensures an increase in the quality of medical services and staff efficiency.

Keywords: DIGITAL SYSTEMS, CLOUD COMPUTING, DIGITALIZATION, DIGITAL TRANSFORMATION, FOG COMPUTING, IoT, INTELLECTUAL ANALYTICS.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз предметної області та постановка завдань дослідження	10
1.1 Виклики і тенденції цифрової трансформації системи охорони здоров'я	10
1.2 Аналіз літературних джерел з цифрових систем охорони здоров'я	13
1.3 Постановка задачі та формування вимог до розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я	16
Висновки до розділу 1	18
2 Теоретичні основи розробки цифрових систем охорони здоров'я	20
2.1 Концепція та багаторівнева архітектура цифрової системи охорони здоров'я	20
2.2 Підхід управління проектами розробки медичних інформаційних систем у галузі охорони здоров'я	24
2.3 Алгоритмічне та математичне обґрунтування запропонованого методу	35
Висновки до розділу 2	45
3 Практична реалізація та експериментальна перевірка методу	47
3.1 Програмна реалізація та опис програмної архітектури системи	47
3.2 Методика та експериментальне дослідження методу з використанням деперсоналізованих даних	49
3.3 Аналіз результатів експериментів і кейсів практичного застосування	54
Висновки до розділу 3	57
Висновки	59
Список використаних джерел	60
Додаток А Копії опублікованих результатів	65

## ВСТУП

У сучасному світі цифрові технології стали невід'ємною частиною всіх сфер людської діяльності. Особливо це стосується охорони здоров'я, де впровадження цифрових систем дозволяє значно підвищити ефективність надання медичних послуг, оптимізувати внутрішні процеси медичних установ, забезпечити своєчасний обмін інформацією між пацієнтами та медичними працівниками, а також підвищити якість прийняття управлінських рішень. Сучасні цифрові медичні системи включають електронні медичні картки, системи електронних рецептів, телемедичні платформи, аналітичні інструменти та технології обробки великих даних, що дозволяє значно скоротити час на обслуговування пацієнтів і підвищити доступність медичної допомоги.

В Україні цифровізація охорони здоров'я здійснюється через розвиток електронних медичних систем, телемедичних сервісів та інформаційних платформ. Водночас існує ряд проблем, що перешкоджають ефективному впровадженню цифрових рішень. Серед них – фрагментарність існуючих систем, низький рівень інтеграції з сучасними технологіями, обмежена масштабованість та складність управління процесами впровадження цифрових рішень у закладах охорони здоров'я. Це зумовлює нагальну потребу у розробці методів створення цифрових систем, які будуть комплексними, безпечними, інтегрованими та здатними ефективно обробляти великі обсяги медичних даних.

Особлива увага в сучасних цифрових медичних системах приділяється інтеграції новітніх технологій, таких як Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення, штучний інтелект та аналітика даних. Впровадження цих технологій дозволяє не лише підвищити продуктивність роботи медичних закладів, але й забезпечити масштабованість та гнучкість цифрових платформ, що є критично важливим у умовах постійного зростання обсягів медичної інформації та складності процесів надання медичних послуг.

Актуальність теми дослідження обумовлена потребою створення науково обґрунтованого підходу до проектування цифрових систем для закладів охорони здоров'я, що поєднує сучасні технології обробки та аналітики даних, забезпечує

безпеку інформації та підвищує ефективність управління медичними процесами. Розробка такого методу дозволить спростити автоматизацію роботи медичних установ, покращити якість обслуговування пацієнтів та оптимізувати використання ресурсів.

**Метою кваліфікаційної роботи** є розробка методу створення цифрової системи для закладів охорони здоров'я, яка забезпечує ефективну обробку медичних даних, інтеграцію сучасних технологій та підвищення ефективності управління медичними процесами.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан цифровізації охорони здоров'я та тенденції розвитку цифрових медичних систем;
- дослідити підходи та стандарти створення медичних інформаційних систем;
- визначити вимоги до цифрової системи з урахуванням безпеки, продуктивності інтероперабельності та масштабованості;
- розробити метод архітектурного проектування цифрової системи з інтеграцією IoT, хмарних технологій та аналітики медичних даних;
- обґрунтувати алгоритмічні та математичні підходи до обробки медичної інформації;
- провести експериментальну перевірку методу.

**Об'єктом дослідження** є: процеси цифровізації закладів охорони здоров'я.

**Предметом дослідження:** методи та моделі створення цифрових систем охорони здоров'я з інтеграцією сучасних технологій та управління процесами

**Методи дослідження:** у роботі застосовано системний аналіз, об'єктно-орієнтоване моделювання, математичне моделювання, аналітичні методи обробки даних та експериментальне тестування на синтетичних даних.

**Результати дослідження:** запропоновано інтегрований метод створення цифрової медичної системи з урахуванням IoT, AI та хмарних технологій.

Удосконалено архітектурний підхід до інтеграції з існуючими медичними платформами. Розвинено методи управління впровадженням цифрових систем у медичних закладах.

**Практичне значення дослідження:** результати роботи можуть бути використані при проєктуванні та впровадженні цифрових систем у установах охорони здоров'я закладах для підвищення ефективності обробки медичних даних та управління процесами надання медичної допомоги. Запропонований метод дозволяє створювати гнучкі, безпечні та масштабовані цифрові платформи для медичних установ, що забезпечує підвищення якості медичних послуг та ефективності роботи персоналу.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення роботи й практичні результати дослідження доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми економіки, обліку, фінансів та права в умовах сучасних викликів», м. Ізмаїл, Україна, 16 грудня 2023 р., на XIV міжнародній науково-практичній конференції «Світові тенденції, реалії та супутні проблеми розвитку», м. Копенгаген, Данія. 19 - 22 грудня 2023 р.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Виклики і тенденції цифрової трансформації системи охорони здоров'я

Цифрова трансформація охорони здоров'я включає в себе застосування інноваційних технологій для покращення надання медичних послуг у цифровий спосіб, управління медичними даними та забезпечення кращої взаємодії між медичними установами та пацієнтами [1, 2]. Основними технологіями цифровізації є штучний інтелект (AI), Інтернет речей (IoT), туманні/окраїнні (Fog /Edge), хмарні обчислення, блокчейн та аналітика великих даних [3-5].

Світова практика демонструє успішні приклади використання цих технологій у таких країнах, як США, Великобританія та Німеччина, де впровадження цифрових медичних систем допомогло значно підвищити ефективність обслуговування пацієнтів [1, 2]. Зокрема, впровадження платформи HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) забезпечує установам охорони здоров'я ефективно обмінюватися даними за єдиними стандартами, що дає змогу уникнути дублювання інформації та забезпечує швидкий доступ до важливих даних [5, с. 45].

В Україні, незважаючи на початкові кроки в напрямку цифровізації, зокрема через впровадження Електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ), залишаються проблеми з інтеграцією різних медичних систем, відсутністю єдиних стандартів обміну даними та недостатнім використанням інноваційних технологій на всіх етапах надання медичних послуг [3, 5, 6, 8].

Які глобальні тренди цифровізації в охороні здоров'я сьогодні помітніші:

а) розвиток стандартів обміну медичними даними, таких як HL7 FHIR та ICD-10 для забезпечення інтеграції даних між різними медичними установами [3, 5];

б) застосунки IoT: використання сенсорних пристроїв для моніторингу стану пацієнтів у реальному часі, що забезпечує можливість лікарям отримувати дані про стан пацієнтів і приймати рішення значно швидше [1, 7-12];

в) штучний інтелект та машинне навчання: застосування алгоритмів для прогнозування та діагностики захворювань, що дозволяє зменшити кількість помилок та покращити точність діагнозів [9, 13, 16];

г) використання хмарних технологій для зберігання медичних даних, що забезпечує доступ до них з будь-якої точки світу та знижує витрати на локальні сервери [12, 15, 17].

Цифрова трансформація в охороні здоров'я є однією з найважливіших тенденцій у розвитку сучасної медицини, яка зумовлює зміну існуючих підходів до надання медичних послуг, управління медичними установами та обробки пацієнтських даних. Цей процес відображає інтеграцію новітніх інформаційних технологій у всі сфери функціонування охорони здоров'я, що включає не лише адміністрування, а й безпосереднє надання медичних послуг [10, 12, 13].

Цифрова трансформація в охороні здоров'я охоплює широкий спектр технологічних інновацій, таких як інтернет речей, Штучний інтелект, хмарні обчислення, аналітика великих даних та блокчейн. Ці технології дозволяють змінити підходи до обробки даних, зробити медичні послуги більш персоналізованими, а також знизити витрати на адміністративні та медичні процеси. Водночас цифровізація відкриває нові можливості для покращення якості лікування та забезпечення доступності медичних послуг [8, 11, 12].

Основним завданням цифрової трансформації є досягнення інтероперабельності - здатності різних медичних систем обмінюватися даними, використовуючи однакові стандарти. Для цього важливо розвивати технології електронних медичних записів (ЕМЗ), які дозволяють зберігати та передавати дані пацієнтів між медичними установами та забезпечують лікарям швидкий доступ до необхідної інформації. У цьому контексті важливою є імплементація стандартів, таких як HL7 FHIR, який визначає правила для обміну даними між медичними системами [5, 11].

Ключовими компонентами цифрової трансформації є також інтернет речей та технології штучного інтелекту. IoT забезпечує оперативний контроль стану пацієнтів за допомогою носимих пристроїв, таких як смарт-годинники, датчики

для моніторингу артеріального тиску, що дозволяє лікарям отримувати актуальні дані без необхідності перебування пацієнта в лікарні. За допомогою AI можна автоматизувати обробку медичних зображень, здійснювати прогнозування захворювань та оптимізувати процеси діагностики. Зокрема, машинне навчання (ML) і глибоке навчання (DL) активно використовуються для автоматичного розпізнавання патернів у медичних зображеннях, таких як рентгенівські знімки або МРТ [8-12].

Крім того, актуальними є дослідження в галузі аналітики великих даних, що дозволяють аналізувати величезні обсяги медичних даних для виявлення патернів захворювань та прогнозування розвитку захворювань. Наприклад, у дослідженні [25] зазначено, що використання великих даних дозволяє значно покращити процеси прийняття рішень у медичних установах, а також оптимізувати лікування на основі аналізу історії хвороб пацієнта.

Наразі більшість європейських країн та США активно реалізують стратегії цифрової трансформації в охороні здоров'я. У Великобританії, наприклад, Національна служба охорони здоров'я (NHS) у рамках ініціативи NHS Digital активно впроваджує стандарти обміну даними, автоматизує процеси обробки медичних зображень за допомогою AI, а також використовує хмарні платформи для зберігання і обробки даних [6, 15]. Це дозволяє підвищити доступність медичних послуг, зменшити час на діагностику та забезпечити інтеграцію з іншими медичними установами.

У контексті України, на фоні глобальних тенденцій цифрової трансформації, розвивається Електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ). Вона є важливою складовою частиною цифрової стратегії охорони здоров'я, що дозволяє не тільки обмінюватися даними між медичними установами, а й здійснювати дистанційне спостереження за пацієнтами та надавати консультації через інтернет [1-3, 8-11].

Загалом, цифрова трансформація в охороні здоров'я не лише покращує ефективність лікування, але й забезпечує нові можливості для наукових досліджень, сприяє розвитку персоналізованої медицини та телемедицини, а

також полегшує доступ до медичних послуг для людей, що знаходяться в віддалених районах.

## 1.2 Аналіз літературних джерел з цифрових систем охорони здоров'я

У сучасних дослідженнях з тематики комп'ютерних наук цифрові системи охорони здоров'я розглядаються як складні розподілені обчислювальні програмні системи [13-19], для яких характерні високі вимоги до надійності, безпеки, масштабованості та інтегрованості. У роботі [17] наголошується, що класичні підходи програмної інженерії є недостатніми для таких систем без адаптації до доменних особливостей медицини у розробці комп'ютерних систем.

Автори роботи [18] доводять доцільність застосування модельно-орієнтованої інженерії програмного забезпечення (MDSE) для побудови складних предметно-орієнтованих систем. Автори підкреслюють, що використання UML- і DSL-моделей дозволяє формалізувати архітектуру та зменшити ризики на етапах проєктування і супроводу [18, 20].

Ряд досліджень аналізує генеративні інновації в ІТ і показує, що у сфері охорони здоров'я найбільш ефективними є гібридні архітектурні підходи, які поєднують стабільні «ядрові» компоненти та гнучкі сервісні модулі [21-26].

Окремий напрям досліджень присвячений мікросервісній та хмарній архітектурі медичних систем. Автори роботи [27] на прикладі Німеччини демонструють, що використання хмарних платформ дозволяє скоротити час розгортання медичних ІТ-систем і підвищити їхню масштабованість, однак потребує чітко визначених методів управління життєвим циклом.

Як вже було згадано, ключовим викликом цифрових систем охорони здоров'я є забезпечення інтегрованості. Стандарт HL7 FHIR визначає ресурсно-орієнтовану модель медичних даних та механізми REST-взаємодії між системами [5]. Дослідження показують, що застосування FHIR знижує витрати на інтеграцію на 30–40 % порівняно з пропрієтарними рішеннями.

Питання захисту медичних даних детально розглядаються у стандарті ISO/IEC 27001 [4], який визначає вимоги до систем управління інформаційною безпекою. Для медичних інформаційних систем це критично важливо через обробку персональних і біометричних даних.

У документах МОЗ України [3, с. 22–37] визначено вимоги до підключення медичних інформаційних систем до ЕСОЗ, однак методи архітектурного проектування та управління розробкою таких систем залишаються поза межами нормативного регулювання.

Сучасні дослідники активно розглядають інтеграцію IoT-пристроїв у цифрові медичні системи для безперервного моніторингу стану пацієнтів. Лі та Карйон [25] підкреслюють, що саме поєднання IoT і аналітики даних формує основу Health Care 4.0.

У роботах [14-16, 19, 20] зазначається, що використання Data Science та AI у медицині дозволяє перейти від реактивної до прогнозної моделі надання медичних послуг. Водночас автори наголошують на необхідності формалізації алгоритмів і перевірки їхньої надійності.

Управління проектами розробки медичних IT-систем є окремою складною задачею чи пучком задач. РМВОК [6] визначає універсальні процеси управління проектами, однак у галузі охорони здоров'я вони потребують адаптації.

Автор [21] доводить, що Agile та Scrum підходи є ефективними для розробки програмного забезпечення з мінливими вимогами, але в регульованих галузях доцільно використовувати гібридні підходи.

Роботи українських дослідників [9-13] висвітлюють проблеми та можливості для цифрової трансформації в медичних установах, наголошуючи на важливості інтеграції новітніх інформаційних технологій для зменшення адміністративних витрат та підвищення ефективності медичних послуг.

Українські дослідження [7, 8, 12] підкреслюють роль адаптивних методів управління IT-проектами в умовах невизначеності та ресурсних обмежень.

Отже, аналіз літератури показав, що:

- а) існує значна кількість досліджень з окремих аспектів цифрової медицини;
- б) недостатньо розроблені інтегровані методи, які поєднують архітектуру системи, алгоритмічну обробку даних і управління проєктами;
- в) український контекст потребує адаптації міжнародного досвіду.

Цей аналіз показує, що цифровізація охорони здоров'я є складним і багатогранним процесом, який вимагає інтеграції різних технологій, а також врахування специфічних вимог до безпеки та конфіденційності даних. Основні підходи до цифровізації медичних систем можна поділити на кілька напрямків, як далі буде розглянуто.

Інтеграція різних медичних інформаційних систем є важливим елементом для забезпечення безперервного доступу до даних, незалежно від того, в якій медичній установі вони були зібрані. У багатьох країнах активно впроваджуються стандарти FHIR для обміну медичними даними між різними медичними організаціями та державними установами. У той же час, в Україні все ще існують труднощі з інтеграцією різних типів медичних даних.

Використання машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування захворювань є однією з основних технологій, що дозволяє лікарям приймати більш точні рішення. Для цього використовуються аналітика великих даних та класичні моделі прогнозування, що дозволяють передбачити розвиток захворювань на основі медичних даних пацієнтів [25-29].

ІоТ дає можливість моніторити стан пацієнтів у реальному чи квазі-реальному часі, через використання медичних пристроїв, що відповідають концепції туманних/окраїнних обчислення, перебуваючи у постійному підключенні до інтернету. Це дозволяє лікарям отримувати важливі дані та інформацію для лікування пацієнтів і здійснювати дистанційне спостереження за їх станом. Деякі країни вже активно застосовують ІоТ в медичних установах, що дозволяє зменшити навантаження на лікарів і підвищити точність діагностики.

Впровадження технологій в медичні системи уможливорює зберігати дані на віддалених серверах, що забезпечує зручний доступ до них з будь-якої точки

світу. Це дозволяє лікарям оперативно обмінюватися медичними даними, знижуючи витрати на локальні сервери та інфраструктуру.

### 1.3 Постановка задачі та формування вимог до розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я

Незважаючи на активне впровадження цифрових технологій у медичну сферу в Україні, на сьогодні відсутній єдиний формалізований метод розробки цифрових систем для закладів охорони здоров'я, який би одночасно враховував усі ключові аспекти — технологічні, архітектурні та управлінські. Така ситуація ускладнює вирішення поточних проблем вітчизняних медичних установ і перешкоджає ефективній інтеграції новітніх технологій у медичні платформи. Хоча окремі елементи цифрових медичних систем, такі як електронні медичні записи, телемедицина та моніторинг пацієнтів в реальному часі, вже активно впроваджуються, відсутність цілісного підходу до розробки таких систем унеможлиблює їх ефективне функціонування на всіх етапах життєвого циклу [14].

Однією з основних проблем є відсутність інтеграції різних технологій і платформ, що використовуються в медичних установах, оскільки багато з них працюють у відриві одна від одної. Це обмежує можливість обміну медичними даними між різними закладами охорони здоров'я та ускладнює управління пацієнтами на державному рівні. Водночас питання безпеки медичних даних, що є критичним для забезпечення конфіденційності і захисту пацієнтської інформації, часто залишається недостатньо вирішеним через відсутність єдиних стандартів для розробки таких систем. За словами дослідників у галузі цифрових медичних технологій, зокрема [16], розробка таких систем повинна враховувати не лише технологічні аспекти, але й інтероперабельність між різними платформами, що має суттєве значення для функціонування цифрових медичних платформ.

Враховуючи ці проблеми, у роботі сформулюється науково-практична задача, що полягає у розробці метод створення цифрової системи для закладів охорони здоров'я, який забезпечить інтеграцію сучасних технологій, таких як

Інтернет речей (IoT), обчислювальний інтелект та хмарні обчислення, з урахуванням міжнародних стандартів і вимог до управління проектами розробки. Цей метод має стати основою для ефективно побудованих систем, що дозволяють оптимізувати обмін медичними даними, підвищити рівень безпеки та забезпечити надійну інтеграцію з іншими медичними платформами [6, 11, 16, 23, 30].

Враховуючи таку постановку проблеми, задачі дослідження можна поділити на кілька ключових напрямків, кожен з яких вимагає окремого вивчення та обґрунтування:

а) розробка концептуальної моделі цифрової медичної системи, що включає інтеграцію сучасних технологій і систем для забезпечення ефективного обміну даними та безпеки;

б) створення багаторівневої архітектури цієї системи, що гарантує її масштабованість і здатність інтегруватися з іншими медичними платформами через стандарт HL7 FHIR, що є важливим для забезпечення інтероперабельності;

в) вибір та обґрунтування методів управління проектами розробки, з урахуванням гнучкості та адаптації до постійно змінюваних вимог в медичній сфері, що пов'язано з високим рівнем невизначеності і складністю нормативних вимог;

г) розробка алгоритмів обробки та аналізу медичних даних, що дозволить застосувати передові методи машинного навчання та обробки великих обсягів медичних даних для автоматизації процесів діагностики та моніторингу пацієнтів;

д) експериментальна перевірка запропонованої методології шляхом використання синтетичних медичних даних для оцінки ефективності її практичного застосування.

Обґрунтування напрямків вирішення цих задач має на меті створення цифрової системи, яка не лише відповідає сучасним вимогам інтероперабельності та безпеки, а й забезпечує можливість її безперервного розвитку та адаптації до нових технологічних вимог. Вибір таких напрямків обумовлений необхідністю

побудови гнучкої, але водночас стабільної та масштабованої системи, що буде здатна інтегруватися з різними платформами й пристроями.

Результати дослідження можуть бути використані для створення стандартів і методичних рекомендацій щодо розробки цифрових медичних систем на національному рівні, що дозволить не лише покращити існуючі платформи, але й допоможе в створенні нових, більш адаптованих до сучасних потреб медичних установ. Крім того, запропоновані методи та алгоритми обробки медичних даних можуть бути застосовані для автоматизації процесів діагностики, моніторингу пацієнтів, а також для удосконалення управління медичними закладами. Це дозволить значно підвищити якість медичних послуг, особливо в віддалених районах, де важливим є забезпечити доступність і ефективність.

Для вирішення поставлених задач буде використано системний підхід, що включатиме методи моделювання, аналізу та симуляції для перевірки архітектури системи, а також методи прогнозування для оцінки результативності обробки медичних даних. Важливою частиною дослідження стане експериментальна перевірка запропонованих рішень із використанням деперсоналізованих і напів синтетичних даних, що дозволить на практиці оцінити їх продуктивність, якості прототипа, а не зразу у «польових умовах».

## Висновки до розділу 1

1. Сьогодні в Україні відсутній єдиний формалізований метод розробки цифрових систем для медичних закладів, що ускладнює інтеграцію новітніх технологій та їх ефективне використання в охороні здоров'я.
2. Основною проблемою є відсутність інтеграції різних медичних платформ і технологій, що обмежує можливості обміну даними та ефективного управління пацієнтами на державному рівні.
3. Питання безпеки медичних даних, зокрема захисту конфіденційності пацієнтів, залишаються недостатньо вирішеними через відсутність єдиних стандартів для розробки медичних систем.

4. У роботі сформульовано науково-практичну задачу - розробити метод створення цифрової системи для закладів охорони здоров'я, що забезпечить інтеграцію сучасних технологій та відповідає міжнародним стандартам.

5. Актуальність для закладів охорони здоров'я полягає у розробці методів для побудови цифрових медичних систем, які включають інноваційні технології та забезпечують надійну інтеграцію з іншими платформами, є необхідною для підвищення ефективності та якості медичних послуг.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

### 2.1 Концепція та багаторівнева архітектура цифрової системи охорони здоров'я

Цифрові системи охорони здоров'я є важливим інструментом модернізації галузі охорони здоров'я та спрямовані на підвищення якості медичних послуг, забезпечення безперервного моніторингу стану пацієнтів і підтримку процесів прийняття клінічних рішень. Застосування цифрових технологій дозволяє автоматизувати збір, зберігання та аналіз медичних даних, зменшити вплив людського фактора та підвищити ефективність роботи персоналу систем охорони здоров'я. Сучасні підходи до розробки таких систем базуються на принципах інженерії програмного забезпечення, зокрема модульності, масштабованості, повторного використання компонентів і орієнтації на предметну область [18, 32].

Концепція цифрової системи охорони здоров'я передбачає інтеграцію Інтернету речей, штучного інтелекту, хмарних, туманних та крайових обчислень. Такий підхід забезпечує обробку великих обсягів гетерогенних даних у реальному часі та дозволяє швидко реагувати на зміни фізіологічних показників пацієнтів [18, 21, 22].

Архітектура цифрової системи охорони здоров'я будується як багаторівнева та включає логічно пов'язані рівні, кожен з яких виконує окремі функції. До основних рівнів архітектури належать:

- а) рівень сенсорів IoT, який забезпечує первинний збір даних;
- б) рівень крайових та окраїнних / туманних обчислень, що виконує попередню обробку та фільтрацію даних;
- в) рівень обробки даних та аналітики з використанням алгоритмів AI;
- г) рівень хмарних обчислень, відповідальний за зберігання та масштабування даних;
- д) рівень користувача, що реалізує інтерфейси взаємодії з системою [16-19].

Рівень сенсорів IoT включає пристрої, такі як пульсометри, глюкометри, термометри та пульсоксиметри, які зчитують фізіологічні показники та передають

їх у режимі реального часу [24, 29-34]. Подальша обробка даних здійснюється на рівні крайніх та туманних обчислень, що уможлиблює:

- а) зменшити затримки передавання інформації;
- б) виконати попередню агрегацію даних;
- в) знизити навантаження на хмарні ресурси [24, с. 121; 35].

Аналітичний рівень цифрової системи використовує алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу отриманих даних [25-31]. Основними завданнями цього рівня є:

- а) виявлення аномалій у показниках здоров'я;
- б) прогнозування можливих ускладнень;
- в) формування рекомендацій для персоналу систем охорони здоров'я [18, с. 88; 25, с. 80].

Хмарний рівень забезпечує централізоване зберігання електронних записів, результатів аналізів та історії лікування пацієнтів. Використання хмарних сервісів дозволяє реалізувати масштабування системи залежно від навантаження, забезпечити резервне копіювання та високу доступність даних. Взаємодія між усіма рівнями архітектури цифрової системи охорони здоров'я представлена на рисунку 2.1.

Для реалізації архітектури цифрової системи [19, с. 42, 33-34], доцільним є застосування модульного підходу. Основні модулі цифрової системи охорони здоров'я (рисунок 2.1) включають:

- а) модуль користувача (UI/UX), який забезпечує інтерфейси для лікарів і пацієнтів;
- б) модуль бізнес-логіки, що реалізує обробку даних і алгоритми прийняття рішень;
- в) модуль даних, відповідальний за зберігання та доступ до інформації;
- г) модуль інтеграції, який забезпечує взаємодію з зовнішніми системами через API та стандарти FHIR і HL7 [24, 31, 32].

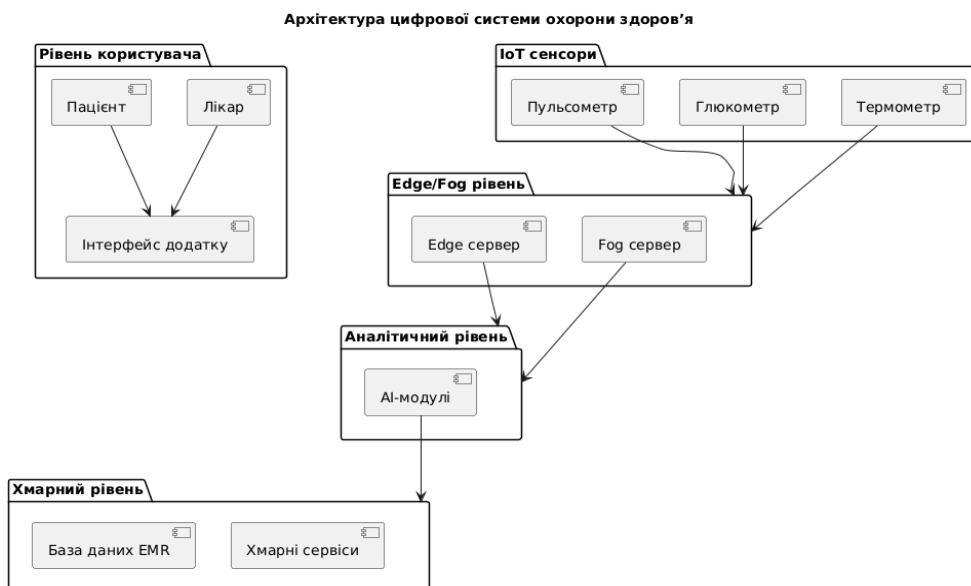


Рисунок 2.1 – Архітектура цифрової системи охорони здоров'я

Модульна структура цифрової системи охорони здоров'я [18, с. 90; 19, с. 118], відображена на UML-діаграмі компонентів (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – UML-діаграма компонентів цифрової системи охорони здоров'я

Для формалізації структури даних і об'єктів використовуються UML-діаграми класів. На рисунку 2.3 наведено діаграму класів [20, с. 122; 33, с. 58], що відображає основні сутності: «Пацієнт», «Медичний запис», «IoT-пристрій» та «Аналітичний модуль», а також їх взаємозв'язки.

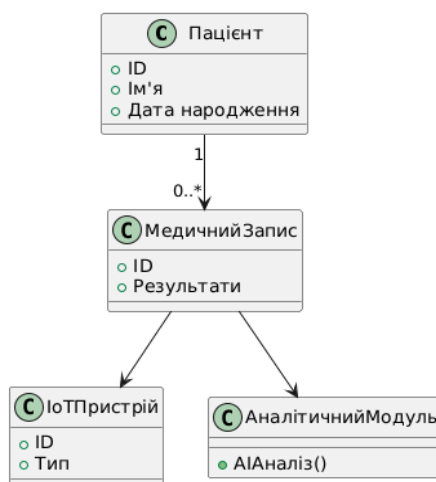


Рисунок 2.3 – UML-діаграма класів цифрової системи охорони здоров'я

Обробка медичних даних у системі здійснюється за алгоритмом, що поєднує зчитування інформації з баз даних та IoT-пристроїв, її аналіз за допомогою AI та формування звітів про ризики [22, 23]. Загальна схема роботи згаданого алгоритму наведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема обробки медичних даних пацієнта

Для зберігання інформації у цифровій системі використовується реляційна база даних, основні таблиці якої наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні таблиці бази даних цифрової системи охорони здоров'я

Ід	Назва таблиці	Призначення
1	Пацієнти	Зберігання персональної інформації та історії лікування
2	Медичні записи	Результати обстежень, аналізів та призначень лікарів
3	ІоТ-пристрої	Інформація про підключені сенсори та пристрої
4	Аналітичні дані	Результати обробки та аналітичні звіти
5	Користувачі	Дані про лікарів, медсестер та адміністраторів

Таким чином, запропонована концепція та багаторівнева архітектура цифрової системи охорони здоров'я забезпечують комплексний підхід до обробки даних, інтеграцію сучасних технологій та створюють основу для подальшої реалізації цифрових систем у закладах охорони здоров'я.

2.2 Підхід управління проектами розробки медичних інформаційних систем у галузі охорони здоров'я

У сучасних умовах цифровізації охорони здоров'я управління проектами розробки комп'ютерних програм, цифрових рішень і застосунків є критично важливим чинником ефективності, безпеки та сталості медичних процесів. Медичні інформаційні системи функціонують у середовищі підвищеної складності, що зумовлено необхідністю дотримання вимог до захисту персональних даних, відповідності міжнародним стандартам інтеоперабельності, інтеграції з національною Електронною системою охорони здоров'я та постійної адаптації до змін нормативно-правової бази. Як зазначається у сучасних дослідженнях, успішна реалізація таких проектів потребує поєднання класичних і гнучких методологій управління, системного формування вимог, управління ресурсами й ризиками, а також безперервного контролю якості [20, 22].

У працях К. Schwalbe [21, 22] управління проєктами в галузі охорони здоров'я розглядається як цілісна система, що охоплює зацікавлені сторони, групи процесів управління, області знань, інструменти та методи, критерії успіху проєкту і його внесок у стратегічний розвиток організації. Узагальнену структуру такого підходу подано на рисунку 2.2, де відображено взаємозв'язок між елементами управління проєктом та організаційною стратегією [21]. Застосування цього фреймворка (рамки) в проєктах цифровізації медичних закладів дозволяє узгодити технічні рішення з клінічними та управлінськими цілями установи.



Рисунок 2.5 – Фреймворк управління проєктами в галузі охорони здоров'я, (джерело: адаптовано за [21, р. 59])

Складне завдання діяльності сучасних організацій щодо інновацій і розвитку вимагає здійснення завдань і дій, які можуть бути представлені у вигляді проєкту, що має зв'язки з цілями і стратегією. Інститут управління проєктами описує проєкти як відповідь на фактори (зовнішні і внутрішні), що впливають на організацію, оскільки проєкти діють на поточні операції та бізнес-стратегії та уможливають впроваджувати необхідні зміни [7, 28, 32, 37, 39, 46, 48].

Обидві групи факторів можуть бути за своєю природою реактивними (щось потрібно змінити) або проактивними (щось потрібно покращити, але немає примусу це робити). Зовнішні причини можуть включати, наприклад, зміни в регулюванні, на які необхідно реагувати (реактивні), або нові технології, які використовуються для покращення надання цінності стейкхолдерам (проактивні) [12, 27, 49].

Внутрішні причини також можуть бути реактивними, наприклад, коли потрібно щось змінити для усунення проблем, або проактивними, коли процеси вдосконалюються завчасно для підвищення ефективності чи задоволеності споживачів.

Оскільки управління проектом є процесом вирішення шляхів досягнення цілі проекту та створення взаємопов'язаної по термінах, можливостях та виконавцях сукупності завдань та дій для здійснення цілі проекту, воно передбачає дотримання таких правил:

- результат проекту повинен бути чітко окреслений (обсяг робіт);
- проект має здійснюватися у визначеному зовнішньому середовищі (учасники);
- встановлені терміни проекту (строки);
- бюджет не повинен перевищувати задану величину (затрати);
- продукт має відповідати визначеним стандартам якості;
- необхідно мати справу з надійними, гнучкими і стабільними постачальниками та підрядниками (ресурси) [12, 16, 22, 27, 49].

Особливістю інноваційних проектів є їх виконання в умовах невизначеності. Невизначеність – це неповнота чи неточність інформації про умови реалізації проекту, у тому числі про пов'язані витрати і результати. Виникнення несприятливих чи ймовірнісних ситуацій і наслідків у ході реалізації проекту характеризується поняттям ризику [7, 22, 28].

Щоб зменшити вплив факторів невизначеності, важливим є удосконалення процесу планування. Основними напрямками покращення системи планування є

вдосконалення інформаційного забезпечення, методології планування, а також введення інтелектуальних елементів у процес планування проектних робіт.

Відповідний структурний підхід на основі інформаційно-ресурсної моделі дозволяє інтегрувати планування і контроль, які часто розглядаються окремо, але взаємопов'язані як подано у таблиці 2.2, підвищує ефективність управління проектом [12, 22, 48].

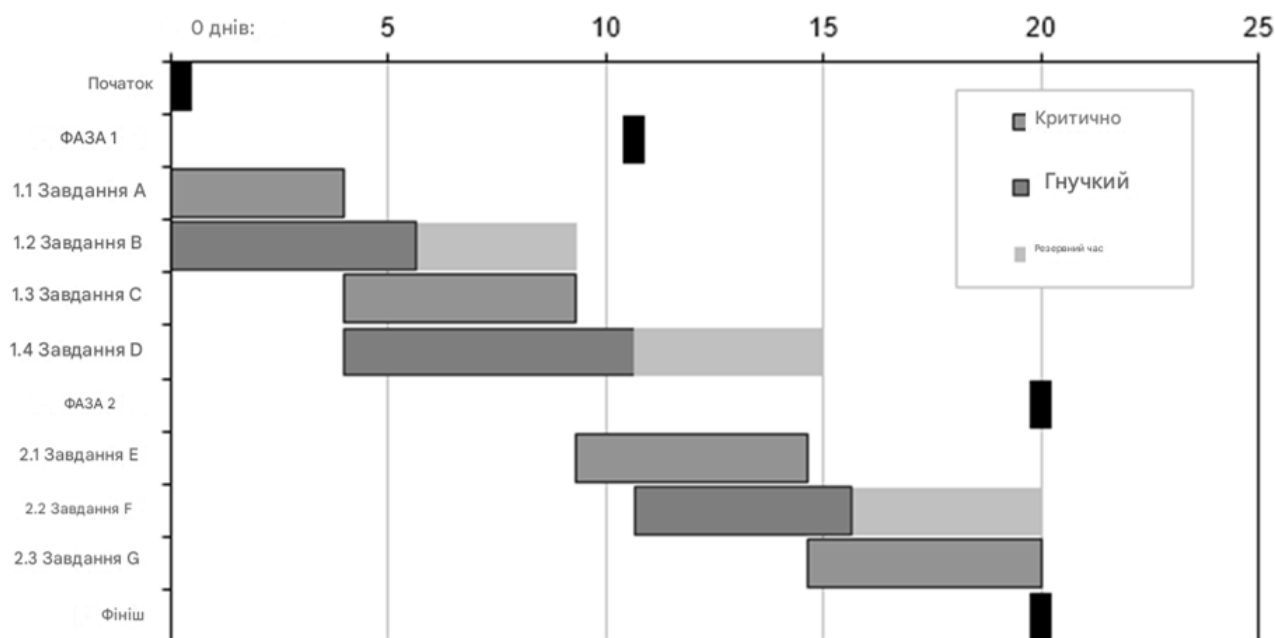
Таблиця 2.2 – Взаємозв'язок засобів у проектах цифрової охорони здоров'я

Групи процесів	Галузі знань	Інструменти та методи	Приклад застосування у проекті цифрової системи охорони здоров'я
Ініціювання	Інтеграція	Бізнес-кейс, аналіз зацікавлених сторін	Збір вимог від лікарів, пацієнтів, формування бізнес-кейсу
Планування	Обсяг	WBS (структура робіт), визначення обсягу	Визначення функціоналу: запис на прийом, EIX, аналітика
Виконання	Графік виконання	Діаграма Ганта, Agile-спринти	Розробка модулів, інтеграція з медичними системами
Моніторинг і контроль	Вартість	Контроль бюджету, звіти про витрати	Відстеження витрат, звітування про бюджет проекту
Завершення	Якість	Тестування, приймальні іспити	Фінальне тестування, навчання користувачів
	Ресурси	Планування ресурсів, розподіл ролей	Формування команди розробників, тестувальників
	Комунікації	Регулярні наради, звітність	Стендапи, зв'язок з замовниками і користувачами
	Ризик	Ризик-реєстр, аналіз ризиків	Оцінка безпеки даних, план реагування на відмови
	Закупівлі	Контракти, тендери	Закупівля ліцензій, необхідного обладнання
	Зацікавлені сторони	Матриця зацікавлених сторін	Врахування інтересів лікарів, адміністраторів, пацієнтів

Підходи управління проектами у сфері охорони здоров'я доцільно поділяти на традиційні та гнучкі. Традиційний підхід, представлений стандартом PMBOK, орієнтований на детальне планування, формалізацію обсягу робіт, визначення часових і ресурсних обмежень, а також контроль якості. Для цифрових систем охорони здоров'я це забезпечує структурованість процесів, зокрема при розробці модулів електронних медичних записів й їх інтеграції з національними інформаційними системами [7, с. 45]. Інструментальну реалізацію такого підходу

часто здійснюють із використанням діаграм Ганта, приклад якої наведено на рисунку 2.3 [22, с. 61].

ID	НАЗВА ЗАВДАННЯ	ПОПЕРЕДНИКИ		Час (у днях)		
				ХВ	ЙМОВІРНІ	МАКС
S	Початок					
P1	ФАЗА 1	1.4				
1.1	1.1 Завдання А	S		2	4	6
1.2	1.2 Завдання В	S		3	5	9
1.3	1.3 Завдання С	1.1		4	5	7
1.4	1.4 Завдання D	1.1		4	6	10
P2	ФАЗА 2	2.2	2.3			
2.1	2.1 Завдання Е	1.2	1.3	4	5	7
2.2	2.2 Завдання F	1.4		3	4	8
2.3	2.3 Завдання G	2.1		3	5	8
F	Фініш	P1	P2			



Рисунку 2.6 – Аналітична критичного шляху за допомогою діаграми Ганта

Разом із тим, динамічність медичної галузі та часті зміни вимог зумовлюють необхідність використання гнучких підходів Agile та SCRUM. Їх ключові переваги, зокрема ітеративна розробка, швидке отримання зворотного зв'язку та активна участь кінцевих користувачів, систематизовано на рисунку 2.4 [7, 20, с. 41]. Використання SCRUM дозволяє впроваджувати цифрові рішення поступово,

знижуючи ризики та підвищуючи прийнятність системи для медичного персоналу.



Рисунок 2.7 – Основні переваги використання SCRUM у медичних IT-проєктах

Важливою особливістю управління проєктами в охороні здоров'я є необхідність системного підходу. У цьому контексті доцільно застосовувати трисферну модель управління системами адаптовану за [22, с. 112], яка охоплює бізнесову, організаційну та технологічну сфери (рисунок 2.5). Дана модель демонструє, що проєкт цифрової системи повинен одночасно створювати цінність для організації, бути прийнятним для персоналу та відповідати технічним вимогам [21, с. 110–111]. Українські дослідження підтверджують, що ігнорування хоча б однієї зі сфер значно знижує ефективність цифровізації медичних закладів [11, 13].

Формування вимог до медичних інформаційних систем є фундаментальним етапом управління проєктом, оскільки визначає архітектуру системи, вибір технологічного стеку та можливості інтеграції.

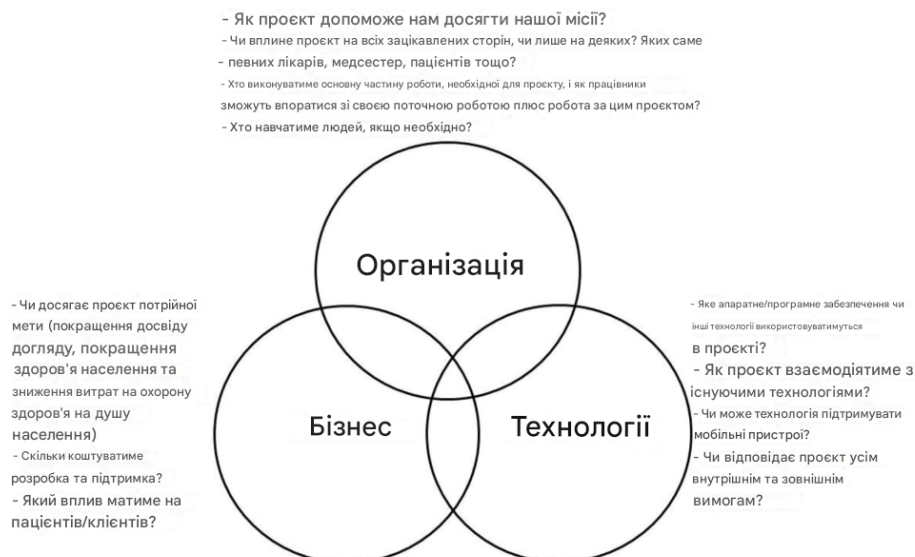


Рисунок 2.8 – Трисферна модель управління проектами в системі охорони здоров'я

Вимоги поділяються на функціональні та нефункціональні, серед яких ключовими є безпека даних, масштабованість і сумісність зі стандартами HL7, FHIR, ICD-10 [24, 25, 32].



Рисунок 2.9 – WBS у форматі ментальної карти для цифрового медичного проекту

Для деталізації робіт застосовується структура декомпозиції робіт (WBS), приклади якої у форматі ментальної карти та ієрархічної структури наведено на рисунках 2.6 і 2.7 відповідно [22, р. 275–277].

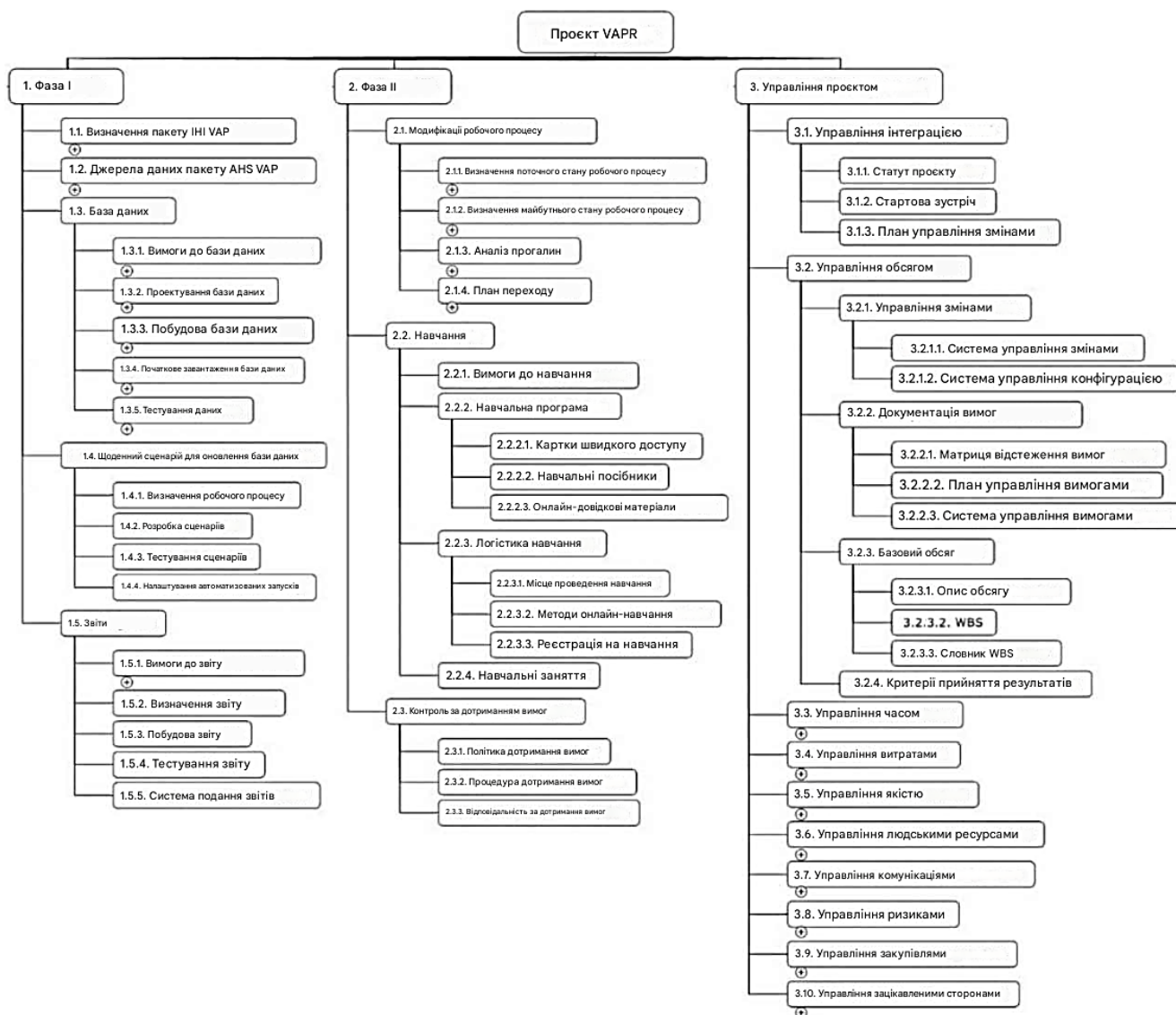


Рисунок 2.10 – Ієрархічна структура WBS медичного ІТ-проекту

Проекту розробки медичних чи охорони здоров'я, інформаційних систем в тому числі цифрових, супроводжуються значною кількістю ризиків, що потребує формалізованого управління ризиками. Для кількісної оцінки ризиків застосовується модель «Управління ризиками», що є ключовим елементом забезпечення надійності програмних систем, особливо у проектах, що стосуються медичних або критично важливих застосунків. Для кожного процесу визначається загальний рівень ризику, який враховує ймовірність настання ризику, його вплив, критичність та дієвість чи ефективність запобіжних заходів:

$$R_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot I_{ij} \cdot C_j \cdot M_j, \dots \dots \dots (2.1)$$

де:

- ( $R_i$ )            Загальний рівень ризику для  $i$ -го процесу
- ( $P_{ij}$ )            Ймовірність настання  $j$ -го ризику у процесі  $i$  (0–1)
- ( $I_{ij}$ )            Вплив  $j$ -го ризику на функціонування процесу  $i$
- ( $C_j$ )            Критичність ризику  $j$  (особливо важлива для безпеки пацієнтів у медичних системах)
- ( $M_j$ )            Коефіцієнт ефективності запобіжних заходів: 0 — ризик повністю знижено, 1 — заходи відсутні
- ( $n$ )              Кількість ризиків, пов'язаних із конкретним процесом

Результати передбачень, використовуючи цю модель, відображають на спеціальній матриці складові якої подано у таблиці 2.3, що уможлиблює інтерпретувати кількісні оцінки у якісні.

Таблиця 2.3 – Матриця ймовірність–вплив

Ймовірність \ Вплив	Малий (1)	Середній (2)	Високий (3)	Критичний (4)
Дуже малий (0.1)	0.1	0.2	0.3	0.4
Малий (0.3)	0.3	0.6	0.9	1.2
Середній (0.5)	0.5	1.0	1.5	2.0
Високий (0.7)	0.7	1.4	2.1	2.8
Дуже високий (0.9)	0.9	1.8	2.7	3.6

Матриця дозволяє швидко оцінити внесок кожного ризику у загальний рівень  $R_i$  у межах Agile-спринтів. Як це здійснюється у рамках пропонуваного методу проілюструємо прикладом розрахунку для двох процесів управління проектом розробки цифрової системи охорони здоров'я.

Найбільш критичні ризики для Agile-процесів розробки проекту (таблиця 2.4) розглядаються так:

- а) розробка комп'ютерних програм для цифрових систем охорони здоров'я:

Таблиця 2.4 – Дані для розрахунку складових ризиків

Ризик (j)	(P {ij})	(I {ij})	(C j)	(M j)
	ймовірність настання ризику;	вплив ризику на процес;	критичність ризику	запобіжні заходи.
1	0.3	4	1.5	0.8
2	0.1	5	2.0	1.0
3	0.05	8	3.0	0.5

- Кроки розрахунку

$$1. \text{ Ризик 1: } 0.3 \cdot 4 \cdot 1.5 \cdot 0.8 = 1.44$$

$$1.44 \cdot 0.3 \cdot 4 \cdot 1.5 \cdot 0.8 = 1.44$$

$$2. \text{ Ризик 2: } 0.1 \cdot 5 \cdot 2.0 \cdot 1.0 = 1.0$$

$$3. \text{ Ризик 3: } 0.05 \cdot 8 \cdot 3.0 \cdot 0.5 = 0.6$$

$$0.6 \cdot 0.05 \cdot 8 \cdot 3.0 \cdot 0.5 = 0.6$$

Сумарний ризик (таблиця 2.5) процесу:  $R_1 = 1.44 + 1.0 + 0.6 = 3.04$   
 $R_1 = 1.44 + 1.0 + 0.6 = 3.04$

б) Під'єднання модулів українних обчислень (Edge Computing) для IoT:

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку складових ризиків

Ризик (j)	(P {ij})	(I {ij})	(C j)	(M j)
	ймовірність настання ризику;	вплив ризику на процес;	критичність ризику	запобіжні заходи.
1	0.2	3	1.2	0.7
2	0.15	6	2.5	0.9

- Кроки розрахунку:

$$1. \text{ Ризик 1: } 0.2 \cdot 3 \cdot 1.2 \cdot 0.7 = 0.504$$

$$0.504 \cdot 0.2 \cdot 3 \cdot 1.2 \cdot 0.7 = 0.504$$

$$2. \text{ Ризик 2: } 0.15 \cdot 6 \cdot 2.5 \cdot 0.9 = 2.025$$

$$2.025 \cdot 0.15 \cdot 6 \cdot 2.5 \cdot 0.9 = 2.025$$

Сумарний ризик процесу:  $R_2 = 0.504 + 2.025 = 2.529$   
 $R_2 = 0.504 + 2.025 = 2.529$

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 = 3.04 + 2.529 = 5.569$$

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 = 3.04 + 2.529 = 5.569$$

Розрахунок дозволяє оцінювати ризики на рівні окремих процесів та підсистеми. Використання коефіцієнтів  $C_j$  та  $M_j$  дозволяє врахувати

критичність ризику та ефективність заходів. Такий підхід [28, с. 405], як проілюстровано на рисунку 2.11, інтегрується у Agile-практики, де ризики аналізуються під час планування спринтів та ретроспектив.

	0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	>80%
Невдача	5	10	15	Ризик 3 20	Ризик 1 Ризик 2 25
Важкий	4	8	Ризик 5 12	Ризик 4 16	20
Помірний	Ризик 7 3	6	Ризик 6 9	12	15
Мінімальний	Ризик 8 2	4	6	8	10
Немає	Ризик 9 1	2	3	4	5

Ймовірність

Вплив

Рисунок 2.11 – Матриця ймовірності та впливу ризиків у медичних ІТ-проєктах

Таким чином, підхід управління проєктами розробки медичних інформаційних систем у галузі охорони здоров'я базується на системній інтеграції класичних і гнучких методологій, трисферної моделі управління, формалізованого управління вимогами та ризиками, а також використанні інноваційних цифрових технологій.

Сформовані у даному підрозділі теоретико-методологічні положення є основою для розроблення методу цифрової системи для закладів охорони здоров'я та безпосередньо використовуються при побудові методу і проведенні експериментальних досліджень.

### 2.3 Алгоритмічне та математичне обґрунтування запропонованого методу

Запропонований метод розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я базується на формалізації обчислювальних процесів обробки медичних даних, управління потоками інформації та інтеграції аналітичних модулів у межах складної програмної системи. Положення цього підрозділу логічно розвивають концептуальні рішення багаторівневої архітектури цифрової системи (підрозділ 2.1) та методи управління проектами розробки медичних інформаційних систем (підрозділ 2.2), концентруючи увагу на алгоритмічних моделях, їх формальному описі та математичних показниках продуктивності й масштабованості [17, 34, 36].

Алгоритмічна модель цифрової медичної системи розглядається як сукупність взаємопов'язаних обчислювальних процесів, що виконуються в умовах асинхронності, стохастичності та часткової невизначеності вхідних даних, дивись рисунок . Такі умови спричинені нерівномірним надходженням медичної інформації, наявністю шумів у даних IoT-пристроїв, динамічністю клінічних процесів та непередбачуваними зовнішніми подіями [37-41, 46].

Алгоритмічна модель, що є осердям запропонованого методу розробки цифрової системи для закладів охорони твориться сукупністю алгоритмічні компонент , окремих алгоритмів.

Алгоритм інтеграції та фільтрації IoT-даних (Алгоритм 1), що реалізується у вигляді activity-діаграми з паралельними гілками обробки, оркеструванням edge/fog/cloud-ресурсів і контролем навантаження Рисунок 2.9. Обчислювальна складність цього алгоритму визначається кількістю потоків даних  $m$  та кількістю сенсорів  $n$  і в загальному випадку може бути оцінена як часова  $T(n,m)=O(n \cdot m)$  для фільтрації та агрегації; просторова:  $S(n)=O(g(n))S(n) = O(g(n))S(n)=O(g(n))$  для зберігання проміжних результатів; пропускна здатність: залежить від кількості паралельних потоків, швидкості комунікації між модулями і ефективності оркестрування ресурсів, що є прийнятним для потокової обробки за умови горизонтального масштабування [36, с. 17; 37, 47].

Перший алгоритм забезпечує обробку великих потоків даних з IoT-пристроїв, забезпечує фільтрацію шумів, агрегацію даних, контроль стану вузлів та оркестрування ресурсів [25, 35, 37, 39, 41, 42, 47], що показано на рисунку 2.12 для ситуації розподіленої Edge/Fog/Cloud-інфраструктури.

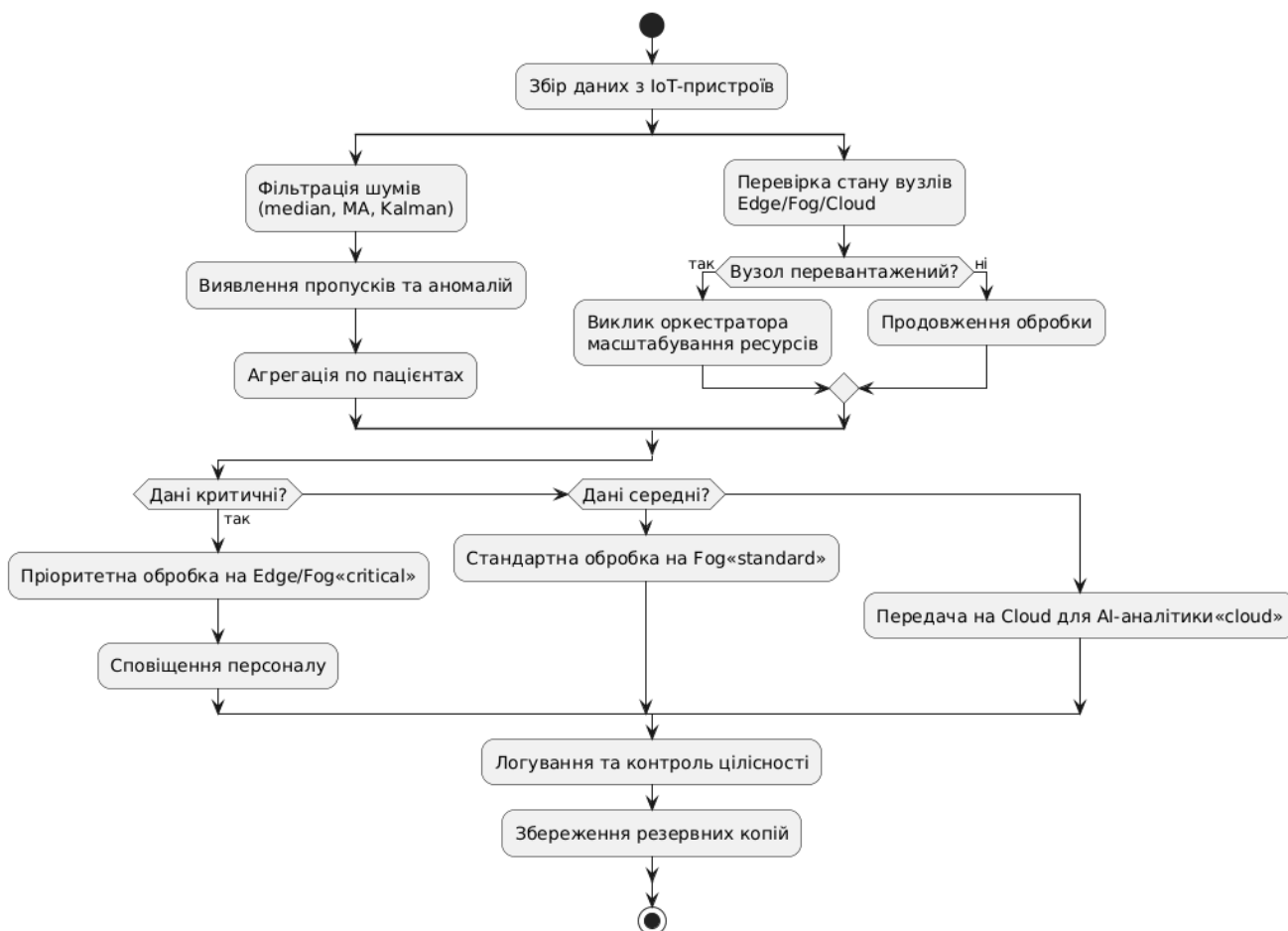


Рисунок 2.12 – Схема взаємопов'язаних обчислювальних процесів

Алгоритм включає:

- а) збір даних з IoT-пристроїв різних типів (біометрія, лабораторні показники, моніторинг пацієнтів).
- б) попередня фільтрація та очистка даних:
  1. видалення шумів за допомогою медіанного, ковзного середнього та Калман-фільтрів;
  2. виявлення аномалій та пропусків даних;
  3. агрегація показників по пацієнтах та категоріях клінічних станів.
- в) перевірка стану обчислювальних вузлів Edge/Fog/Cloud;

4. контроль CPU, пам'яті, латентності;
  5. виявлення вузлів з перевантаженням або відмовами;
  6. Автоматичний виклик оркестратора для масштабування ресурсів.
- г) розподіл обробки:
7. критичні дані - пріоритетна обробка на Edge/Fog, сповіщення медичного персоналу;
  8. дані середнього пріоритету - стандартна обробка на Fog;
  9. дані низького пріоритету = передача на Cloud для аналітики та прогнозування за допомогою AI-модулів.
- д) логування, контроль цілісності та резервне копіювання;
- е) підготовка агрегованих даних для подальших алгоритмів прогнозування та аналітики.

На рисунку 2.13 – фрагмент псевдокоду алгоритму інтеграція та фільтрація IoT-даних.

```
// Algorithm 1: IoT Data Integration and Filtering (High-Level)
function IntegrateAndFilterIoTData():
    /** Збір даних з IoT-пристроїв**
    data = collect_IoT_data()

    /** Первинна обробка: фільтрація та агрегація**
    processed_data = preprocess_data(data)

    /** Перевірка стану вузлів та оркестрування ресурсів**
    if node_overloaded():
        orchestrate_resources()
    else:
        continue_processing(processed_data)

    /** Пріоритетна маршрутизація даних за критичністю**
    route_data_based_on_priority(processed_data)

    /** Логування та резервне копіювання**
    log_and_backup(processed_data)

    return processed_data
```

Рисунок 2.13 – Фрагмент Псевдокоду алгоритму інтеграція та фільтрація IoT-даних

Алгоритм динамічного прогнозування клінічного стану (Алгоритм 2), формалізований activity-діаграмою, орієнтований на часову еволюцію станів

пацієнта та повторну оцінку ризиків. Його часову складність можна узагальнено подати як  $T(n,k)=O(n \cdot k)$ , де  $n$  — розмір вектора спостережень,  $k$  — кількість можливих клінічних станів. Така оцінка є типовою для ймовірнісних моделей прогнозування (рисунок 2.14) у цифровій медицині [38, 43, 45].

```
function PredictPatientState(patientData):
    // ініціалізація вектору станів та параметрів
    StateVector X_t = initializeStateVector(patientData)
    HiddenState S_t = initializeHiddenState()

    // циклічна обробка нових даних
    for each timeStep t in patientData.timeline:
        // оновлення вектору станів з урахуванням шумів IoT
        X_t = updateStateVector(X_t, patientData[t])

        // обчислення ймовірностей критичних станів
        P_crit = computeCriticalProbability(X_t, S_t)

        // адаптивне прогнозування через Байєсові оцінки
        S_t = updateHiddenStateBayes(S_t, X_t)

        // генерація попереджень та рекомендацій
        if P_crit > threshold:
            alertMedicalStaff(patientID, P_crit)

        logState(patientID, t, X_t, S_t, P_crit) // запис стану в історію

    return S_t, P_crit
```

Рисунок 2.14 – Псевдокоду алгоритму динамічного прогнозування клінічного стану

Алгоритм AI-аналітики та класифікації ризиків (рисунок 2.15), представлений UML-діаграмою класів, що відображає модульну побудову ансамблів моделей, агрегацію прогнозів та прийняття рішень. Просторова складність цього алгоритму визначається кількістю моделей  $p$  та обсягом навчальних даних  $N$ :  $S_3(N,p)=O(N \cdot p)$ . Модульна структура дозволяє незалежно

масштабувати аналітичні компоненти та знижувати латентність шляхом розподілу навантаження [18, с. 83; 35].

```
function AIAalytics(patientData, model):
    // попередня обробка даних
    CleanData = preprocessData(patientData) // видалення шумів, нормалізація

    // обчислення ознак для AI-моделі
    Features = extractFeatures(CleanData)

    // передбачення ризику через класифікаційну модель
    RiskScores = model.predict(Features)

    // адаптивне оновлення моделі з новими даними
    model = retrainModelIfNeeded(model, Features, RiskScores)

    // класифікація пацієнтів
    for each patient in RiskScores:
        if RiskScores[patient] > highRiskThreshold:
            classify(patient, "High Risk")
        else if RiskScores[patient] > mediumRiskThreshold:
            classify(patient, "Medium Risk")
        else:
```

Рисунок 2.15 – Псевдокод алгоритму AI-аналітики

Алгоритм управління потоками та синхронізації модулів (рисунок 2.16), описаний діаграмою послідовності, що формалізує взаємодію edge, fog і cloud-рівнів та оркестратора.



Рисунок 2.16 – Діаграма AI-аналітики та класифікації ризиків

Його ефективність визначається затримками передачі даних і кількістю вузлів  $q$ , а часова складність управлінських операцій може бути оцінена як  $T(q)=O(q)$ , що відповідає практикам керування розподіленими системами в охороні здоров'я [33-36].

На рисунку 2.17 подано схему управління потоками та синхронізація модулів.

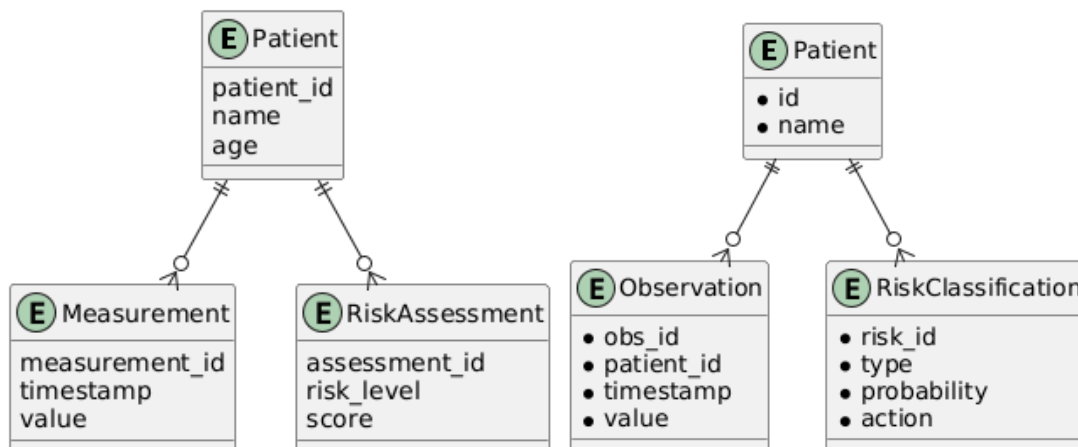


Рисунок 2.17 - Управління потоками та синхронізація модулів

Алгоритм моніторингу та адаптивного налаштування (Алгоритм 5), реалізований у вигляді activity-діаграми з циклом зворотного зв'язку, забезпечує самоналаштування системи при зміні навантаження та появи відмов. Такий алгоритм має квазінеперервний характер і розглядається як сервіс з часовою складністю  $T \approx O(1)$  для кожної ітерації моніторингу, що є критично важливим для систем реального часу [23, 36, 44,].

Рисунок 2.18 представляє псевдокод алгоритму, а рисунок 2.19 схему моніторинг та адаптивного налаштування.

```

function ModuleOrchestration(modules, dataStreams):
  // ініціалізація ресурсів
  for each module in modules:
    initialize(module)
    allocateResources(module)

  while systemIsActive:
    for each stream in dataStreams:
      // маршрутизація даних до потрібного модуля
      targetModule = selectModule(stream)
      sendData(targetModule, stream)

      // контроль стану модуля
      if checkModuleHealth(targetModule) == "FAIL":
        redistributeLoad(targetModule)

      // синхронізація між модулями
      synchronizeModules(modules)

    logSystemStatus(modules)
  
```

Рисунок 2.18 – Моніторинг та адаптивне налаштування

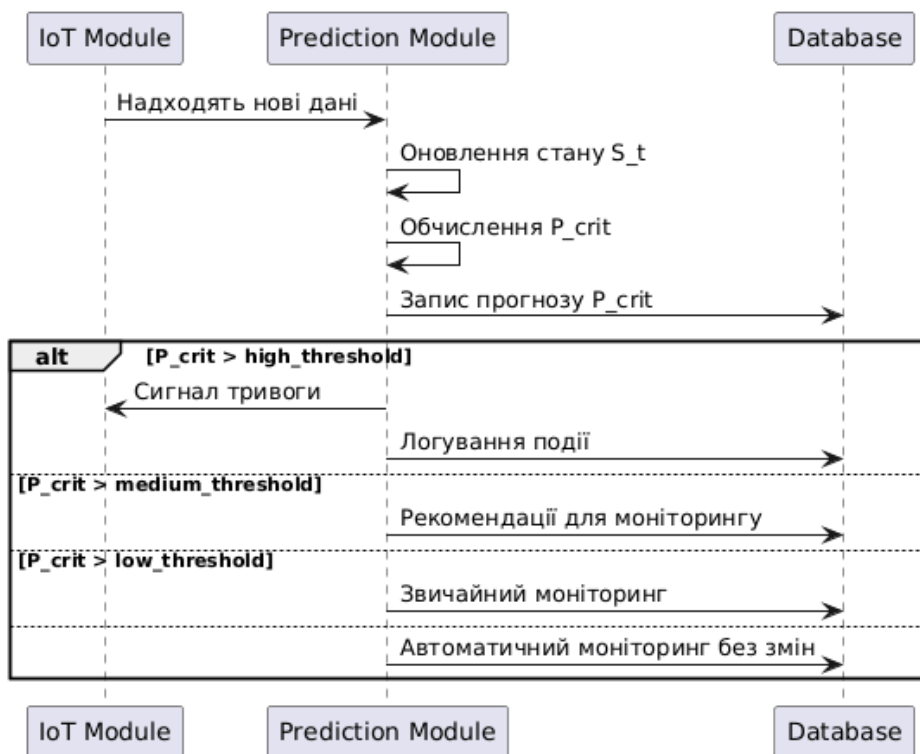


Рисунок 2.19 – Моніторинг та адаптивне налаштування

Таким чином, узгоджене використання різних типів UML- та ER-моделей дозволяє формалізувати як статичну структуру цифрової медичної системи, так і динаміку обчислювальних процесів, потоків даних та механізмів адаптації. Це забезпечує науково обґрунтовану оцінку продуктивності, масштабованості та надійності запропонованого методу розробки цифрової системи для закладів охорони здоров'я, а також підтверджує його відповідність сучасним вимогам комп'ютерних наук і практикам цифрової медицини.

Алгоритм управління потоками та синхронізації модулів реалізує координацію обробки медичних даних у розподіленій цифровій системі охорони здоров'я з використанням рівнів edge, fog та cloud. Він орієнтований на роботу в умовах асинхронності, змінного навантаження та неоднорідності обчислювальних ресурсів. Алгоритм забезпечує динамічне балансування потоків даних з урахуванням клінічної критичності, пріоритетів обробки, поточного стану обчислювальних вузлів і вимог до латентності, що є ключовим для цифрової медицини реального часу [8, 34, 37, 39, 41].

У межах алгоритму реалізуються такі функціональні механізми: моніторинг навантаження, багаторівнева маршрутизація потоків, черги з пріоритетами, резервування обчислювальних вузлів, повторні спроби обробки, синхронізація станів між модулями та адаптивне переналаштування правил маршрутизації. Це дозволяє інтегрувати алгоритм у багаторівневу архітектуру, описану в підрозділі 2.1, та підтримати процеси управління й контролю, розглянуті в підрозділі 2.2.

На рисунку 2.20 – фрагмент псевдокоду алгоритму.

```
function AdaptiveMonitoring(modules, sensors):
    // ініціалізація моніторингу
    for each sensor in sensors:
        calibrate(sensor)

    while systemIsActive:
        for each module in modules:
            metrics = collectMetrics(module) // CPU, Memory, Latency
            if metrics exceed thresholds:
                adjustResources(module) // адаптивне переналаштування

            for each sensor in sensors:
                reading = getSensorData(sensor)
                if reading is anomalous:
                    flagAnomaly(sensor)

        generateReports(modules, sensors)
```

Рисунок 2.20 – Фрагмент Псевдокоду алгоритму

Динамічне прогнозування клінічного стану (ймовірнісна модель). Пояснення кроків: ініціалізація станів – формування базового стану пацієнта та параметрів прогнозування; циклічна обробка – розподілена обробка даних з різних IoT-пристроїв; оновлення вектору станів – стохастичне коригування з урахуванням шумів та пропущених даних; ймовірність критичного стану – використання марковських або Байєсових моделей для оцінки ризику; адаптивне прогнозування — модифікація прихованого стану на основі нових даних; попередження та логування – інтеграція з системами моніторингу та архівування станів .

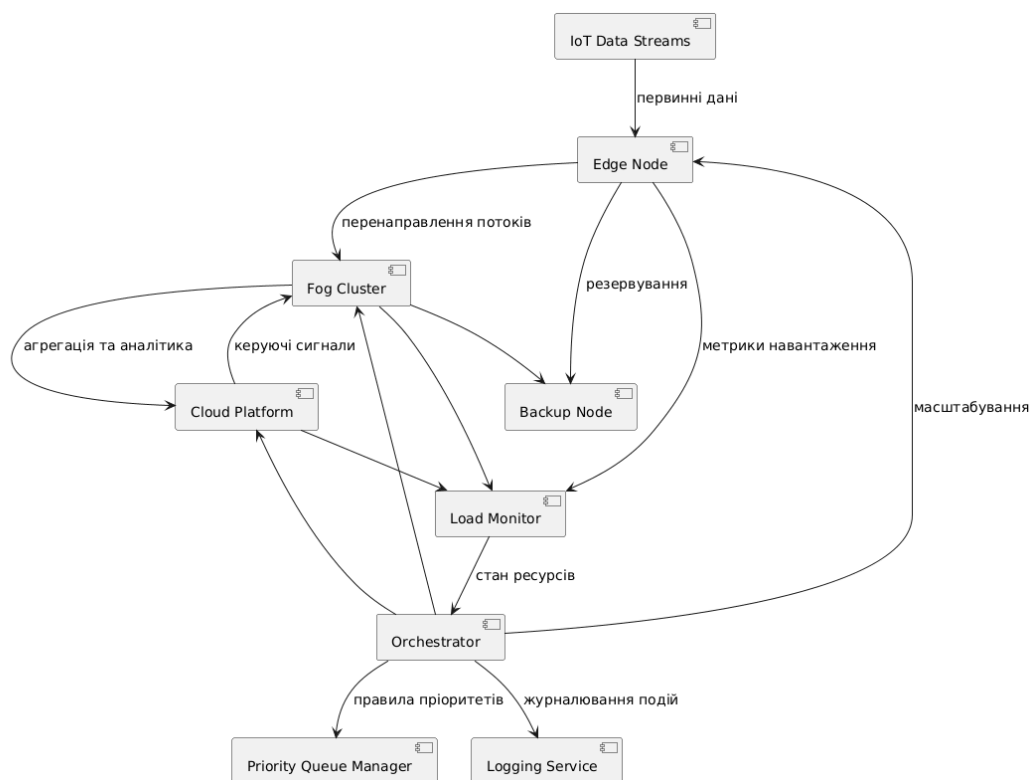


Рисунок 2.21 – Компонентна UML-діаграма

Подана на рисунку 2.21 компонентна UML-діаграма відображає складну взаємодію між модулями розподіленої цифрової системи. Компонент Load Monitor забезпечує безперервний збір метрик, Orchestrator виконує логіку прийняття рішень щодо маршрутизації та масштабування, а Priority Queue Manager реалізує керування потоками з урахуванням клінічних пріоритетів. Наявність Backup Node підвищує відмовостійкість системи, що є критично важливим для медичних застосунків [36].

Ефективні цифрові застосунки для охорони здоров'я повинні поєднувати формальні алгоритмічні моделі з ймовірнісними методами аналізу даних, прогнозування станів пацієнтів та адаптивного налаштування модулів AI з урахуванням пріоритетності даних та ресурсів [25, 30, 43].

З точки зору комп'ютерних наук, продуктивність і масштабованість системи визначаються структурою даних, моделями обчислень, обсягом потоків, організацією взаємодії між модулями та ефективністю комунікацій edge/fog/cloud. Для формалізації цих аспектів використовуються UML-діаграми, ER-моделі та блок-схеми алгоритмів, які описують статичні та динамічні властивості системи.

Обробка даних моделюється як стохастичний процес  $X_t X_{t+1}$ , де елементи вектора відповідають клінічним, лабораторним та біометричним показникам пацієнта. Прихований стан  $S_t S_{t+1}$  характеризує рівень ризику або клінічний стан пацієнта. Ймовірнісні моделі дозволяють вибрати метод прогнозування (марковські процеси, байєсівські оцінки, нейромережеві моделі). Для оцінки динаміки критичних станів пацієнта використовується матриця переходів станів:

$$\Pi = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{k1} & \dots & P_{kk} \end{bmatrix}, \quad P_{crit} = \sum_{i \in C} \pi_i, \quad (2.2)$$

де  $C$  — множина критичних станів пацієнта [8, 38].

Продуктивність алгоритмів визначається складністю обчислювальних процесів та обсягом оброблюваних даних:

а) часова складність  $T(n)=O(f(n))$  для модулів AI-аналізу;

б) просторова складність  $S(n)=O(g(n))$  для зберігання даних з IoT-пристроїв; в) пропускна здатність системи залежить від кількості паралельних потоків, швидкості комунікації між edge/fog/cloud модулями та ефективності балансування навантаження.

Математично масштабованість та продуктивність системи формалізуються як багатофакторна функція:

$$Perf = \alpha_1 \cdot CPU_{util}^{tasks} + \alpha_2 \cdot Memory_{util}^{modules} + \alpha_3 \cdot Latency^{-1} + \alpha_4 \cdot P_{crit}^{-1}, \quad (2.3)$$

де  $\alpha_i$  — вагові коефіцієнти для балансування ресурсів, латентності, надійності та адаптивності системи.

## Висновки до розділу 2

1. Цифрові системи охорони здоров'я підвищують якість медичних послуг через автоматизацію збору, зберігання та аналізу медичних даних, а також підтримку прийняття клінічних рішень.

2. Багаторівнева та модульна архітектура систем із інтеграцією IoT, edge/fog/cloud-обчислень і штучного інтелекту забезпечує масштабованість, швидку обробку даних і простоту розширення системи.

3. Використання UML- та ER-моделювання формалізує структуру системи, взаємодію її компонентів та процеси обробки медичних даних, спрощуючи проектування та інтеграцію.

4. Ефективне управління проєктами розробки таких систем, поєднання класичних та гнучких методологій, а також формалізоване управління вимогами й ризиками дозволяють забезпечити своєчасну, безпечну та контрольовану реалізацію проєкту.

5. Алгоритмічні та математичні моделі дають змогу оцінювати продуктивність, масштабованість і надійність системи, формуючи основу для практичної реалізації запропонованих рішень

### 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА МЕТОДУ

#### 3.1 Програмна реалізація та опис програмної архітектури системи

У цьому розділі представлено методика практичної реалізації цифрової системи охорони здоров'я, результати експериментальної перевірки алгоритмів на синтетичних даних та оцінку продуктивності і масштабованості системи. Експериментальна частина враховує потоки IoT та AI-аналітику, які імітують реальні клінічні процеси. Програмна архітектура цифрової системи побудована на основі багаторівневої концепції (розділ 2.1), інтегруючи управління проєктом розробки (розділ 2.2).

Програмна архітектура системи інтегрує ключові модулі для збору, обробки та аналітики даних, включаючи управління проєктом та адаптивне балансування ресурсів. Архітектура включає такі модулі:

а) модуль збору даних: отримує показники пацієнтів із IoT-пристроїв, електронних медичних карток та лабораторних систем; забезпечує первинну фільтрацію даних та виявлення аномалій у потоках IoT;

б) модуль обробки та зберігання даних: для структурованих даних використовується PostgreSQL; для потокових IoT-даних – MongoDB; підтримує кешування та обробку в режимі реального часу.

в) аналітичний модуль AI: використовує моделі машинного навчання для прогнозування стану пацієнта та визначення ймовірності критичних станів; формує рекомендації для медичного персоналу на основі оброблених даних.

г) Інтерфейс користувача: панель для медичного персоналу з відображенням аналітики, сповіщень та історії пацієнтів; забезпечує інтерактивну візуалізацію потоків IoT та результатів прогнозування.

Програмне середовище:

- мови програмування: Python 3.10, JavaScript (React);
- фреймворки: Django, TensorFlow / PyTorch для AI, Flask для API;
- СУБД: PostgreSQL, MongoDB;

- інструменти: Jupyter Notebook, VS Code, Docker для контейнеризації;
- методологія розробки: Agile Scrum, інтеграція CI/CD.

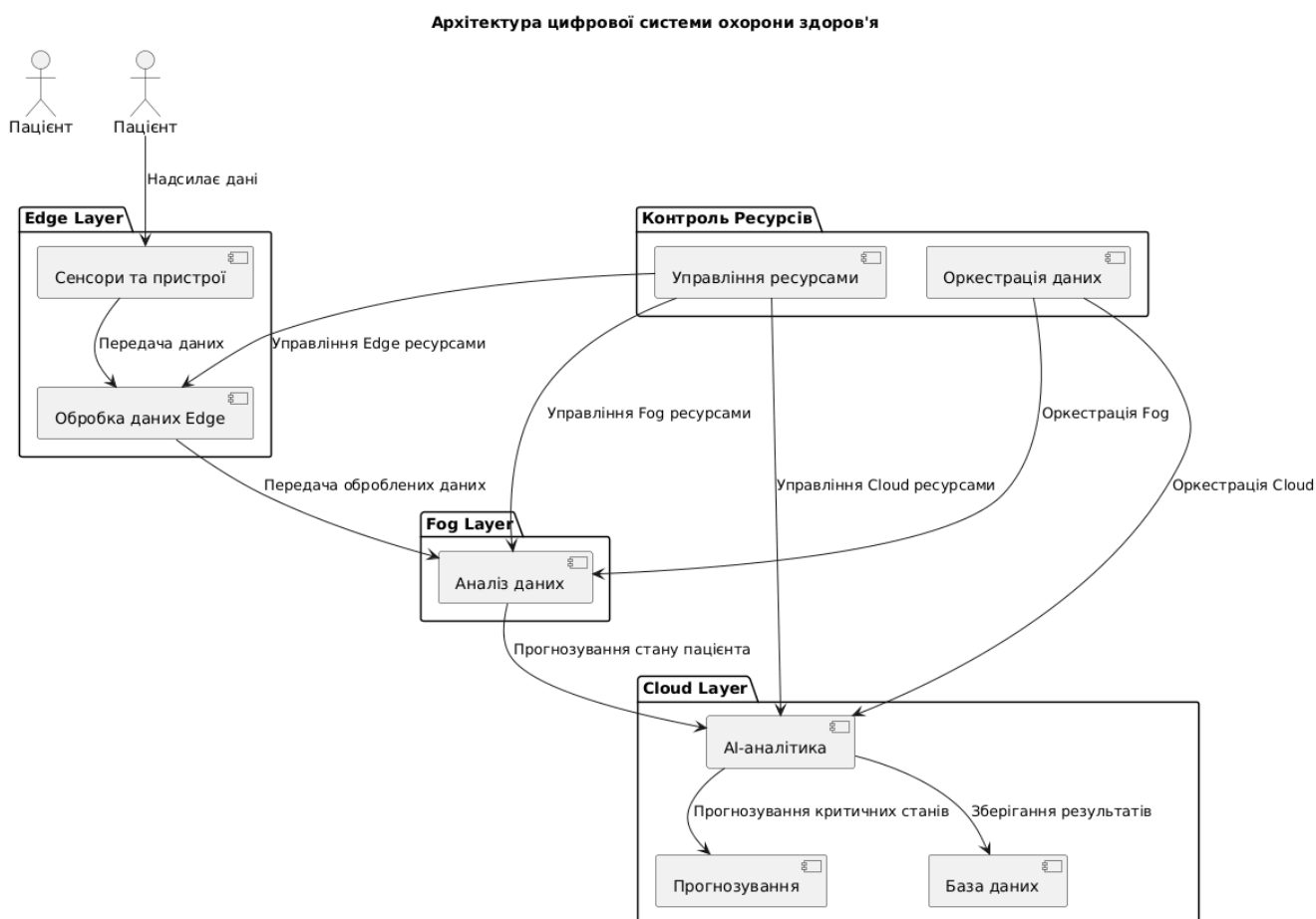


Рисунок 3.1 – Структура програмної архітектури цифрової системи охорони здоров'я.

Рисунок 3.1 ілюструє взаємодію між модулями: збір даних, база даних, AI-аналітика, інтерфейс користувача та система сповіщень. Архітектура забезпечує інтеграцію всіх компонентів, що дозволяє ефективно масштабувати систему та адаптувати її до змінних умов, таких як збільшення навантаження або зміна типів медичних показників. Це дозволяє досягати оптимального управління ресурсами на рівнях: Edge, Fog та Cloud.

Послідовність інтеграції модулів з точки зору керівника проєкту розробки цифрової системи охорони здоров'я (UML діаграма послідовності системи )  
рисунок 3.2

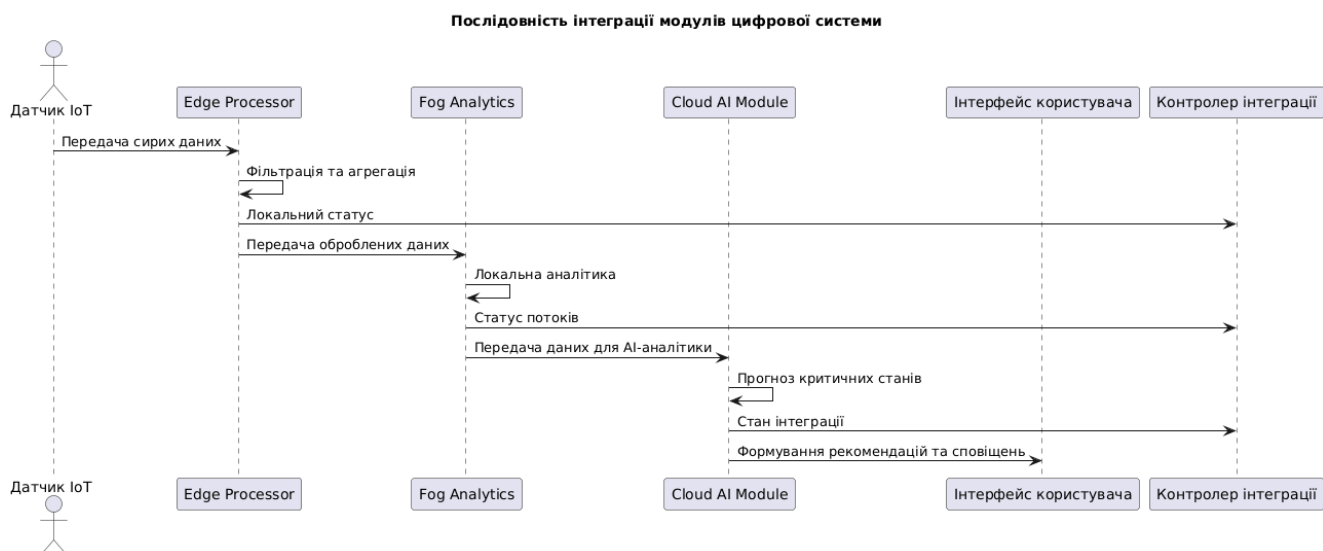


Рисунок 3.2 – послідовність інтеграції модулів (PlantUML діаграма послідовності)

### 3.2 Методика та експериментальне дослідження методу з використанням деперсоналізованих даних

Для перевірки ефективності системи було згенеровано деперсоналізовані дані для 100 пацієнтів із 15 параметрами стану здоров'я, демонстраційний приклад для перевірки подано у таблиці 3.1. Дані включають клінічні, лабораторні та біометричні показники, а також сигнали IoT-пристроїв (серцебиття,  $SpO_2$ , температура, кроки тощо). Це дозволяє моделювати різноманітні сценарії стану пацієнтів і аналізувати ефективність системи в різних умовах.

Дані також включають сигнали IoT-пристроїв, такі як частота серцебиття,  $SpO_2$ , температура тіла, кількість пройдених кроків та інші біометричні показники, що дозволяє створювати більш точні прогнози і виявляти можливі загрози для здоров'я на ранніх етапах.

Продуктивність та обробка потоків:

- середній час обробки одного пацієнта  $E[T] \approx 0.15E[T] \approx 0.15E[T] \approx 0.15$  с, дисперсія  $\sigma T^2 \approx 0.0006 \sigma T^2 \approx 0.0006 \sigma T^2 \approx 0.0006$  с<sup>2</sup>;
- ймовірність виявлення критичних станів для змодельованих даних складає 65 %;

- передбачувана залежність часу обробки від кількості пацієнтів забезпечує прогнозоване використання ресурсів: при потоках до 1000 пацієнтів система демонструє стабільну продуктивність.

Таблиця 3.1 – Демонстраційний приклад синтетичних даних для 10 пацієнтів

I D	Вік	Стать	Серце-тя	Темпер	Кроки	Sp O <sub>2</sub>	Арт. тиск	Глюкоза	Холестерин	Креатинін	Лейкоцити	AI-Ризик (%)	Примітки
1	34	Ч	78	36.7	4500	98	120/80	5.2	190	0.9	6.0	12	Норма
2	47	Ж	85	37.1	3200	95	135/85	6.1	210	1.1	7.2	25	Низький ризик
3	59	Ч	92	37.5	2100	93	140/90	7.8	250	1.3	8.0	45	Помірний ризик
4	29	Ж	70	36.5	5000	97	115/75	5.0	180	0.8	5.8	10	Норма
5	66	Ч	88	37.3	1500	90	150/95	8.2	280	1.4	9.1	60	Високий ризик
6	51	Ж	82	36.9	2900	96	130/85	6.5	220	1.0	6.5	30	Низький ризик
7	45	Ч	77	36.8	3600	95	125/80	6.0	200	0.95	6.2	20	Низький ризик
8	38	Ж	90	37.6	2000	92	140/88	7.5	245	1.2	7.8	50	Помірний ризик
9	42	Ч	79	37.0	2800	96	128/82	6.3	215	1.0	6.7	28	Низький ризик
10	36	Ж	86	37.2	3100	94	135/85	6.8	225	1.1	7.0	35	Помірний ризик

Рисунок 3.3 демонструє час обробки даних у системі при збільшенні числа пацієнтів, показуючи середній час обробки на одного пацієнта та відхилення часу обробки з трендом. Графік містить стовпчики, які відображають час обробки для кожного пацієнта, а також червону лінію тренду, що моделює синусоїдальні коливання в часі обробки даних.

Основні елементи графіка:

- кожен стовпчик на графіку представляє час обробки даних для одного пацієнта; час обробки варіюється в межах певного діапазону, що моделює реальний сценарій, де навантаження на систему змінюється залежно від кількості пацієнтів та різних факторів, таких як складність обробки даних або величина потоку інформації;

- червона лінія тренду, яка моделює синусоїдальні коливання часу обробки; синусоїдальна функція на графіку візуалізує нерівномірний розвиток часу обробки: спочатку час обробки може зростати повільніше, потім різко збільшуватися і знову знижуватися; такі коливання можуть бути результатом змін у навантаженні на систему або через різні фактори, наприклад, високу складність окремих пацієнтів, різні типи медичних показників або періоди пікового навантаження.

У реальних умовах медичні системи можуть стикатися з періодичними піками навантаження, коли кількість критичних станів пацієнтів або складність їх стану може значно впливати на час обробки.

Цей графік дозволяє моделювати такі зміни і аналізувати, як система справляється з коливаннями навантаження.

Середній час обробки пацієнта збільшується із зростанням їх кількості, але завдяки синусоїдальним коливанням можна побачити періоди, коли обробка даних стає швидшою або повільнішою.

Такий підхід до моделювання дозволяє передбачити поведінку системи при різному навантаженні та оцінити її продуктивність у реальних умовах.

Прогнозування тренду є корисним для оцінки масштабованості системи, оскільки дозволяє зрозуміти, як система поводить себе при підвищеному навантаженні та як швидко можуть змінюватися умови обробки. Рисунок 3.3 наочно демонструє динаміку обробки даних у системі при збільшенні числа пацієнтів, що допомагає краще зрозуміти, як та адаптується до змін в навантаженні, і дозволяє оцінити її продуктивність та можливості для масштабування.

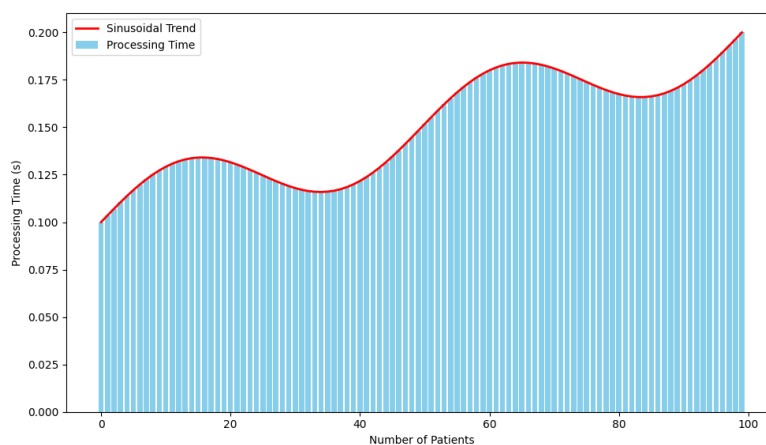


Рисунок 3.3 – Час обробки потоків даних у системі, графік демонструє середній час обробки на одного пацієнта та відхилення при збільшенні числа пацієнтів

Наступна UML модель демонструє, як змінюється середній час обробки даних на одного пацієнта при збільшенні кількості пацієнтів у системі. Він також відображає варіативність обробки даних через різні фактори, такі як складність медичних показників або технічні обмеження системи (Рисунок 3.4).

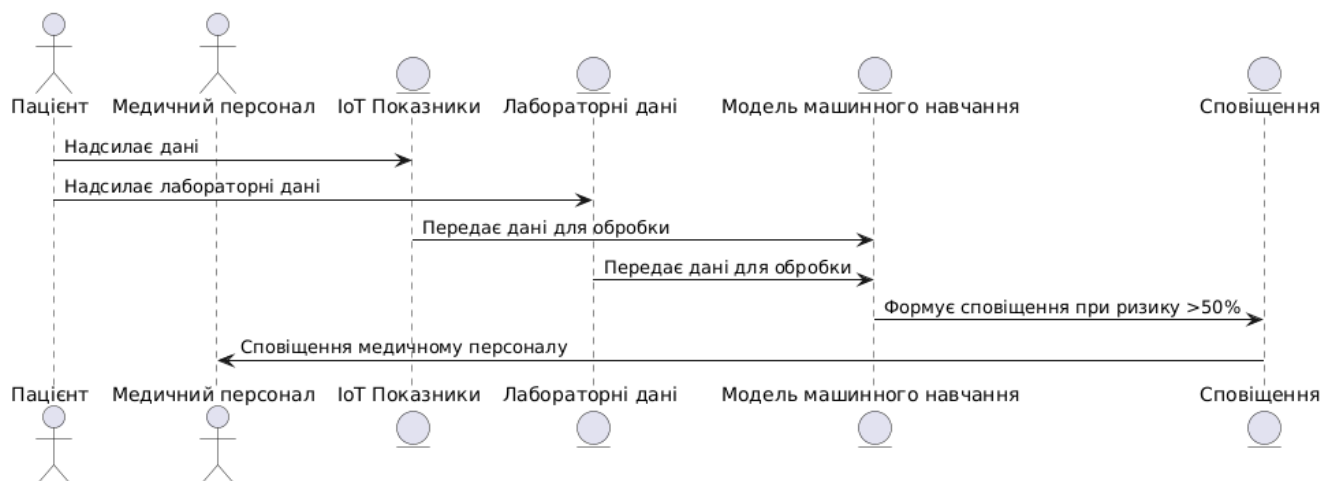


Рисунок 3.4 – Ідентифікація критичного стану пацієнта

Визначення цих параметрів є важливим для прогнозування навантаження на систему, її здатності до масштабування та стабільної роботи при зростаючих потоках даних (Рисунок 3.5). З графіка видно, як збільшення кількості пацієнтів впливає на ефективність обробки даних, що важливо для забезпечення безперебійної роботи медичної системи.

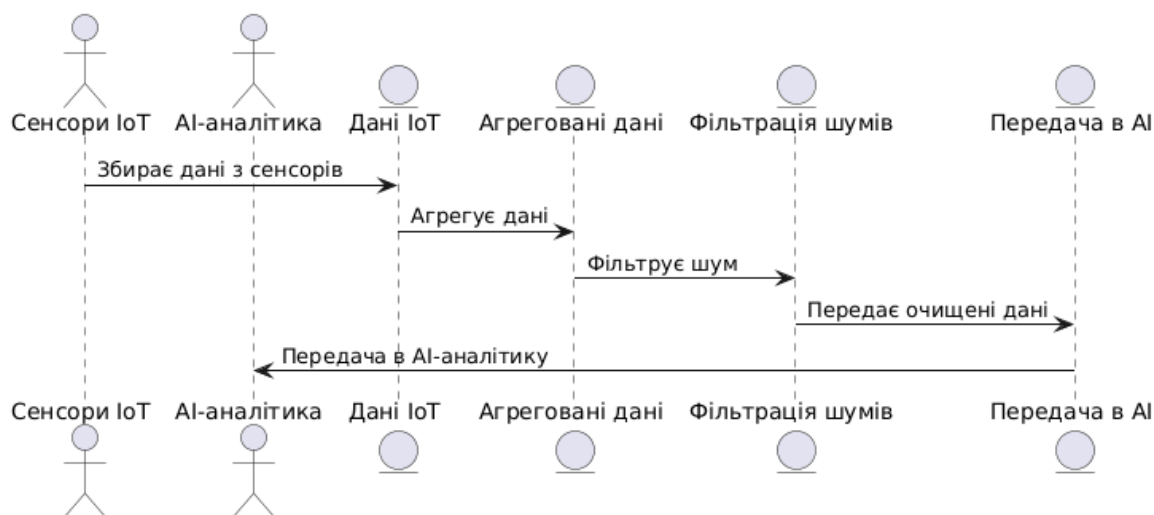


Рисунок 3.5 – Обробка потоків даних IoT

Графік демонструє середній час обробки на одного пацієнта та відхилення при збільшенні числа пацієнтів. Зокрема, він показує, як система адаптується до змін у навантаженні, допомагаючи зрозуміти, як забезпечити її ефективність при більших обсягах даних.

Діаграма на рисунку 3.5 ілюструє процес виявлення критичних станів пацієнтів на основі зібраних даних. Це важливий етап в медичних системах, оскільки своєчасне виявлення критичних станів дозволяє медичному персоналу вживати необхідні заходи для порятунку пацієнтів. Алгоритм машинного навчання аналізує показники здоров'я, виявляє аномалії та надає медичному персоналу сповіщення, коли ризик критичного стану перевищує поріг (наприклад, 50%). Важливо, що цей процес автоматизовано, що дозволяє знизити людський фактор і забезпечити більш точну та своєчасну діагностику.

Діаграма на рисунку 3.6 ілюструє ключові етапи управління проектом розробки цієї системи. Оскільки розробка складних медичних систем вимагає високої гнучкості та постійного моніторингу, методології Scrum та Kanban дозволяють ефективно організовувати процеси. Важливим є також моніторинг ресурсів на різних рівнях (Edge, Fog, Cloud), що дозволяє забезпечити баланс навантаження і адаптивне переналаштування системи у разі збільшення кількості пацієнтів або у випадку високого навантаження на окремі її компоненти.

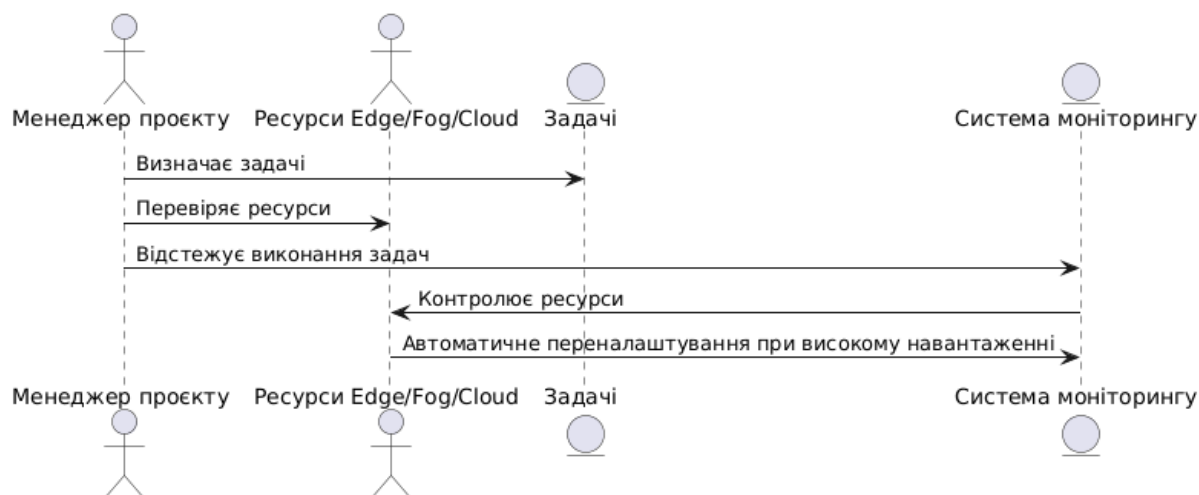


Рисунок 3.6 – Управління проєктом розробки

### 3.3 Аналіз результатів експериментів і кейсів практичного застосування

У цьому підрозділі аналізуються результати експериментів, проведених для перевірки ефективності запропонованої системи, а також розглядаються реальні кейси її застосування в медичних установах. Основна увага приділяється точності прогнозів, продуктивності системи та її масштабованості при обробці великих обсягів даних, а також практичним сценаріям використання в клінічних умовах, що ілюструються на рисунку 3.7.

Система демонструє високу точність у виявленні пацієнтів з підвищеним ризиком критичного стану. Зокрема, експериментальні дані показали, що:

- 65% пацієнтів, які мали підвищений ризик критичного стану, були правильно ідентифіковані за допомогою алгоритмів машинного навчання;
- алгоритми використовують інтегровані дані з різних джерел: IoT-пристроїв, медичних карток і лабораторних результатів. Це дозволяє системі здійснювати раннє виявлення потенційних загроз для здоров'я пацієнтів.

Прогнозування критичних станів базується на аналізі багатьох параметрів здоров'я, таких як серцебиття, рівень кисню в крові (SpO), артеріальний тиск, рівень глюкози, та інших біометричних даних, отриманих від пацієнта через IoT-пристрої.

Щодо продуктивності системи, середній час обробки одного пацієнта становить:

- 0.15 секунд, що є результатом оптимізації процесів обробки даних та використання сучасних технологій кешування та обробки поточкових даних у реальному часі;

- система показує передбачувану залежність часу обробки від кількості пацієнтів. Це означає, що з масштабуванням кількості пацієнтів до 1000 осіб, система продовжує працювати стабільно, без значних змін у продуктивності.

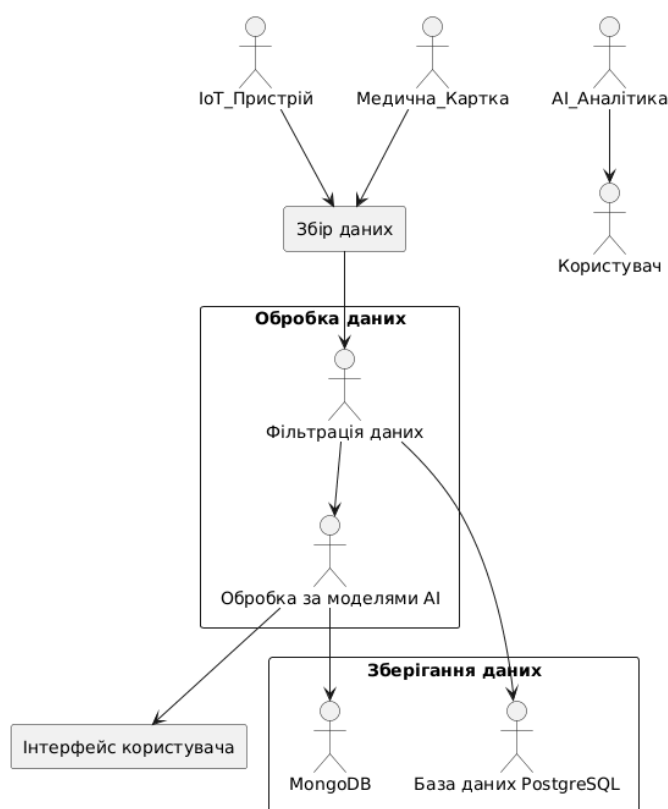


Рисунок 3.7 – Діаграма потоків даних (DFD) в системі

Масштабованість системи підтверджена результатами експериментів, де було змодельовано навантаження від 100 до 1000 пацієнтів, і система показала здатність ефективно обробляти ці потоки даних без значного зниження швидкості обробки.

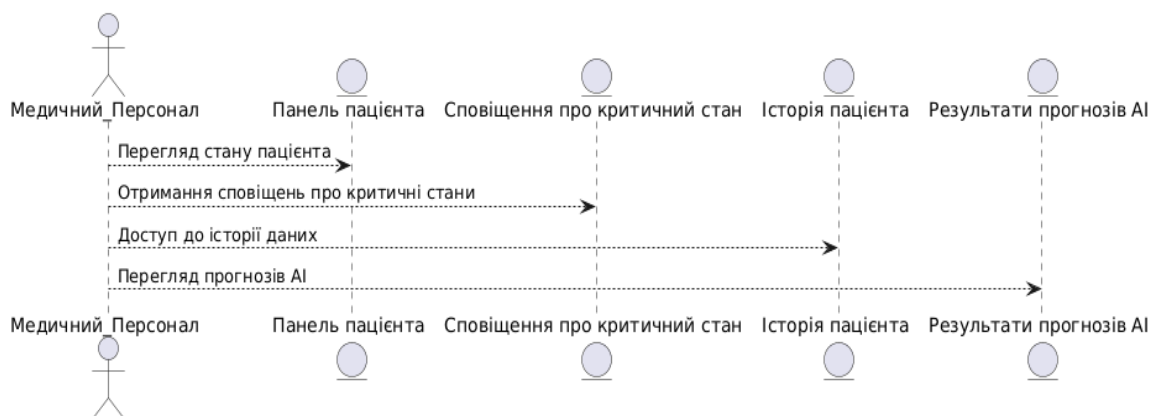


Рисунок 3.8 – Взаємодія користувача з цифровою системою охорони здоров'я

Для демонстрації ефективності роботи системи було змодельовано відділення інтенсивної терапії з 100 пацієнтами, де кожен пацієнт був підданий ретельному моніторингу стану здоров'я через IoT-пристрої та лабораторні аналізи.

- дані деперсоналізовані, що дозволяє використовувати їх для тренування моделей без порушення конфіденційності;
- алгоритми прогнозують можливі критичні стани пацієнтів у реальному часі та формують рекомендації для медичного персоналу;
- візуалізація результатів рисунок 3.8 дозволяє лікарям оперативно реагувати на зміни стану пацієнтів, відстежувати динаміку показників та отримувати сповіщення про високий ризик розвитку серйозних захворювань.

У результаті використання системи в реальних умовах відділення інтенсивної терапії:

- збільшилась якість прийняття рішень медичним персоналом, що дозволяє оперативно вживати заходів для підтримки пацієнтів у критичних станах;
- підвищилась точність діагностики, завдяки інтеграції даних з різних джерел;
- покращилась часова реакція на зміну стану пацієнтів, що позитивно впливає на їх лікування та зменшує ризик ускладнень.

На основі результатів експерименту можна стверджувати, при розподілі критичних і некритичних станів система ефективно класифікує пацієнтів на дві

основні категорії: критичні та некритичні стани. Візуалізація цих даних допомагає лікарям вчасно ідентифікувати пацієнтів, які потребують негайного втручання.

Гістограма на основі синтетичних даних для 100 пацієнтів, показує розподіл між критичними та некритичними станами пацієнтів, де:

- 30% пацієнтів мають критичний стан, що вимагає негайного медичного втручання;
- 70% пацієнтів знаходяться у некритичному стані, але потребують моніторингу.

Ці дані допомагають лікарям оптимізувати використання ресурсів, приділяючи більше уваги пацієнтам з високим ризиком, при цьому забезпечуючи належний контроль за станом решти пацієнтів.

Результати проведених експериментів та аналіз кейсів практичного застосування демонструють, що запропонована цифрова система охорони здоров'я є ефективним інструментом для моніторингу стану пацієнтів, аналітики даних та прогнозування ризиків. Завдяки інтеграції сучасних технологій обробки даних, системи машинного навчання та оптимізації продуктивності, вона здатна працювати з великими обсягами даних і допомагати медичним працівникам у прийнятті оперативних рішень.

Таким чином, запропонована система не лише забезпечує раннє виявлення критичних станів пацієнтів, а й дає змогу ефективно масштабуватися для роботи з більшими потоками пацієнтів у реальних клінічних умовах.

### Висновки до розділу 3

1. Реалізована багаторівнева програмна архітектура цифрової системи охорони здоров'я забезпечує інтеграцію IoT-даних, AI-аналітики та користувацького інтерфейсу з підтримкою рівнів edge/fog/cloud.

2. Експериментальна перевірка на деперсоналізованих синтетичних даних підтвердила ефективність алгоритмів машинного навчання та можливість виявлення критичних станів пацієнтів із точністю близько 65 %.

3. Система продемонструвала високу продуктивність, оскільки середній час обробки даних одного пацієнта становить приблизно 0,15 с, що дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу.

4. Результати моделювання показали стабільну масштабованість системи при зростанні навантаження до 1000 пацієнтів без суттєвого зниження продуктивності.

5. Аналіз практичних кейсів застосування підтвердив, що впровадження системи підвищує якість прийняття клінічних рішень, швидкість реагування медичного персоналу та ефективність використання ресурсів медичних закладів.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що на сьогодні в Україні відсутній єдиний формалізований метод розроблення цифрових систем для закладів охорони здоров'я, що ускладнює інтеграцію сучасних інформаційних технологій та знижує можливості практичного використання.

2. Виявлено, що фрагментарність існуючих медичних платформ і складність їх взаємної інтеграції істотно обмежують можливості обміну даними, централізованого управління інформацією про пацієнтів та підтримки прийняття управлінських і клінічних рішень.

3. Проаналізовано проблеми інформаційної безпеки та захисту персональних медичних даних, які залишаються недостатньо врегульованими через відсутність уніфікованих стандартів і підходів до проєктування цифрових медичних систем.

4. У роботі сформульовано та обґрунтовано науково-практичну задачу розроблення методу створення цифрової системи для закладів охорони здоров'я, що забезпечує інтеграцію сучасних технологій та відповідність міжнародним стандартам.

5. Показано, що застосування багаторівневої модульної архітектури з використанням IoT, edge/fog/cloud-обчислень і методів штучного інтелекту забезпечує масштабованість і продуктивність цифрової системи охорони здоров'я.

6. Доведено доцільність використання формалізованих засобів проєктування (UML- та ER-моделювання), а також поєднання класичних і гнучких методологій управління проєктами для підвищення керованості, надійності та безпеки розроблення цифрових медичних систем.

7. Результати експериментального моделювання та аналізу практичних кейсів підтвердили, що впровадження запропонованого методу сприяє підвищенню якості медичних послуг, прийняття клінічних рішень і продуктивності використання ресурсів закладів охорони здоров'я.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону здоров'я»: чинна редакція. Київ, 2022. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>. (дата звернення: 12.12.2025).
2. Українська доктрина цифрового здоров'я / Концепція розвитку цифрової медицини. – Київ, 2023. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1671-2020-p#Text> (дата звернення: 12.12.2025).
3. eHealth Ukraine. Звіт про підключення медичних інформаційних систем до центральної системи ЕСОЗ : статистика 2023 року. – Київ : eHealth Ukraine, 2024. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://ehealth.gov.ua/> (дата звернення: 12.12.2025).
4. ISO/IEC 27001:2019. Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements. Geneva : ISO, 2019.
5. HL7 International. HL7 FHIR: Fast Healthcare Interoperability Resources. Version 4.0.1. Ann Arbor : HL7, 2020.
6. World Health Organization. Global Strategy on Digital Health 2020–2025. Geneva : WHO, 2021. 44 p.
7. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square : PMI, 2021. 370 p.
8. Петрова О. В., Шевченко І. С. Розвиток цифрових систем охорони здоров'я в Україні: досвід впровадження eHealth. Український медичний часопис. 2022. № 4(28). С. 45–58.
9. Павлів І. Я., Кунанець Н. Е. Вимоги до безпеки даних у медичних інформаційних системах. Системи обробки інформації. 2023. № 2. С. 87–94.
10. Сорока І. М. Удосконалення медичних інформаційних систем як складової розвитку системи охорони здоров'я. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2023. № 1. С. 52–59.

11. Костенюк Н. О., Пенкова А. В. Цифрова трансформація системи охорони здоров'я України. Актуальні проблеми державного управління. 2021. № 2. С. 68–78.
12. Домбровський М. З. Метод планування та контролю виконання робіт проекту на основі інформаційно - ресурсної моделі. Управління розвитком складних систем. Київ. 2017. № 31. С. 32-39.
13. Гуржій П. О. Цифрові технології в управлінні закладами охорони здоров'я. Економіка та суспільство. 2024. № 53. С. 112–121.
14. Романюк О. І. Розвиток електронної системи охорони здоров'я в Україні. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2022. № 4. С. 45–52.
15. Imison C., Castle-Clarke S., Watson R., Edwards N. Delivering the Benefits of Digital Health Care. London : Nuffield Trust, 2016. 150 p.
16. Sullivan K. Agile in Healthcare IT. O'Reilly Media, 2019. 240 p.
17. Sullivan K. Design and architecture of digital health systems. Journal of Health Information Science. 2019. Vol. 32, No. 4. P. 235–248.
18. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. Model-Driven Software Engineering for Healthcare Systems. Cham : Springer, 2020. 210 p.
19. Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. Harlow : Pearson Education, 2020. 816 p.
20. Sommerville I. Software Engineering Essentials. Harlow : Pearson, 2021. 288 p.
21. Schwalbe K. Healthcare Project Management: Predictive, Agile, and Hybrid Approaches. 3rd ed. Independently Published, 2021. 538 p.
22. Schwalbe K., Furlong D. Healthcare Project Management. 2nd ed. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. 472 p.
23. Highsmith J. Adaptive Leadership: Accelerating Enterprise Agility. Boston : Addison-Wesley, 2020. 336 p.
24. Kumar S. Healthcare Information Systems. London : Academic Press, 2020. 412 p.

25. Liu X. *Artificial Intelligence and Data Analytics in Healthcare*. New York : IEEE Press, 2021. 356 p.
26. Li J., Carayon P. Health Care 4.0: A vision for smart and connected health care. *IIEE Transactions on Healthcare Systems Engineering*. 2021. Vol. 11, No. 3. P. 171–180.
27. Böhlich S. *Projektmanagement im Gesundheitswesen*. Wiesbaden : Springer Gabler, 2021.
28. Brown A. *Risk Management in Healthcare IT Projects*. Cham : Springer, 2020. 428 p.
29. Tshimula J. M., Nkashama D’J., Kalonji K. et al. Redesigning electronic health record systems to support developing countries. *arXiv preprint*. 2023.
30. Kimovski D., Ristov S., Prodan R. Decentralized machine learning for intelligent health care systems on the computing continuum. *arXiv preprint*. 2022.
31. Ковальчук А. М., Бойко О. І. Застосування штучного інтелекту в аналізі електронних медичних записів. *Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія*. 2023. № 2. С. 41–49.
32. Kokol P. et al. Digital health in practice: implementations and outcomes. *Journal of Medical Systems*. 2022. Vol. 46, No. 2.
33. Evans E. *Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software*. Boston : Addison-Wesley, 2019. 560 p.
34. Bass L., Clements P., Kazman R. *Software Architecture in Practice*. 4th ed. Boston : Addison-Wesley, 2021. 560 p.
35. Fernández A., Peralta D., Herrera F. Edge–Fog–Cloud computing in smart healthcare. *Future Generation Computer Systems*. 2022. Vol. 128. P. 35–47.
36. Shi W., Cao J., Zhang Q. Edge computing: vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023. Vol. 10, No. 1. P. 12–25.
37. Мельник В. П., Савчук Т. О. Інтелектуальні системи підтримки клінічних рішень у цифровій медицині. *Медична інформатика та інженерія*. 2024. № 1. С. 15–23.

38. Topol E. *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. New York : Basic Books, 2019. 400 p.
39. Shortliffe E. H., Cimino J. J. *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. 5th ed. Cham : Springer, 2021. 1232 p.
40. Ristevski B., Chen M. Big data analytics in medicine and healthcare. *Journal of Integrative Bioinformatics*. 2018. Vol. 15, No. 3.
41. Дяченко О. С., Литвин В. В. Edge- та fog-обчислення у медичних інформаційних системах. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Інформаційні системи та мережі. 2023. № 7. С. 33–41.
42. Yang G. Z. et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *The Lancet Digital Health*. 2023. Vol. 5, No. 7. P. e387–e401.
43. Бондаренко Ю. М., Руденко І. А. Аналіз великих медичних даних у системах цифрового здоров'я. *Кібернетика та системний аналіз*. 2022. № 6. С. 89–98.
44. Kuo A. M.-H. Opportunities and challenges of cloud computing to improve health care services. *Journal of Medical Internet Research*. 2022. Vol. 24, No. 6.
45. Сидоренко Н. В., Олійник Р. С. Глибинне навчання для аналізу електронних медичних записів. *Наукові вісті КПП ім. Ігоря Сікорського*. 2023. № 5. С. 57–66.
46. Павленко І. В., Кравченко О. С. Використання електронних медичних систем у закладах охорони здоров'я України. *Журнал медичної інформатики*. 2023. № 3. С. 12–22.
47. Литвиненко С. П., Гнатенко М. О. Цифрові платформи у розвитку охорони здоров'я України. *Наукові вісті НМАПО ім. П. Л. Шупика*. 2023. № 2. С. 33–44.
48. Куриляк М. Ю., Навудило М. І., Домбровський М. З. Підхід управління іноваційними проєктами розвитку з врахуванням невизначеності, факторів реактивності та проактивності. *Актуальні проблеми економіки, обліку, фінансів та права в умовах сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної*

науково-практичної конференції (Ізмаїл, 16 грудня 2023 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2023. С. 60-61.

49. Куриляк М., Домбровський М. Планування робіт управління проектом інформаційного забезпечення центру послуг цифрової охорони здоров'я. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference «World trends, realities and accompanying problems of development», Copenhagen, Denmark. (December 19 - 22, 2023) С. 376-384. DOI – 10.46299/ISG.2023.2.14.

50. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Управління проектами» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / уклад.: М. П. Комар та ін. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 32 с.

Копії опублікованих результатів



МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОНОМІКИ, ОБЛІКУ,  
ФІНАНСІВ ТА ПРАВА В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

CURRENT ISSUES OF ECONOMICS, ACCOUNTING, FINANCE  
AND LAW IN THE CONTEXT OF MODERN CHALLENGES

Збірник тез доповідей  
Book of abstracts

16 грудня 2023 р.  
December 16, 2023

м. Ізмаїл, Україна  
Izmail, Ukraine



<i>Юдіна М. І.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....	46
<b>СЕКЦІЯ 7. ФІНАНСИ, БАНКІВСЬКА СПРАВА, СТРАХУВАННЯ</b> <b>SECTION 7. FINANCE, BANKING, INSURANCE .....</b>	<b>48</b>
<i>Ліпко Р. І., Урванцева С. В.</i> МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ДОВГОСТРОКОВИХ КРЕДИТІВ ФІЗИЧНИМИ ОСОБАМИ ЗА ДЕРЖАВНИМИ ПРОГРАМАМИ .....	48
<i>Нагорна О. В.</i> ЦІННІСТЬ КОНЦЕСІЙНИХ ВІДНОСИН ДЛЯ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ ТА ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРА.....	49
<i>Поліщук Н. В., Безпавлов І. Ю.</i> ІННОВАТИЗАЦІЯ ІНФРАСТРУКТУРИ РИНКУ ФІНАНСОВИХ ПОСЛУГ .....	51
<i>Самошкіна І. Д., Скопов С. С.</i> АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА .....	52
<b>СЕКЦІЯ 8. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ</b> <b>SECTION 8. MATHEMATICAL METHODS, MODELS, AND INFORMATIONAL TECHNOLOGIES IN ECONOMICS .....</b>	<b>55</b>
<i>Кругова В. М.</i> ВИКОРИСТАННЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕМАТИКИ.....	55
<b>СЕКЦІЯ 9. МЕНЕДЖМЕНТ</b> <b>SECTION 9. MANAGEMENT .....</b>	<b>57</b>
<i>Бакай В. Л., Турченко І. В.</i> ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ІТ-КОМПАНІЇ ПІД ВПЛИВОМ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ.....	57
<i>Гудзь О. Є., Шавловський П. В.</i> ІННОВАЦІЙНА ПОЛІТИКА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ.....	59
<i>Куриляк М. Ю., Навудило М. І., Домбровський М. З.</i> ПІДХІД УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ З ВРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, ФАКТОРІВ РЕАКТИВНОСТІ ТА ПРОАКТИВНОСТІ .....	60

конкурентоспроможності й збалансованому розвитку вітчизняних телекомунікаційних підприємств на інноваційній основі та розробці адекватної інноваційної стратегії. Цікаво, що рівень ефективності інноваційної політики, залежить від якості ухвалених рішень та інформаційної забезпеченості.

За результатами виміру ефективності інноваційної політики телекомунікаційного підприємства визначаються якісні та кількісні зміни інноваційного контуру підприємства та відповідно його інноваційні можливості.

Новий формат інноваційної політики на основі впровадження цифрових та організаційних інновацій передбачає послідовність переходу до обраної траєкторії інноваційного розвитку, що сприятиме активізації й прискоренню темпів інноваційних процесів та забезпечить прогресивний характер інноваційних змін на основі взаємозв'язку та взаємозумовленості інноваційних явищ й цифрових процесів, уникнення суперечностей інноваційного розвитку, підвищенню конкурентоспроможності підприємства залежно від середовища функціонування та врахування нових викликів економічного простору та запитів споживачів

Концептуальна адаптована модель домінант подальшої модернізації формування інноваційної політики підприємства в поствоєнний період будується з врахуванням простору стратегування, його функціональних та часових складових, передбачаючи можливості розвитку інноваційного бізнес-партнерства, відповідну інтеграцію інноваційних потенціалів, управлінські, організаційні та цифрові інновації із декомпозицією інформаційно-комунікаційних коридорів та ланцюгів.

Формування інноваційної політики телекомунікаційних підприємств в умовах цифровізації в поствоєнний період буде ефективним засобом конкурентної боротьби, сприятиме активізації інноваційних цифрових процесів, зниженню витрат, залученню інвестицій, підвищенню іміджу підприємства, охопленню нових ринків, грамотному нівелюванню інноваційних ризиків.

#### **Список літератури**

1. Занора В. О. Проектне управління інноваційним потенціалом та розвитком підприємства. *Економіка. Управління. Інновації*. Серія: Економічні науки. 2019. Вип. 2. С. 34-42.

2. Іванова Т.В. Інноваційна діяльність підприємств України як фактор підвищення рівня конкурентоспроможності на міжнародних ринках. *Економічний вісник НТУУ „Київський політехнічний інститут”*. 2020. № 17. С. 395- 404.

УДК 004.9

**Куриляк М. Ю.**

**Навудило М. І.**

здобувачі магістерського рівня освіти

**Домбровський М. З.**

к.т.н.

ст. викладач кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління

Західноукраїнський національний університет

#### **ПІДХІД УПРАВЛІННЯ ІНОВАЦІЙНИМИ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ З ВРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, ФАКТОРІВ РЕАКТИВНОСТІ ТА ПРОАКТИВНОСТІ**

Складне завдання діяльності сучасних організацій щодо інновацій і розвитку вимагають здійснення завдань і дій, які у можуть бути представлені у вигляді проєкту,

що має зв'язки з цілями і стратегією. Інститут управління проектами [1] описує проекти як відповідь на фактори (зовнішні і внутрішні), що впливають на організацію, оскільки проекти діють на поточні операції та бізнес-стратегії та уможливають впроваджувати необхідні зміни. Обидві групи факторів можуть бути за своєю природою реактивними (щось потрібно змінити) або проактивними (щось потрібно покращити, але немає примусу це робити). Зовнішні причини можуть включати, наприклад, зміни в регулюванні, на які необхідно реагувати (реактивні), або нові технології, які використовуються, оскільки вони допомагають покращити надання цінності стейкхолдерам (проактивні). Внутрішні причини також можуть бути або реактивними, наприклад, коли потрібно щось змінити, щоб усунути проблеми, наприклад, підвищити безпечність роботи. Або щось має бути завчасно вдосконалено, наприклад процес обслуговування, щоб підвищити задоволеність споживачів [2]. Оскільки управління проектом є процесом вирішення шляхів досягнення цілі проекту та створення взаємопов'язаної по термінам, можливостям та виконавцям сукупності завдань та дій для здійснення цілі проекту [1], передбачає дотримання таких правил:

- результат проекту повинен бути чітко окреслений (обсяг робіт);
- проект має здійснюватися у визначеному зовнішньому середовищі (учасники);
- повинні бути встановлені терміни проекту (строки);
- бюджет проекту не повинен перевищувати заданої величини (затрати);
- продукт має задовольняти визначеним стандартам (якість);
- необхідно мати справу з надійними, гнучкими і стабільними постачальниками і підрядчиками (ресурси).

При цьому, однією з найбільш істотних особливостей інноваційних проектів є те, що виконання проектів здійснюється в умовах невизначеності. Під невизначеністю розуміється неповнота чи неточність інформації про умови реалізації проекту, у тому числі про пов'язані з ними витрати і результати. Невизначеність, пов'язана з можливістю виникнення в ході реалізації проекту несприятливих ситуацій і наслідків, характеризується поняттям ризику. Щоб локалізувати вплив факторів невизначеності та її зменшення, потрібно вдосконалювати процес планування. При зростаючій складності об'єктів управління проектами, до важливих напрямів покращення системи планування, насамперед потрібно віднести удосконалення інформаційного забезпечення, методології планування, зокрема введення у процес планування проектних робіт інтелектуальних елементів. Для формування бази знань і створення інтелектуальних елементів системи підтримки прийняття рішень в проекті необхідно розглядати інформацію як ресурс проекту, здійснювати перетворення (ресурсів) та оцінювання результатів моделювання щодо прийняття рішень на основі обраної стратегії [3]. Відповідний структурний підхід на основі інформаційно-ресурсної моделі до управління проектами інновацій і розвитку відображено на рисунку 1. Використання зазначено підходу передбачає інтеграцію планування і контролю, які часто розглядаються як окремі функції, але вони пов'язані і взаємозалежні, тому їх треба розглядати як одне ціле. Наприклад, планування не закінчується з початком реалізації проекту, для контролю є необхідним звертатися з планами, перепланувати за потребою ресурси, змінювати початкові рішення. Таким чином, планування стає частиною контролю. Крім того, ефективність контролю залежить від якості планування. Ефективність (досягнення результатів) проекту залежить від рішень на кожній стадії його здійснення, причому неправильне

вихідне розуміння цілей спричиняє по ланцюжку помилки у постановці задач та у визначенні обсягу робіт за проектом, що, в свою чергу, призводить до втрат часу і коштів, а головне недосягненню цілей.

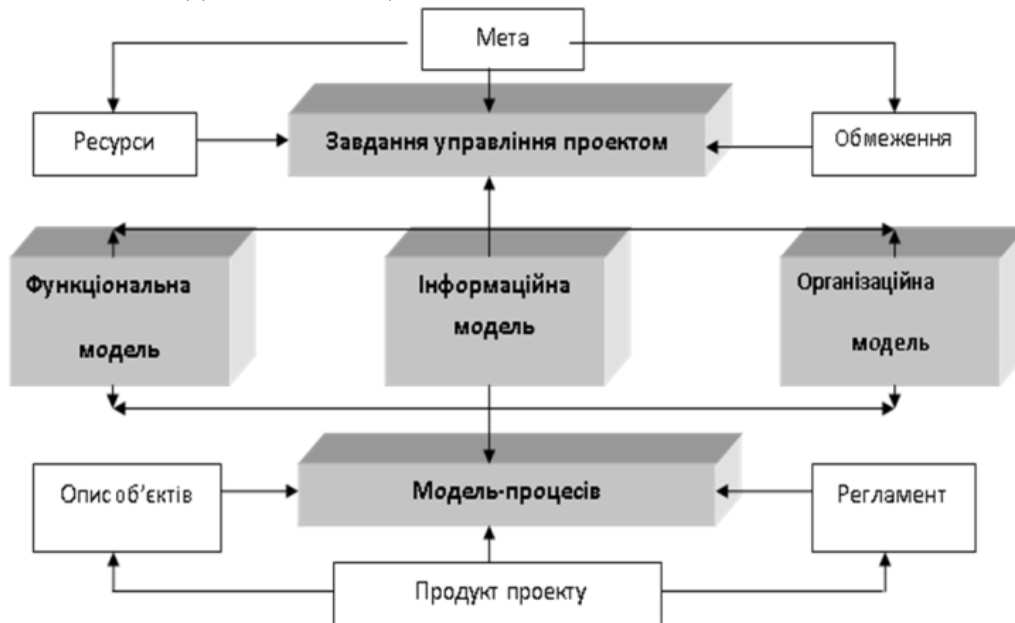


Рис. 1. Структура управління проектом на основі інформаційно-ресурсної моделі [3]

#### Список літератури

1. Стандарт з управління проектами та настанова до зводу знань з управління проектами (настанова PMBOK®): 7-е видання. – Project Management Institute, 2021. – 370 с.
2. Böhlich, S. (2021). Projektmanagement im Gesundheitswesen. In: Projektmanagement im Gesundheitswesen. Springer Gabler, Wiesbaden. 2021. 275 p.
3. Домбровський, М. З. Метод планування та контролю виконання робіт проекту на основі інформаційно-ресурсної моделі. Управління розвитком складних систем. 2017. 31.

Лугіна В. О.

здобувачка другого (магістерського) рівня  
вищої освіти спеціальності 073 “Менеджмент”  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

#### ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ СТІЙКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА

В умовах економічної кризи, що спричинена повномасштабним вторгненням росії в Україну, спостерігається значне посилення негативного впливу зовнішнього середовища на діяльність підприємств, а також збільшення рівня існуючих та поява нових ризиків. Така ситуація потребує нових підходів до управління підприємствами, спрямованих на зниження їх вразливості у разі змін зовнішнього середовища, зокрема, на підвищення рівня їх економічної стійкості.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОНОМІКИ, ОБЛІКУ, ФІНАНСІВ ТА  
ПРАВА В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

Збірник тез доповідей Міжнародної  
науково-практичної конференції  
м. Ізмаїл,  
16 грудня 2023 р.

Українською та англійською мовами

Відповідальний за випуск: Загородний І. Д.

Технічний редактор: Нестеренко В. О.

Художній редактор: Михайленко К. В.

Коректор: Остаповець Н. М.

Дизайнери й верстальники: Артеменко А. А, Григоренко Л. О.

Підписано до друку 16.12.2023 р. Формат 60x90/16  
Папір офсетний. Друк – ризографія. Умовн. друк. арк. 4,8  
Гарнітура Times New Roman.

Наклад 500 примірників. Зам. № 23897

Надруковано у ФОП Сидоренко А. В.  
Свідоцтво про державну реєстрацію серія В01 № 710364  
від 07.01.2007 р., м. Полтава, вул. Дмитра Коряка, 3

Всі права захищені.

Відповідальність за зміст матеріалів несуть автори.

Редакційна колегія може не поділяти думок авторів.



Офіційний сайт: <http://www.economics.in.ua>

# **WORLD TRENDS, REALITIES AND ACCOMPANYING PROBLEMS OF DEVELOPMENT**

Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference

Copenhagen, Denmark  
December 19 - 22, 2023

**UDC 01.1**

The 14th International scientific and practical conference “World trends, realities and accompanying problems of development” (December 19 - 22, 2023) Copenhagen, Denmark. International Science Group. 2023. 423 p.

**ISBN – 979-8-89238-617-3**

**DOI – 10.46299/ISG.2023.2.14**

EDITORIAL BOARD

<u>Pluzhnik Elena</u>	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
<u>Liudmyla Polyvana</u>	Department of Accounting and Auditing Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Ukraine
<u>Mushenyk Iryna</u>	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
<u>Prudka Liudmyla</u>	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
<u>Marchenko Dmytro</u>	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
<u>Harchenko Roman</u>	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
<u>Belei Svitlana</u>	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
<u>Lidiya Parashchuk</u>	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
<u>Levon Mariia</u>	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
<u>Hubal Halyna Mykolaiivna</u>	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

83.	Куриляк М., Домбровський М. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦЕНТРУ ПОСЛУГ ЦИФРОВОЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	376
84.	Лабуткіна Т.В., Акіншев О.Р. ПЛАНУВАННЯ СЕАНСУ ГІБРИДНИХ КОМБІНОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ОБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	385
85.	Навудило М., Домбровський М. РОЗВИТОК СИСТЕМИ ПОСЛУГ МІЖНАРОДНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТАМИ	395
86.	Помазков М.В., Мнацаканян М.С., Маник І.С. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ГУМАНІТАРНОЇ ЛОГІСТИКИ ПІД ЧАС ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТІВ	400
87.	Стефанов В.О., Савченко А.Д. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗМАЩУВАННЯ МОТОРНО- ОСЬОВИХ ПІДШИПНИКІВ ЛОКОМОТИВІВ	403
88.	Ярошенко О., Данилов В. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНО-ЗМАГАЛЬНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ КРИПТОВАЛЮТНИХ РИНКІВ З ВРАХУВАННЯМ ФОНДОВИХ РИНКІВ	405
TOURISM		
89.	Худавердієва В.А., Белєвцова А.О. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РИНКУ МЕДИЧНОГО ТУРИЗМУ	412

## **ПЛАНУВАННЯ РОБІТ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦЕНТРУ ПОСЛУГ ЦИФРОВОЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я**

**Куриляк Максим,**  
Здобувач магістерського рівня  
Західноукраїнський національний університет,

**Домбровський Михайло**  
к.т.н.  
Західноукраїнський національний університет

Термін «охорона здоров'я» визначається у рамках завдань цієї роботи, визначає сукупність заходів, що здійснюються різними суб'єктами, що діють у державі та суспільстві, з метою охорони здоров'я як окремої людини, так і всього населення. Дії у сфері охорони здоров'я включають проведення клінічних випробувань, спрямованих на розширення медичних знань щодо лікування, діагностики та профілактики захворювань [1]. На тлі старіння суспільства, дефіциту кваліфікованих працівників і загалом дефіцитних ресурсів для медичних послуг існує потреба в активних діях майже у всіх можливих сферах для підтримки та покращення майбутньої якості медичної допомоги для постраждалих людей. Окрім інших переваг, цифровізація в системі охорони здоров'я пропонує людям зі структурно слабких і віддалених регіонів, а також тим, хто не має достатньої мобільності, потенціал для справедливого та цілеспрямованого медичного обслуговування [1-3].

Категорія терміну «цифрова охорона здоров'я» digital healthcare охоплює широкий спектр інноваційних областей, які виходять далеко за межі регіональних і національних кордонів. Стимулюванні прагненням покращити стан здоров'я людини, проводяться дослідження для реалізації ідей, заснованих на сучасних технологіях, для розвитку потенціалу оптимізації та для того, щоб зробити їх корисними для всіх учасників (і не тільки). [2-4]

Цифрові технології охорони здоров'я (ЦТОЗ) пропонують різноманітні можливості для покращення надання та якості медичної допомоги та добробуту, а також для зменшення витрат на охорону здоров'я . «Цифрове здоров'я – масштабування системи охорони здоров'я в усьому світі» [3] Сучасні тенденції ЦТОЗ все частіше використовується в охороні здоров'я різними зацікавленими сторонами від лікарів до адміністративного персоналу та пацієнтів. Сучасні ЦТОЗ все частіше використовується в охороні здоров'я різними зацікавленими сторонами від лікарів до адміністративного персоналу та пацієнтів.

Хоча на сьогоднішній день цифрова охорона здоров'я в першу чергу орієнтоване на пацієнтів, деякі технології мають непрямий і прямий вплив на досвід постачальників послуг. Ці впливи можуть бути як позитивними, так і негативними. Телемедицина — це технологія, яка має більш прямий вплив,

дозволяючи лікарям та іншим медичним працівникам економити час, ефективніше сортуючи пацієнтів і перенаправляючи їх до спеціалістів. Для лікарів, які практикують відвідування на дому або проживають у сільській місцевості, це дозволяє їм консультувати більше пацієнтів, одночасно зменшуючи ризики, пов'язані з керуванням. Телемедицина, приміром, була ключем до надання медичної допомоги, а також для захисту постачальників послуг під час пандемії COVID-19 [3, 5].

Важливо, що проводяться дослідження, щоб краще зрозуміти ступінь стресу для медпрацівників і запобігти виявленню людей із ризиком вигорання або психічних і фізичних зривів [4]. Було використано кілька методів для збору об'єктивних і суб'єктивних даних з опитувань, мобільних додатків, трекерів активності, розумних кілець і відео дзвінків з фахівцями [2, 4]. Збільшення рівня прийняття населенням ЦТОЗ, матиме позитивний ефект, коли пацієнти відіграватимуть більшу роль у системі охорони здоров'я, по-перше, завдяки кількості та різноманітності даних, які збиратимуть пацієнти, але, що найважливіше, через обмін даними з медичними працівниками.

Хоча на сьогоднішній день багато людей уже використовують трекери активності, щоб відстежувати рівень фізичної активності, сон і частоту серцевих скорочень, майбутні трекери активності зможуть збирати рівень глюкози в крові, виявляти токсини, вітаміни або мікроелементи та виконувати молекулярну діагностику за допомогою біосенсорів, зокрема ( Паркхі та Мохан 2019). Крім того, ми передбачаємо збільшення використання домашнього тестування, яке в більшості країн ініціюється різними типами тестів на COVID. Відстежуючи результати діагностичних тестів, надіслані з пристроїв, які пацієнти носять вдома, клініка або лікар загальної практики зменшить вартість і ризик перехресного зараження, одночасно покращуючи комфорт пацієнта. Усі дані, зібрані пацієнтом, будуть автоматично або вручну перенесені в його особисту медичну карту (PMR). PMR або PHR (Personal Health Records) збирають дані про здоров'я, введені особами, і надають централізовану та легкодоступну інформацію, пов'язану з доглядом за цими особами (Tang et al. 2006). До недавнього часу ведення PMR здебільшого означало копіювання інформації з однієї або кількох електронних медичних карт (EMR). Однак у зв'язку зі збільшенням обсягу даних, які збирають пацієнти, зараз у лікарнях і клініках, а також у постачальників програмного забезпечення, є стимул централізувати ці дані та обмінюватися ними. Великі гравці, такі як Amazon і Microsoft, розробили такий централізований PMR, яким можна ділитися з лікарнями та клініками лише в деяких країнах.

Необхідно підкреслити що ЦТОЗ не є обов'язково дорого вартісним рішенням. На приклад розглянемо дуже недорогий картонний пристрій, який використовується з мобільним телефоном і дозволяє отримати досвід віртуальної реальності. Це можна використовувати для навчання пацієнтів, студентів, постачальників послуг тощо. Крім того, це можна використовувати для покращення досвіду пацієнтів, відволікаючи пацієнтів від інших неприємних переживань (Рис 1.).



Рисунок 1. недорогий картонний пристрій дозволяє отримати досвід віртуальної реальності [5]

Таким чином різноманітні цифрові технології створюють можливості проривних інновацій і значного підвищення цінностей для споживача послуг охорони здоров'я, які здійснюються у формі відповідних проєктів. Щоб підвищити цінність для пацієнтів, ми маємо впроваджувати інновації, які покращують якість і знижують вартість послуг реалізуючи дві конкретні стратегії: управління проєктами (PM) і цикли «плануй-роби-досліджуй-дій» (PDSA) або «плануй-виконуй-перевірй-дій» (PDCA) що можуть сприяти впровадженню інновацій і, таким чином, підвищити цінність медичної послуг охорони здоров'я. [5, 6].

Планування проєкту — це процес формування рішень, визначальний порядок, в якому повинна здійснюватися послідовність окремих заходів, дій і робіт з проєкту. Планування займає основне місце в управлінні проєктом, будучи організуючим началом усього процесу по його виконанню. План реалізації проєкту відрізняється від функціональних планів типу плану виробництва, плану матеріально-технічного постачання, фінансового плану і т. д., оскільки носить в принципі комплексний характер, тобто містить повну систему цілей і завдань, детальних робіт, що відповідають їм, і заходів, спрямованих на досягнення основної мети проєкту [7, 8].

Важливий момент у правильному плануванні часу – наявні ресурси. Чи справді доступні всі заплановані співробітники проєкту – безпосередньо на початку проєкту чи в певний пізній момент часу, якщо вони знадобляться лише пізніше? Або час очікування потрібно планувати? Кваліфікація співробітників проєкту також відіграє важливу роль: чи кожен має необхідну кваліфікацію, яка потрібна в проєкті? Або навчання все ще потрібне, чи робочий пакет займає більше часу через «навчання на робочому місці»? [9, с. 57-79]

Ресурси плануються на основі структури розподілу робіт, а потім необхідно визначити відповідних працівників і найняти їх для проєкту. Звичайно, метою керівника проєкту завжди має бути залучення до свого проєкту найкращих співробітників [7, 10].

Будь-яка діяльність людини базується на інформації. Інформація — це відомості про навколишній світ (об'єкти, явища, події, процеси тощо), які зменшують міру існуючої невизначеності, неповноти знань, відчужені від їх творця і які стали повідомленнями (вираженими певною мовою у вигляді знаків, у тому числі й записаними на матеріальному носії), які можна відтворювати шляхом передачі людьми усним, письмовим або іншим способом (за допомогою умовних сигналів, технічних та обчислювальних засобів)

Результатом взаємодії організації із середовищем є різні зміни, що виникають у ній. Ці зміни в організації викликають необхідність управління, тобто таких цілеспрямованих дій, які забезпечать досягнення цілей, що стоять перед організацією. Управління дозволяє залежно від особливостей конкретних організацій і цілей управління підтримати динамічну рівновагу з середовищем, забезпечити вдосконалення організації і досягнення того або іншого корисного ефекту[7, 10].

Для усунення основного недоліку послуг, що несе в собі певну загрозу для конфлікту інтересів, здатну дезорганізувати роботу, пропонується інноваційна технологія управління проектом створення Центру ЦТОЗ на засадах віртуалізації. Суть технології полягає в тому, щоб створити такі віртуальні умови, за яких на основі значущих фактичних показників моделюють ключові моменти, що уможлиблює розробку ефективних типових заходів діагностики та оцінки з врахуванням їх індивідуальних характеристик. За одержаними результатами формують базу знань, яка становить методичну основу діагностики. Для підвищення ефективності діагностики створюють проблемну робочу групу із зовнішніх і внутрішніх експертів.

У відповідності до концепції поєднання цілей [4] центру делегують сукупність однорідних функцій:

1. Забезпечення постійного розвитку персоналу (професійна та соціально-психологічна адаптація працівників, перепідготовка та підвищення кваліфікації, управління кар'єрою.

2. Формування відносин керівників та підлеглих, соціально-психологічна діагностика, аналіз і регулювання групових і особистих взаємовідносин, управління виробничими конфліктами.

Діяльність „Центру” формується на основі принципів функціонування „Центру” і матиме наступну схему організації (Рис. 2) та використовуватиме моделювання ситуацій запровадження ЦТОЗ з метою вироблення рішень та рекомендацій або окремих її частин, яка ґрунтується на показниках зворотного зв'язку.



Рис 2. Схема організації діяльності „Центру”

Управління портфелем, програмою і проектом наводиться у відповідність із стратегіями „Центру” і обумовлюється ними. З іншого боку, управління проектом відрізняється способом досягнення стратегічних цілей. Управління портфелем наводиться у відповідність із стратегіями організації шляхом вибору правильних програм чи проектів, пріоритизації роботи і надання необхідних ресурсів, тоді як управління програмою гармонізує проекти і компоненти програми і контролює взаємозалежності з метою отримання певних вигод.

Проект передбачає оцінку можливостей організації, потім планування змін і впроваджує поліпшення з метою систематичного застосування кращих практик. Проект створення Центру передбачає оцінку можливостей запровадження ЦТОЗ, потім планування змін і впроваджує поліпшення з метою систематичного застосування кращих практик. Планування відповідних проектних робіт та аналіз витрати часу на пошук даних, ведення обліку в документарній формі, вказує на актуальність задачі удосконалення інформаційного забезпечення.

На основі вищенаведеного порядку дій можна сформулювати основні бажані події виконання проекту:

1. рішення про проект;
2. вибір програмного забезпечення прийняття проектних рішень;
3. запит і узгодження вимог щодо проекту з керівником проекту;

4. узгодження ціни і видів програм;
5. Узгодження і затвердження проєктних дій;
6. Укладання контракту на виконання проєкту;
7. Виконання проєкту та інсталяція програм;
8. Пробна експлуатація;
9. Завершення проєкту та оплата виконаних робіт.

Визначивши головні події проєкту, варто визначити виконавців, тобто людські ресурси проєкту. При розподілі відповідальності виконавців проєкту доцільно буде використати матрицю відповідальності, яка забезпечує опис і узгодження структури відповідальності за виконання робіт.

Наступним етапом розробки проєкту є побудова сіткового графіку виконання проєкту. Сітковий графік (див. рис. 3) є графічним зображенням календарного плану виконання усього комплексу взаємопов'язаних робіт (операцій). Головними елементами графіка є події і роботи. Подія - це момент закінчення якоїсь роботи, що відображає окремий етап розробки проєкту. Події на графіку зображені кружками, а роботи - стрілками, які показують зв'язок між подіями.

Для підвищення ефективності управління проєктами нині великого значення набувають автоматизовані засоби програмної підтримки прийняття проєктних рішень. Ці програмні засоби відрізняються функціями з доброзичливим інтерфейсом, який підтримує користувача-початківця і дозволяє працювати з програмою без додаткового навчання. Наявні підказки і пояснення порядку користування тієї або іншою функцією програми, допомагають користувачеві досягти призначення окремих функцій, а часто і дізнатися про альтернативні підходи.

Для визначення календарних термінів тривалості і завершення проєкту наприклад в Microsoft Project можна скласти календарний план проєкту графік якого у вигляді діаграми Ганта подано на рисунку 4. Діаграма Ганта - це один з найбільш популярних способів графічного подання плану проєкту, який застосовують на практиці.

Діаграма Гонта являє собою графік, на якому по горизонталі розміщена шкала часу, а по вертикалі розташований список задач. Довжина відрізків, що позначають задачі, пропорційна тривалості задач. Поруч із відрізками може відображатися додаткова інформація, наприклад, назви задіяних у них ресурсів. З діаграми можна одержати інформацію про послідовності задач, їхньої відносної тривалості й тривалості проєкту в цілому.

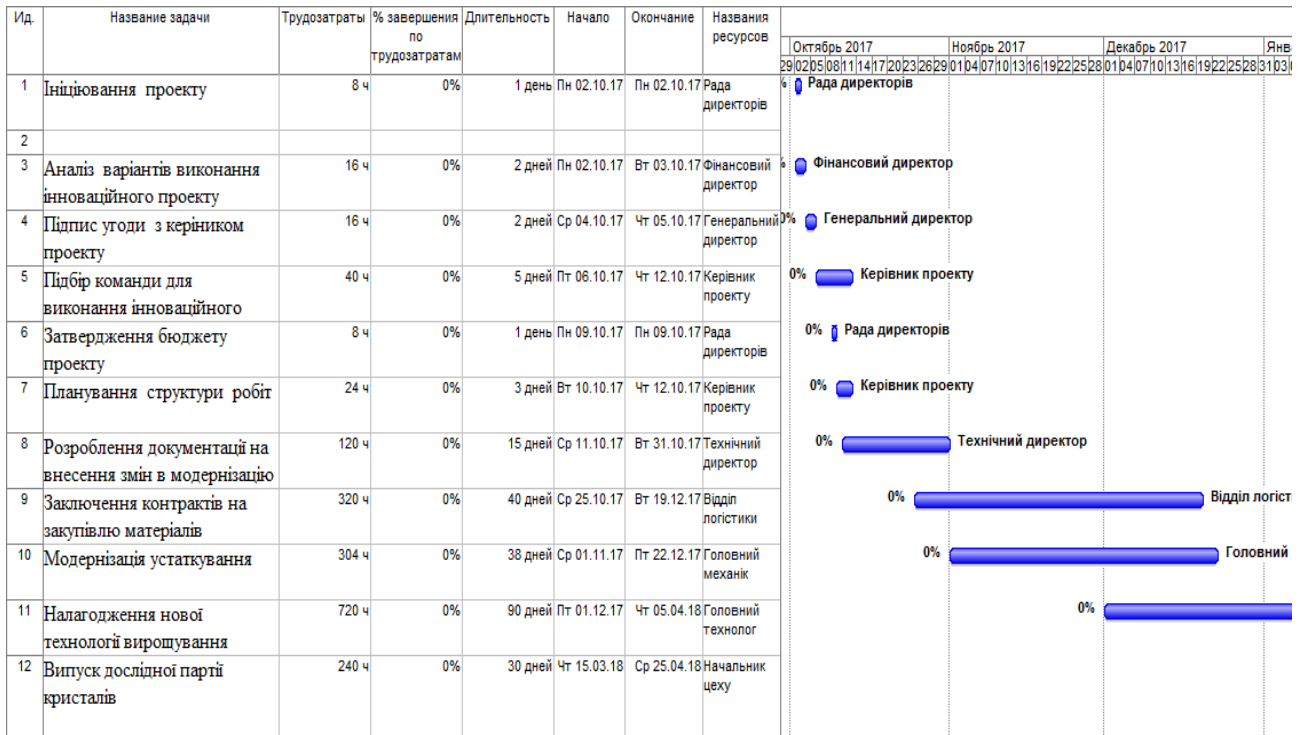


Рисунок 3. Графік календарного плану проекту у вигляді діаграми Ганта

На рисунку 4 подано діаграму Ганта з даними про вартість окремих завдань і проекту в цілому. Щоб визначити рівномірність завантаження ресурсів, потрібно відкрити «Листок ресурсів». У ньому всі ресурси, завантаження яких перевищує їхню доступність, виділяться червоними кольорами, а у стовпці «Індикатори» поруч із їхніми назвами відображається спеціальний значок.

Ид.	Название ресурса	Группа	Макс. единицы	Пиковая нагрузка	Стандартная ставка	Ставка сверхурочных	Подробности	15 Янв '18				22 Янв '18					
								П	В	С	Ч	П	С	В	П	В	С
1	Рада директорів		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Ініціювання проекту			100%			Трудозатр.										
	Затвердження бюджету			100%			Трудозатр.										
2	Фінансовий директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Аналіз варіантів виконання			100%			Трудозатр.										
3	Генеральний директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Підпис угоди з керівником			100%			Трудозатр.										
4	Керівник проекту		100%	200%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Підбір команди для виконання			100%			Трудозатр.										
	Планування структури			100%			Трудозатр.										
5	Технічний директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Розроблення документації			100%			Трудозатр.										
6	Відділ логістики		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Заклучення контрактів			100%			Трудозатр.										
7	Головний механік		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
8	механік		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
9	технолог		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
10	Начальник цеху		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
11	Начальник цеху		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
12	Головний механік		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Модернізація устаткування			100%			Трудозатр.										
13	Головний технолог		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч
	Налагодження нової технології			100%			Трудозатр.	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч	8ч
14	Начальник цеху		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Випуск дослідної партії кристалів			100%			Трудозатр.										

Рисунок 3.7 – Список ресурсів проекту

Отже, для удосконалення компонентів системи послуг ЦТОЗ необхідно реалізувати проект застосовуючи моделі управління процесами Capability Maturity Model Integration (CMMI стандарту американського інституту стандартизації ANSI (стандарти ANSI). PMBoK (Guide to the Project Management Body of Knowledge) - це накопичені знання в галузі управління проектами, які розглядають управління проектами в загальному сенсі, без прив'язки до

конкретних предметних областях, таким як інформаційні технології, і тому не може застосовуватися безпосередньо і потребують розроблення практичних детальних рекомендацій щодо планування роботи у проектах, структурування команди розробників [7-10].

У підсумку необхідно підкреслити важливість оволодіння методами планування проекту, як процесу формування рішень, визначальний порядок, в якому повинна здійснюватися послідовність окремих заходів, дій і робіт з проекту. Планування займає основне місце в управлінні проектом, будучи організуючим началом усього процесу по його виконанню. План реалізації проекту відрізняється від функціональних планів типу плану виробництва, плану матеріально-технічного постачання, фінансового плану і т. д., оскільки носить в принципі комплексний характер, містить повну систему цілей і завдань, детальних робіт, що відповідають їм, і заходів, спрямованих на досягнення основної мети проекту [9].

Управління проектом може бути реалізоване в рамках двох різних підходів: проектно-планового чи програмного. Особливе значення мають питання організаційної концепції: зміни організаційної структури підприємства в зв'язку з цифровою трансформацією, інтеграції з іншими суб'єктами

Це наука і водночас велике мистецтво, головна ціль якого, у першу чергу спочатку усвідомити процес, а потім тільки проводити його перетворення. Для розвитку організації необхідно змінити старі принципи управління на нові й управляти внутрішніми змінами - трансформацією. Однієї лише нової структури або нової технології недостатньо. Найскладніше в ліквідації бар'єрів розвитку — подолання інертності в організації. Це саме те, з чого потрібно починати. Тільки в цьому випадку можна домогтися ефективного результату.

Поки що немає альтернативи побудові процесної або мережевої системи управління. Керівники повинні створити нову організаційну структуру, орієнтовану на революційні зміни, та віртуалізацію і управляти проектом змін для побудови "мережевої" організаційної структури, використовуючи вже зараз кращу практику, а не нарікаючи на менталітет.

Запропонована структура - віртуального підприємства створюється для використання обмежених в часі шансів. Якщо в окремих випадках кооперація в формі віртуального підприємства може мати тривалий характер, то, як правило, віртуальні підприємства будуються на певний термін і після виконання завдання розпадаються. Учасники віртуального підприємства є, як правило, юридично і економічно незалежними один від одного.

Перспективи подальшого розвитку досліджень у даному напрямку нововведень передбачають впровадження наступних моделей оптимізації послуг охорони здоров'я та використання цієї методики для експертної оцінки вимог реабілітації учасників бойових дій.

**Список літератури:**

1. Grzeszczyk, T.A., Zawada, M. Healthcare Project Management Model Approach. In: Bilgin, M.H., Danis, H., Demir, E. (eds) Eurasian Business Perspectives. Eurasian Studies in Business and Economics, vol 14/2. Springer, Cham. 2020.
2. Walzer, S. (eds) Digital Healthcare in Germany. Contributions to Economics. Springer, Cham 2022.
3. Rivas, H. Creating a Case for Digital Health. In: Rivas, H., Wac, K. (eds) Digital Health. Health Informatics. Springer, Cham. 2018.
4. Bodenheimer T., Sinsky C. The Annals of Family Medicine Nov 2014, 12 (6) pp. 573-576.
5. Rivas, H., Boillat, T. An Introduction to Digital Health: Current and Future Trends. In: Rivas, H., Boillat, T. (eds) Digital Health. Health Informatics. Springer, Cham 2023.
6. Sloomans, S. Project Management and PDSA-Based Projects. In: Van Bogaert, P., Clarke, S. (eds) The Organizational Context of Nursing Practice. Springer, Cham 2018.
7. The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition (2021), USA, Project Management Institute (PMI), 250.
8. Shirley, D. (2020). Project Management for Healthcare (2nd ed.). CRC Press. 2020. P. 280.
9. Böhlich, S. Projektmanagement im Gesundheitswesen. In: Projektmanagement im Gesundheitswesen. Springer Gabler, Wiesbaden.2021.
10. Schwalbe K. Furlong D. Healthcare Project Management, Third Edition: Predictive, Agile, and Hybrid Approaches Independently published 2021, p.538.