

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем  
(повна назва)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**Пояснювальна записка**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів та моделей візуалізації  
даних медичних ІС  
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ІУСТМ-20-1  
Трофименко Р.В.  
(прізвище, ініціали)

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

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

Освітня програма Інформаційні  
управляючі системи та технології  
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Левикін В.М.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Петров К.Е.  
(прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем  
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

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

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

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Трофименко Руслану Валентиновичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Дослідження методів та моделей візуалізації даних медичних ІС

затверджена наказом по університету від 05 листопада 2021 р. № 1645 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 09 12 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Література щодо існуючих моделей відображення даних медичних інформаційних систем, відомості про методи візуалізації даних медичних ІС. Визначення найкращого методу відображення даних для кожного етапу в робочій системі медичних ІС.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Огляд процесу візуалізації даних медичних ІС та їх методів класифікації, створення технології оцінювання методів візуалізації даних інформаційної системи, вибір методу відображення медичних даних для кожного етапу в робочому процесу, застосування методу відображення даних на реальному прикладі.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломну роботу	02.11.2021	виконано
2	Аналіз предметної галузі і постановка задачі	03.11.2021 - 06.11.2021	виконано
3	Створення теоретичного підходу для вирішення задачі вирішення поставленої задачі	06.11.2021 - 09.11.2021	виконано
4	Пошук найкращого методу для вирішення задачі	09.11.2021 - 12.11.2021	виконано
5	Застосування створеного удосконаленого методу	12.11.2021 - 15.11.2021	виконано
6	Експериментальна перевірка отриманого результату експеримент перев.	15.11.2021 - 19.11.2021	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2021-01.12.2021	виконано
8	Оформлення графічних матеріалів	01.12.2021 – 06.12.2021	виконано
9	Попередній захист	06.12.2021	виконано
10	Захист перед ЕК	10.12.2021	виконано

Дата видачі завдання   08     11     2021   р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_   проф. Левикін В.М.    
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 68 ст., 4 розділи, 29 рисунків, 11 таблиць, 14 джерел.

### КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ, МЕДИЧНІ ДАНІ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ, ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ТРАНСФОРМАЦІЯ ДАНИХ.

Оптимізація робочого процесу в системі охорони здоров'я дуже важлива. Зростання труднощів у роботі зі складними даними та зростаючі очікування лікарів і пацієнтів щодо отримання більш достовірної інформації вимагали вдосконалення процесу прийняття рішень у сфері охорони здоров'я. Візуалізація даних (ВД) — це корисний підхід для роботи з багатограними даними та представлення інформації в зручний для користувача спосіб. Було проведено багато досліджень для розробки корисних інструментів ВД, які зробили інформацію доступною як для пацієнтів, так і для лікарів.

Проте було проведено дуже мало досліджень, щоб ефективно запровадити методи ВД на різних етапах робочого процесу надання медичної допомоги. Робочий процес досліджується і розвивається від етапу введення до етапу циклу лікування, зосереджуючись на етапах процесу прийняття рішень та їх послідовності в робочому процесі. Потім методи ВД детально аналізуються на основі їх характеристик, функцій та переваг.

Модель оптимізації формулюється на основі робочого процесу для визначення техніки ВД для кожного етапу, щоб досягти загальних цілей якості, ефективності та вартості. Мета полягає в тому, щоб об'єднати різні критерії в один загальний критерій. Аналіз результатів моделювання дає уявлення про порівняння ефективності робочого процесу з втручанням ВД та без втручання ВД. Це може показати, як методи ВД можуть допомогти

пацієнтам і лікарям краще спілкуватися, розуміти та використовувати інформацію для прийняття обґрунтованих рішень.

Метою цієї дипломної роботи є впровадження методів ВД у робочий процес охорони здоров'я покращити загальну якість та ефективність системи. Ця дипломна робота зосереджена на розв'язанні проблеми, викладені в першій частині цього розділу, використовуючи методи ВД.

## **ABSTRACT**

The explanatory note of the qualification work contains: 68 pages, 4 chapters, 29 figures, 11 tables, 14 sources.

**DATA CLASSIFICATION, MEDICAL DATA, DATA VISUALIZATION, INFORMATION SYSTEMS, DATA TRANSFORMATION.**

Workflow optimization in the healthcare system is very important. The increasing difficulties in dealing with complex data and the increasing expectations from physicians and patients for more reliable information have necessitated improvements in the health care decision making process. Data visualization (DV) is a useful approach for dealing with multifaceted data and presenting information in a user-friendly way. Much research has been done to develop useful DV tools that have made information more accessible to patients as well as physicians.

However, very little research has been done to implement the DV techniques effectively into the different stages of a healthcare delivery workflow. The workflow is investigated and developed from the input stage to the treatment cycle stage, focusing on steps in the decision making process and their sequences in the workflow. The DV techniques are then analyzed in detail based on their characteristics, functions and advantages.

An optimization model is formulated based on the workflow to identify the DV technique for each stage so that the overall objectives of quality, efficiency, and cost are addressed. The goal is to combine different criteria into one single overall criterion. Analysis of the simulation results provides insight on comparisons of the performance of the workflow with DV intervention and without DV intervention. It could show how DV techniques can help patients and the physicians better communicate, understand and use the information to make informed decisions.

The aim of this thesis is to introduce the methods of VD in the workflow of health care to improve the overall quality and efficiency of the system. This thesis focuses on solving the problem outlined in the first part of this section using the methods of VD.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, символів, одиниць та термінів.....	10
Вступ.....	11
1. Аналіз предметної області та постановка задачі.....	13
1.1. Короткий вступ до візуалізації даних .....	13
1.2. Техніки візуалізації даних сьогодні .....	13
1.3. Візуалізація даних у медичній практиці.....	14
1.4. Процеси візуалізації даних .....	14
1.5. Людський фактор у візуалізації даних .....	15
1.6. Мотивація та мета дослідження .....	16
2. Дослідження методів та моделей візуалізації даних у медичній практиці.....	18
2.1. Метод Icon Arrays (Масиви іконок).....	18
2.2. Метод Magnifier Risk Scale (Шкала ризику збільшувальної лінзи)...	19
2.3. Метод Risk Scale (Шкала ризику).....	20
2.4. Метод Timeline Belt (Пояс шкали часу).....	21
2.5. Метод Heatmap (Теплова карта).....	22
2.6. Метод Kaleidomaps by Vale (Калейдомапа Бейла).....	23
2.7. Метод Glyph (Гліф).....	24
2.8. Метод Overlaps and Interconnections (Перекриття та взаємозв'язки)	25
3. Робочий процес взаємодії між лікарем і пацієнтом із засобом візуалізації даних.....	27
3.1. Вступ та загальна методологія .....	27
3.2. Розв'язування проблеми I етап .....	28
3.3. Розв'язування проблеми II етап.....	29
3.4. Розв'язування проблеми III етап.....	31

3.4.1. Відображення даних Техніка 1. Тяжкість захворювання .....	33
3.4.2. Відображення даних Техніка 2. Причини виникнення захворювання .....	35
3.4.3. Відображення даних Техніка 3. Плани лікування .....	38
3.4.4. Відображення даних Техніка 4. Навчання пацієнтів .....	39
3.5. Формулювання моделі .....	41
3.6. Моделювання симуляції робочого процесу.....	44
3.6.1 Використання моделі Simio .....	45
3.6.2 Висновки до розділу .....	51
4. Застосування та визначення найкращого метода ВД.....	53
4.1. Узагальнення 4 розділу .....	53
4.2. Довідкова інформація про туберкульоз .....	53
4.3. Запитання та тести у випадку захворювання ТБ .....	54
4.4. Діагностика .....	55
4.5. Лікування .....	57
4.6. Навчання пацієнтів .....	57
4.7. Візуалізація даних .....	57
4.8. Оптимізація .....	58
4.9. Результати .....	61
4.10. Аналіз результатів .....	62
Висновки.....	65
Перелік джерел посилання.....	67
Додаток А. Графічний матеріал.....	69

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВД – візуалізація даних;

ІС – інформаційна система;

ІСТ – інформаційні системи і технології;

ТБ – туберкульоз;

CDC – centers for disease control (Центри з контролю та п  
захворювань США);

FIFO – first in first out (першим прийшов – першим вийшов).

## ВСТУП

Проблеми та занепокоєння щодо стану системи охорони здоров'я спонукали виконати дослідження для покращення ефективності відображення медичних даних в ІСТ.

Одна частина проблеми пов'язана із збільшенням кількості інформації та даних записів пацієнтів. Жодна сфера не звільнена від впливу цієї ери інформаційного вибуху – включно з сферою охорони здоров'я. Перевага великої кількості інформації полягає в тому, що лікарі тепер можуть дізнатися більше про своїх пацієнтів і таким чином, приймати більш точні та обґрунтовані рішення. Однак це також може заплутати лікарів і ускладнюють для них пошук корисної інформації та включають ймовірність використання не пов'язаних даних. Лікарям необхідно визначити важливу інформацію, порівняти, синтезувати та обробити її. На основі відібраної інформації для певного пацієнта вони повинні об'єднати свій досвід, а потім прийняти рішення щодо захворювання пацієнта та ряд планів подальшого лікування.

Не потрібні та зайві дані не лише витратять час лікарів, але й збиватимуть пацієнтів із замішуванням, коли вони читатимуть їхні звіти про випробування чи пропозиції щодо лікування. Більші і складніші інформаційно-інформаційні системи в системі охорони здоров'я вимагають нового, ефективного підходу, щоб лікарі та пацієнти могли легше розуміти інформацію, краще спілкуватися та приймати рішення більш мудро. Інша частина труднощів пов'язана зі збільшенням очікувань від пацієнтів. Крім того, професійні організації та уряд поставили цілі щодо зменшення медичних помилок та покращення загальної якості прийняття рішень у сфері охорони здоров'я. Вищі стандарти ефективності включають ефективність загального робочого процесу в системі охорони здоров'я, включаючи зменшення часу простою та непотрібних процедур у системі, оптимізацію використання часу та інформації, а також спрощення засобів та процесів. Необхідно розробити

більш ефективну систему робочого процесу, щоб заощадити час, зменшити витрати та покращити використання.

Індивідуальне лікування та прийняття рішень у сфері охорони здоров'я стали важливим аспектом при вирішенні проблем робочого процесу при прийнятті рішень або вдосконаленні процесу. Ця концепція включення пацієнтів у процес прийняття рішень та врахування вимог та різних думок пацієнтів відображає тенденцію від загального єдиного стандарту до індивідуального та різноманітного типу дизайну. Пацієнтів можна с таким чином, щоб вони могли легше і точніше зрозуміти свою хворобу. Вони також можуть брати участь у процесі прийняття рішень щодо визначення своїх планів лікування, типів ліків, які вони збираються приймати, і навіть самообслуговування, яким вони збираються дотримуватися. Враховуючи різні критерії різних пацієнтів, лікарі та пацієнти разом можуть знайти спосіб визначити оптимальний план лікування для пацієнта на основі його або її уподобань та стану.

Пояснювальна записка магістерської атестаційної роботи виконана за рекомендаціями, наведеними у [1].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Короткий вступ до візуалізації даних

Візуалізація даних (ВД) давно використовується в статистиці та математиці, але широко застосовується лише нещодавно. ВД може використовуватися для серії даних у графічній манері, допомагаючи передати інформацію в прямий спосіб [2] або його можна використовувати для інтеграції багатовимірних даних і представлення їх у нижньому вимірному просторі (одновимірному або двовимірному).

Незалежно від типу ВД, усі вони мають одну мету: подати дані та інформацію таким чином, щоб користувачі могли точно та швидко зрозуміти значення, яке вони передають. Для досягнення цієї мети існує багато методів представлення та відображення даних у зручний для користувача спосіб. ВД застосовувався до багатьох аспектів нашої повсякденної діяльності, включаючи результати фінансового аналізу, графік прогнозу погоди, що відображає рух шторму, або поширення певних захворювань у всьому світі.

Це широке застосування довело ефективність ВД, щоб допомогти користувачам отримати чітку та інтегровану інформацію. У цій роботі ми досліджуємо, як ВД може допомогти системі охорони здоров'я стати ефективною, якщо її включити в робочий процес.

## 1.2 Техніки візуалізації даних сьогодні

Організація та класифікація попередніх методів візуалізації є суттєвими для розробки та застосування нових методів. Існує ряд способів класифікації та організації прийомів візуалізації. Їх можна класифікувати за розмірами, статичними чи динамічними, геометричними чи символічними. Узагальнено

та синтезовано ці методики та розроблено вісім способів підвищення ефективності та результативності при розробці або вдосконаленні нових методів. Вісім візуальних змінних – це положення, форма, розмір, яскравість, колір, орієнтація, текстура та рух.

На думку інших, насправді існує дві основні категорії візуалізації медична практика. Одна категорія зосереджена на в основному числових і символічних даних, а інша категорія візуалізації стосується відображення фізичної природи суб'єктів. У цій дисертації в основному розглядаються методи візуалізації для числових ознак, а не для фізичних.

### 1.3 Візуалізація даних у медичній практиці

Поширеність ВД також знайшла свій шлях у медичній практиці. Високий обсяг медичних даних та комплексний характер медичних знань вимагають більш ефективного інструменту для допомоги обмінюватися та передавати такі типи інформації між пацієнтами та лікарями. ВД методи можуть підтримати прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони здоров'я та зменшити когнітивні тягар для пацієнтів.

Виходячи з попиту, було розроблено багато методів ВД розроблені та адаптовані з метою підвищення ефективності та якості спілкування між пацієнтами та лікарями і, таким чином, підвищення загальної якості та ефективність роботи в медичній сфері.

### 1.4 Процеси візуалізації даних

Запропоновано декілька підходів до технік візуалізації. Хоча є деякі відмінності між підходами, загальна логіка залишається незмінною. Починається з аналізу типів даних, які ми хочемо відобразити, а потім – організація даних і візуалізація даних. Наприклад, розробити нову інформаційну клінічну систему, яка допоможе покращити представлення знань і спростити структуру, яка включає три етапи (тобто вилучення інформації, організація інформації та візуалізація інформації). Можна розробити конвеєр візуалізації, що складається з даних моделювання, вибір даних, відображення даних до візуального відображення та налаштування параметрів відображення [3]. На рис. 1.1 зображено приклад конвеєра візуалізації.

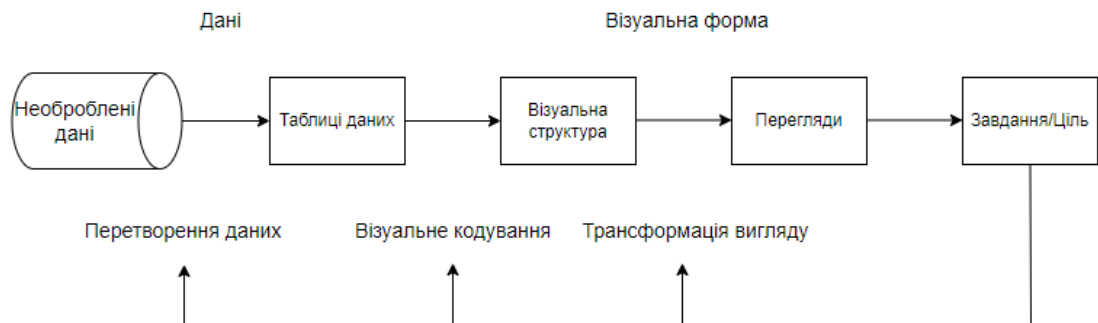


Рисунок 1.1 – Перший приклад конвеєру візуалізації даних

### 1.5 Людський фактор у візуалізації даних

Останніми роками більше уваги приділено індивідуальному дизайну, забезпечуючи його концепція розробки для цільових користувачів, а не для всіх. Ця концепція надзвичайно важлива в практиці ВД, оскільки метою візуалізації є допомогти глядачам краще сприймати та розуміти інформацію на основі їхнього запиту.

Щоб включити людський фактор в дизайні візуалізації багато дизайнерів рекомендують загальний підхід процес ВД. Цей підхід починається з класифікації користувачів, після чого слід уточнення функції та цілі. Потім потрібен чіткий опис, щоб показати додаткові деталі.

Гарний дизайн також повинен забезпечувати ефективне керівництво для глядачів, створювати змістовні графіки та зображення за потреби та виберіть відповідний колір для кожної техніки. І останнє, але не менш важливе, інтеграція, організація та тестування завжди мають важливе значення для визначення того, чи добре налаштований дизайн чи ні

## 1.6 Мотивація та мета дослідження

Метою цієї дипломної роботи є впровадження методів ВД у робочий процес охорони здоров'я покращити загальну якість та ефективність системи. Ця дипломна робота зосереджена на розв'язанні проблеми, викладені в першій частині цього розділу, використовуючи методи ВД.

Вибір методів ВД є багатокритеріальною проблемою вибору, де розробляється компромісний сценарій і аналізується на основі моделі робочого процесу. На додаток до вибору можливих і застосування ВД методів, деякі вдосконалення та модифікації також застосовуються на основі конкретного використання та ситуація, де реалізовані методи. Рис. 1.2 представляє концептуальний підхід до цієї проблеми.



Рисунок 1.2 – Методологія візуалізації даних

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ У МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ.

### 2.1 Метод Icon Arrays (Масиви іконок)

Мета: передати і «чисельник» і «знаменник» одночасно за допомогою дискретного рівняння вимірювання

Опис: масиви піктограм складаються із зв'язку частина-ціле з послідовним розташуванням. У цьому масиві піктограм легко визначити пропорції, оскільки доступна інформація від частини до цілого візуально [4].

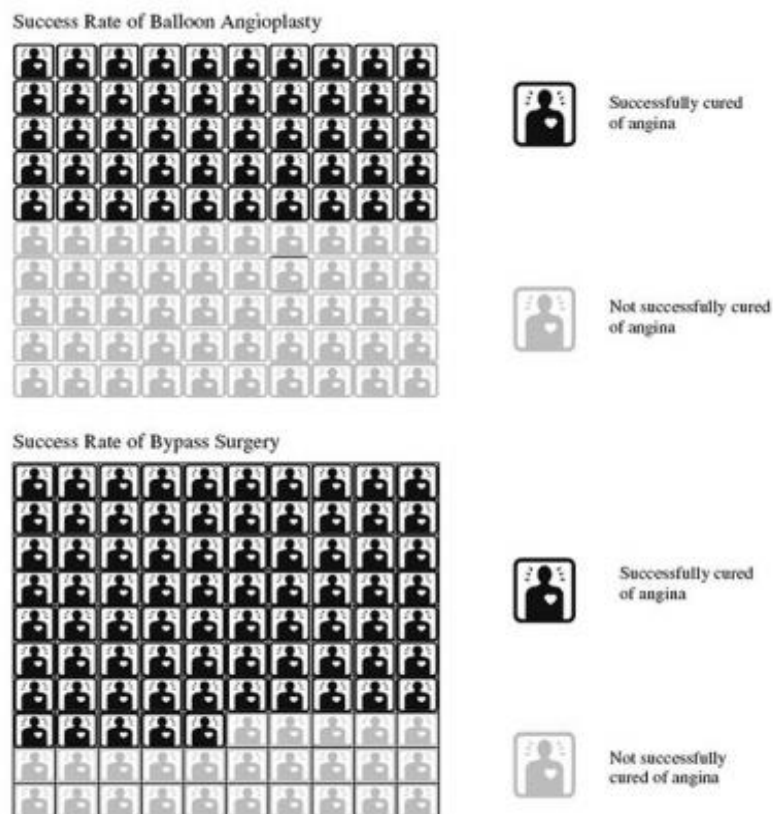


Рисунок 2.1 – Візуалізація ризику методом Icon Arrays

Переваги: згідно з дослідженням, пацієнти, як правило, розуміють краще

коли дані відображаються на дискретному рівні, а не як число в пропорції рис. 2.1.

Орієнтованість на пацієнта: ця техніка візуалізації спрямована на здатність пацієнта розуміти ВД. Завдяки цьому пацієнти можуть краще розуміти дані завдяки цій техніці.

## 2.2 Метод Magnifier Risk Scale (Шкала ризику збільшувальної лінзи)

Мета: викликати сприйняття ризику, коли шкала знаходиться на нижньому рівні.

Опис: значення  $X$  може бути розміщено в шкалі, щоб лупа могла описати ймовірність кожної події, що відбувається в нижньому рівні [4].

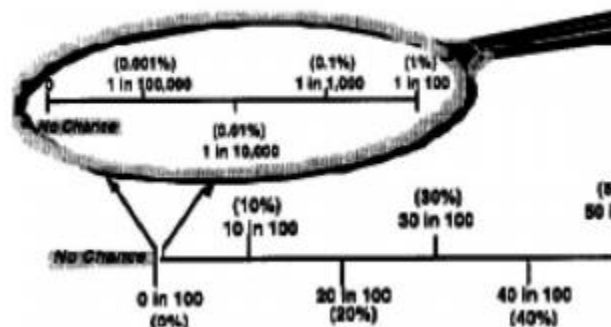


Рисунок 2.2 – Візуалізація методом Magnifier Risk Scale

Переваги: цей метод на нижньому рівні дозволив користувачам сприймати та розуміти менші значення для дуже низьких ризиків і зменшує величину вищих ризиків рис. 2.2.

Недоліки: не можна застосовувати до великих наборів даних.

Орієнтованість на пацієнта: дозволяє пацієнту ідентифікувати свої результати, якщо значення дуже малі.

### 2.3 Метод Risk Scale (Шкала ризику)

Мета: зобразити діапазон ризиків від дуже низького до дуже високого як контекст для індивідуального ризику.

Опис: ризики від переливання крові з іншими небезпеками відображаються разом у горизонтальній шкалі [4].

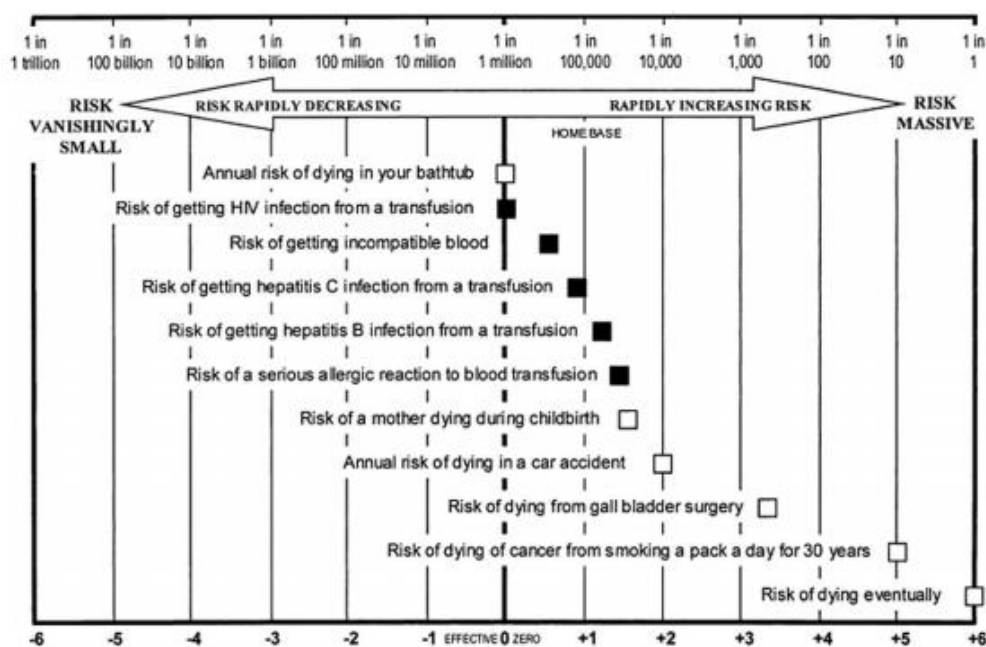


Рисунок 2.3 – Візуалізація методом Risk Scale

Функції:

- представити незнайоме поняття з текстом та графікою;
- покращена здатність людини помічати весь спектр можливих ризиків.

Переваги: ця техніка візуалізації ефективна для збільшення та зменшення вірогідності рідкісних небезпек при переливанні крові. Його також можна використовувати для представлення незнайомих понять разом з іншими знайомими даними рис. 2.3 [4].

Недоліки: логарифмічний масштаб може бути несподіваним для багатьох людей.

Орієнтованість на пацієнта: пацієнт може порівняти свої незнайомі ризики зі знайомими, щоб покращити розуміння ризиків своєї недуги.

#### 2.4 Метод Timeline Belt (Пояс шкали часу)

Мета: показати фрагментацію робочого процесу до та після реалізації комп'ютеризованого введення даних.

Опис: кожен рядок представляє сеанс спостереження за часом і дією. Перші 20 смуг вказують на сеанс за часом і дією перед впровадженням, а наступні 22 смуги представляють сеанс після впровадження. Різні кольори позначають різні види виконання клінічних завдань. Довжина кольорової смуги пропорційна тривалості виконання завдання[5].

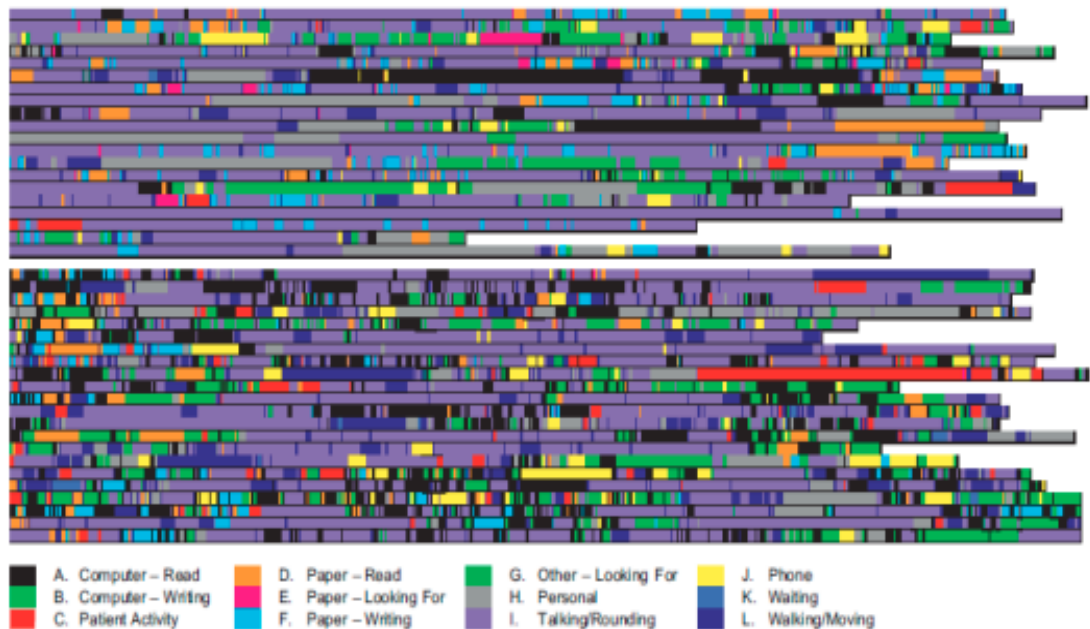


Рисунок 2.4 – Візуалізація методом Timeline Belt

Переваги: ця техніка візуалізації відображає різницю між структурованою датою та не такою чітко й очевидно. Таким чином це може допомогти дослідити та визначити проблему в рамках робочого процесу, а потім знайти спосіб її вирішення зменшити частоту перемикання завдань робітників рис. 2.4 [5].

## 2.5 Метод Heatmap (Теплова карта)

Мета: показати ймовірність переходу завдання

Опис: різна щільність кольору являє собою оцінку ймовірності переходу, з більш високою щільністю кольору, що означає більшу ймовірність переходу [5].

	A	B	C	D	E	F
A. Computer – Read	–	0.2472	0	0.0562	0.0112	0.0899
B. Computer – Writing	0.1181	–	0.0069	0.0139	0.0347	0.0764
C. Patient Activity	0	0.0909	–	0	0	0.0909
D. Paper – Read	0.0455	0.0114	0	–	0.0114	0.3182
E. Paper – Looking For	0.0606	0.0606	0	0.1515	–	0.2727
F. Paper – Writing	0.0498	0.0498	0.005	0.1294	0.0249	–
G. Other – Looking For	0	0.1667	0	0.1667	0	0.1667
H. Personal	0.1414	0.202	0	0.0404	0.0101	0.0505
I. Talking/Rounding	0.0773	0.1646	0.015	0.1047	0.0224	0.3092
J. Phone	0.1364	0.2727	0	0	0.0227	0.0227
K. Waiting	0	0.1667	0	0.1667	0	0.1667
L. Walking/Moving	0.0204	0.0748	0.0136	0.034	0.068	0.0748

Рисунок 2.5 – Візуалізація методом Heatmap

Переваги: можна легко помітити, які завдання мають найбільшу перехідну ймовірність з усіх можливостей між різними парами завдань рис. 2.5.

## 2.6 Метод Kaleidomaps by Vale (Калейдомапа Бейла)

Мета: візуалізувати багатовимірні дані часового ряду, використовуючи кривизну лінії для зміни виявлення можливих періодичних закономірностей.

Опис: наступні шість калейдомап показують морфологію артеріального тиску та кровотоку хвилі протягом двох експериментальних фаз. Основне коло розбито на сегменти рівних кутів для різних змінних. Кожен сегмент кола має дві осі, що представляють час, одна по радіусу і один по дузі відрізка. Значення даних і категорії представлені за допомогою кольору [6].

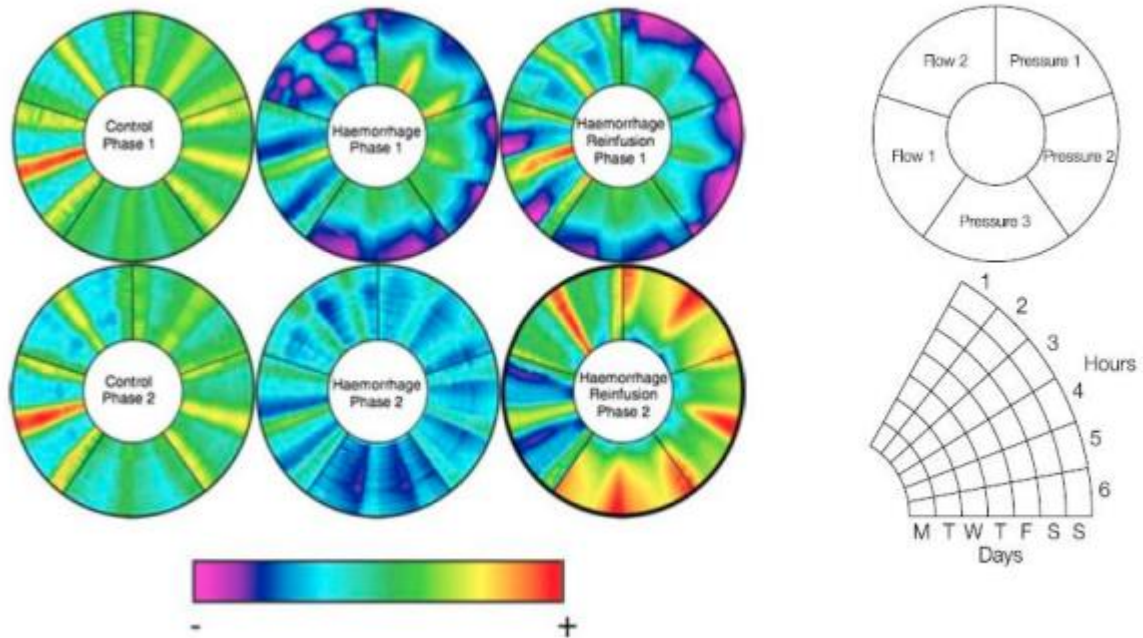


Рисунок 2.6 – Візуалізація методом Kaleidomaps by Vale

**Переваги:** калейдомани забезпечують інтерактивний спосіб для глядачів досліджувати як вчасно, так і частоти, щоб краще зрозуміти взаємозв'язок між часом і формою сигналу рис. 2.6.

**Недоліки:** Оскільки калейдомани мають формат кола, вони можуть мати лише максимум від шести до восьми змінних в одному колі [6].

**Орієнтованість на пацієнта:** калейдомани може допомогти пацієнтам точно та вчасно відстежувати свої показники.

## 2.7 Метод Glyph (Гліф)

**Мета:** допомогти пацієнтам краще зрозуміти своє захворювання та відстежувати стан свого здоров'я для хронічних захворювань.

**Опис:** використовує принципи створення «єдиного цілого» для

візуального сприйняття кількох факторів; форма тіла утворює стовпець для розпізнавання та запам'ятовування важливої інформації [7].

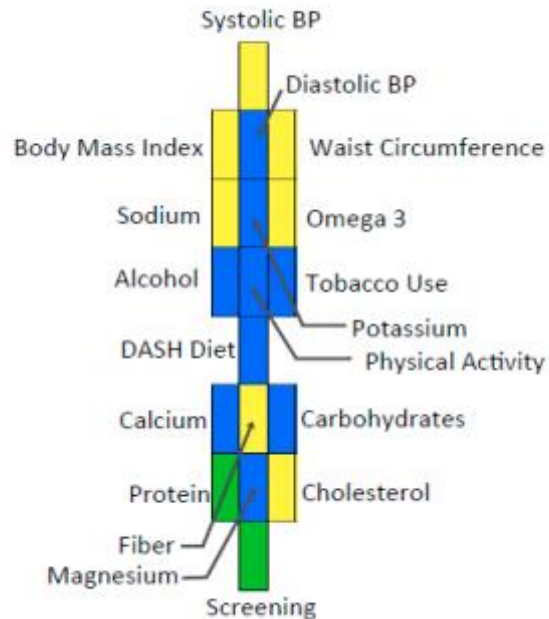


Рисунок 2.7 – Візуалізація методом Glyph

Переваги: допомога пацієнтам дотримуватися дієтичних підходів, щоб зупинити гіпертонію та мати краще розуміння ускладнень артеріальної гіпертензії [7] рис. 2.7.

Орієнтованість на пацієнта: допомога пацієнтам отримати комплексне уявлення про поточний стан здоров'я та допомогти їхньому розумінню важливої інформації щодо проблем зі здоров'ям.

## 2.8 Метод Overlaps and Interconnections (Перекриття та взаємозв'язки)

Мета: представити співвідношення трьох захворювань (хвороба

Альцгеймера, високий кров'яний тиск і хвороби серця), які мають певну ймовірність ускладнення.

Опис: різні кольори та кількість піктограм представляють різні групи, що перекриваються пацієнтами і різними пропорціями захворювань відповідно [8].

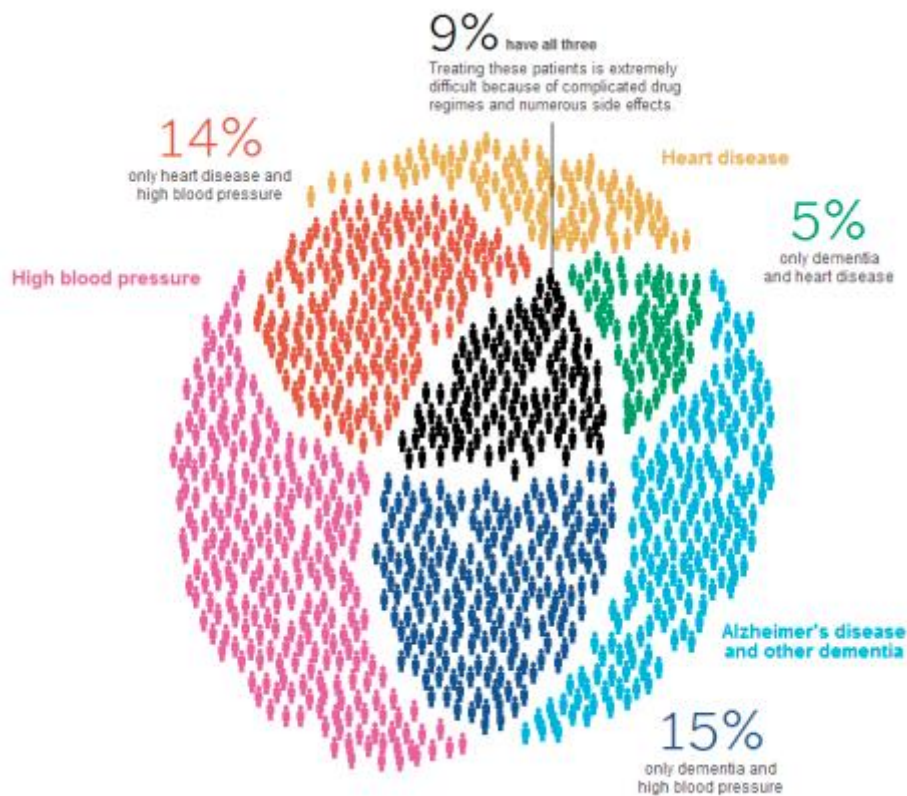


Рисунок 2.8 – Візуалізація методом Overlaps and Interconnections

Переваги: можливість наочно представити індивідуальну частку захворювання та перекриття захворювання відповідно.

Орієнтованість на пацієнта: оскільки кількість пацієнтів, у яких діагностовано один із цих трьох захворювань, очікується, що захворюваність буде постійно зростати, дуже важливо, щоб люди знали про залежність цих захворювань, щоб вони могли провести належні шляхи для їх запобігання [8].

### 3. РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ЛІКАРЕМ І ПАЦІЄНТОМ ІЗ ЗАСОБОМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ

#### 3.1 Вступ та загальна методологія

Для того, щоб впровадити методи ВД у робочий процес системи охорони здоров'я правильно була дотримана методологія вирішення проблем. За допомогою цієї методики ми досліджуємо структуру робочого процесу зустрічі між лікарем і пацієнтом, зосередженим на точках передачі інформації. Потім розробляються методи у зв'язку з цим робочим процесом. Зокрема, методики призначені для розгляду тяжкості захворювання, причин та показників зараження захворюванням, лікування плани та навчання пацієнтів.

Загальна методологія цієї роботи показана на рис. 3.1 та підсумована нижче.

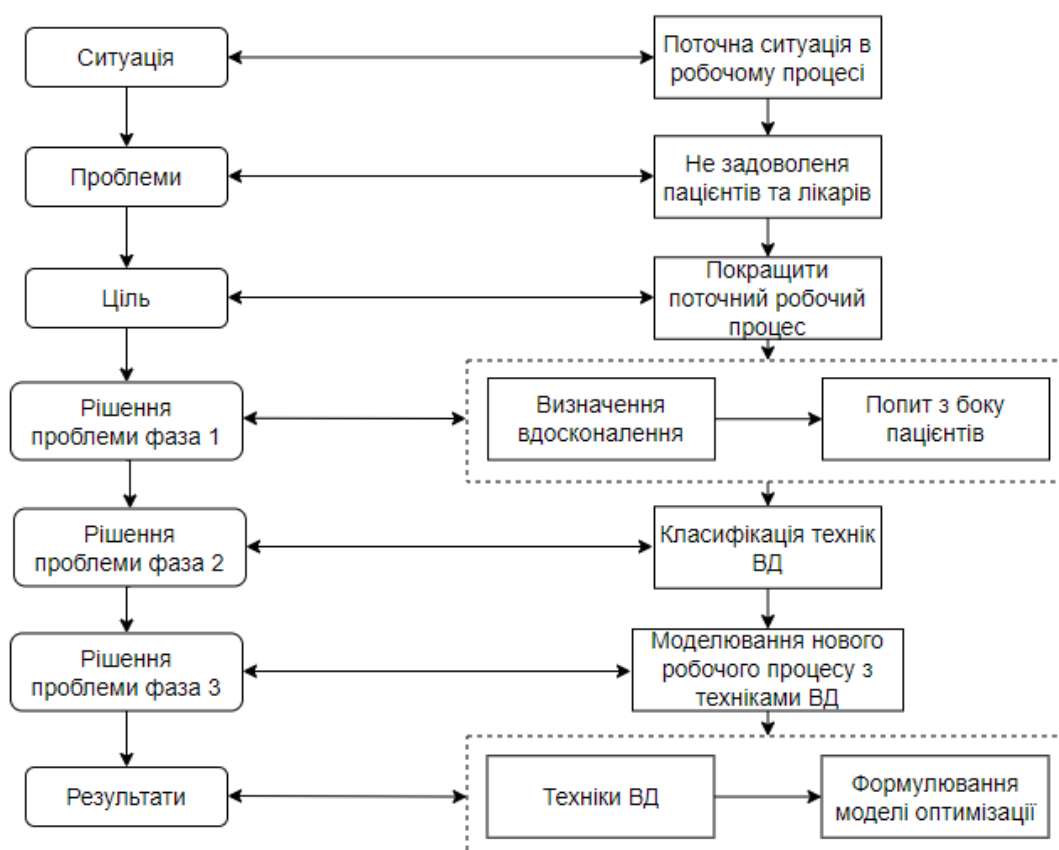


Рисунок 3.1 – Загальна методологія

Виявлено неефективну діяльність у рамках робочого процесу та завдань, які виконують лікарі чи пацієнти. Згідно з дослідженням, проведеним Лі (2010) [9], поточний робочий процес може залучати лікарів із слабким розумінням системних даних, погано інтегрованим інтерфейсом та труднощі в спілкуванні. Наша мета — визначити точки передачі інформації в робочому процесі та використовувати ВД втручання для покращення спілкування лікарів і пацієнтів.

### 3.2 Розв'язування проблеми I етап

Покращення вимагає точного визначення, яке, у свою чергу, вимагає вивчення пацієнтів і вимоги лікарів, їхні занепокоєння та те, що вони хочуть знати. З цієї інформації, детальний робочий порядок може бути розроблений в трьох областях інформації про пацієнтів і лікарів:

- вимоги до знань пацієнтів і лікарів;
- характеристики пацієнти та лікарі;
- можливі рішення для списку проблем.

На основі аналізу огляди літератури та інтерв'ю, проведені дослідниками, докладний перелік проблем представлено в рис. 3.2.

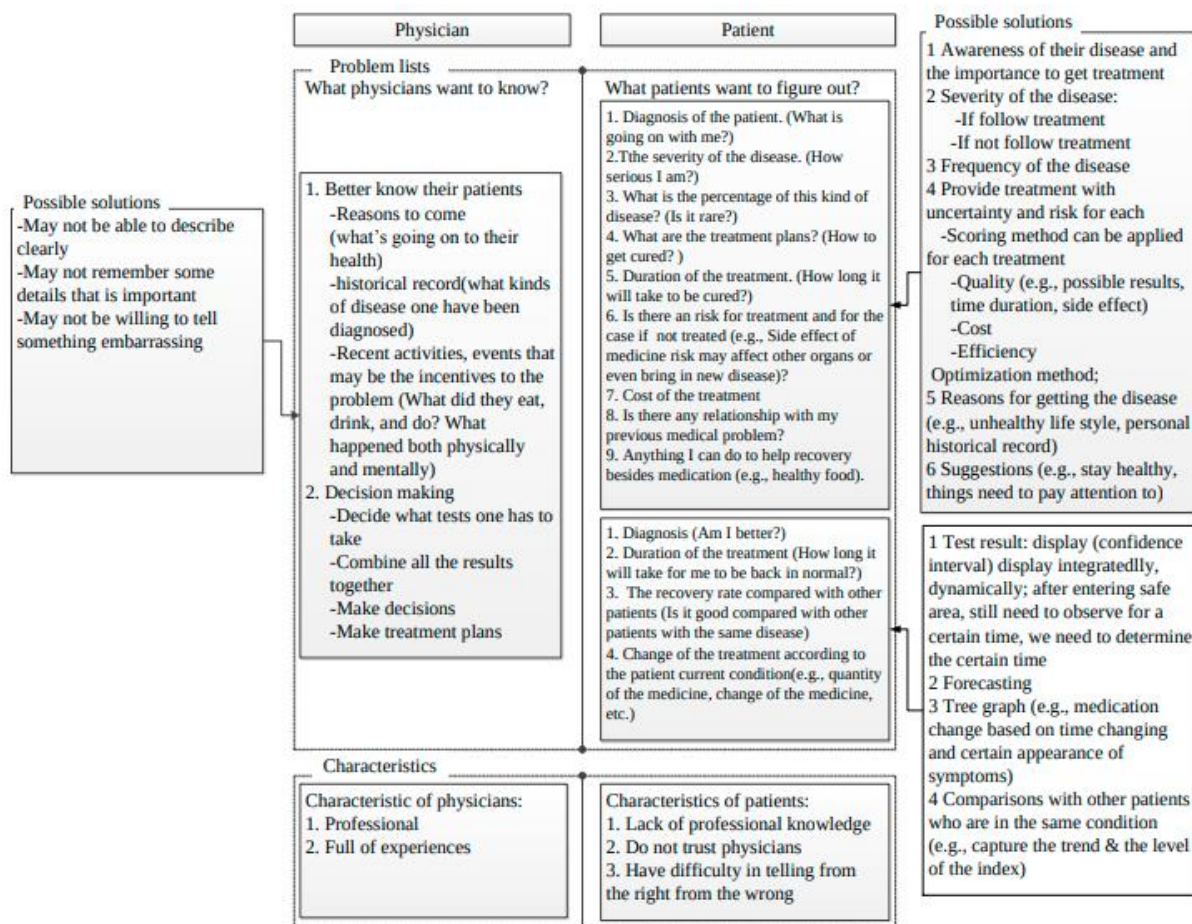


Рисунок 3.2 – Очікування від пацієнтів і лікарів

### 3.3 Розв'язування проблеми II етап

Виходячи з побоювання пацієнтів і лікарів, пропонується ряд методів ВД допомогти відповісти на запитання легко для розуміння, ефективно та точно. в з метою кращого включення методів ВД у практику охорони здоров'я, класифікація та аналіз методів ВД зі статистичної точки зору може бути корисним.

Для кращого включення методів ВД у практику охорони здоров'я, класифікація розроблено аналіз методик ВД зі статистичної точки зору,

зосереджено на відображенні характеристики медичних даних у доступному вигляді. Основна увага приділяється показу охорони здоров'я дані на основі трьох категорій: невизначеність, масштаб і динамічний шаблон.

Невизначеність є однією з основних характеристик медичних даних, від результатів тестів до діагностики та плани лікування. Це також характеристика, яку важко зрозуміти і спілкуватися. Існує два типи невизначеності, один з яких називається оцінкою типу А – стандартна невизначеність (наприклад, стандартне відхилення), а інший, який називається типом В – оцінка стандартної невизначеності (наприклад, досвіду). В медичній сфері, як тип А, так і тип В мають важливі ролі. Враховуючи невизначеність у ВД ми можемо зробити більш точні зображення наборів даних, щоб пацієнти могли краще розуміти дані, і лікарі можуть приймати більш обґрунтовані рішення, не приховуючи невизначеності [10].

Чотири широко використовувані методи візуалізації невизначеності – це традиційні панелі помилок, масштабований розмір гліфів, відображення кольорів на гліфах і колірне відображення невизначеності даних (наприклад, розмиття гліфів і прозорість).

Проблема масштабу виникає, коли діапазон незнаних даних (наприклад, ризик) охоплює дуже від низького до дуже високого. Люди часто відчувають труднощі у сприйнятті значення відстані, коли інтервали настільки великі, і коли немає порівняльної системи відліку [4]. Однак цю проблему можна вирішити, якщо можна створити ряд належних порівняльних даних відображених разом, щоб допомогти пацієнтам усвідомити значення результатів тесту або звіту про діагноз [4]. Джерела масштабу в основному походять із ймовірностей, ризиків та інших типів даних, які мають великі прольоти. Наприклад, кількість лейкоцитів у результатах аналізу крові може відрізнитися від 4500/мл до 10000/мл або навіть до 100 тис./мл, якщо кількість лейкоцитів не відповідає нормальному діапазону.

Були запропоновані деякі методи ВД для відображення проблем масштабу, наприклад шкала ризику, яку також називають візуальною

аналоговою шкалою і шкалою ризику лупи, які були показані та описані в Розділі 2. Ці методи ілюструють незнайомі поняття текст і графіка, покращуючи тим самим здатність людей розуміти весь спектр даних рис. 3.3.

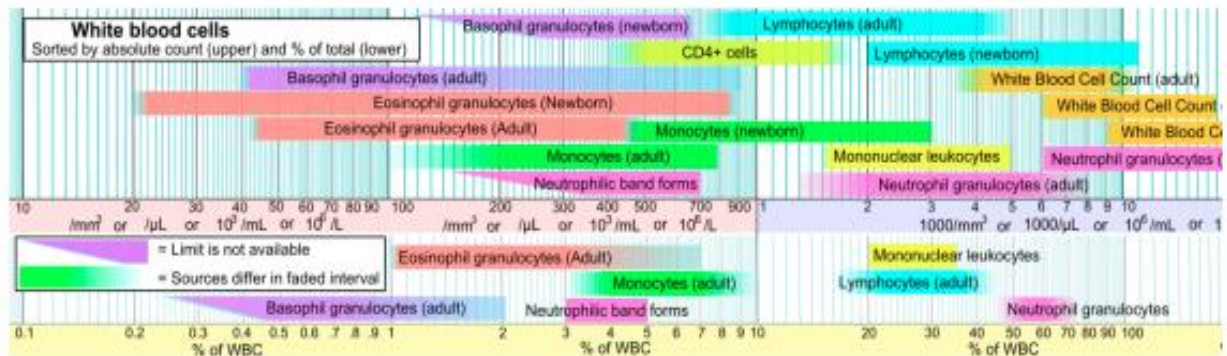


Рисунок 3.3 – Нормальні діапазони білих кров'яних клітин

Медичні дані в охороні здоров'я часто пов'язані з часом і часто динамічно змінюються. Методи візуалізації можуть допомогти фіксувати тенденції, щоб як пацієнти, так і лікарі могли мати уявлення про стан свого здоров'я.

### 3.4 Розв'язування проблеми III етап

Моделювання робочого процесу зустрічі між лікарем і пацієнтом за допомогою методів ВД вимагає відображення рівнів деталізації циклу введення та обробки, як показано на рис. 3.4.

Вхідні дані робочого процесу включають обидва фактори опитування пацієнта (тобто пацієнта симптоми, історія хвороби, емоції) та фізичне обстеження, а також отримання подальшої діагностичної оцінки (тобто лабораторні дослідження, дослідження зображень, діагностичні процедури).

Цикл лікування починається з призначення діагностичного обстеження.

Наступний крок у циклі «Діагноз І» етап, на якому лікарям необхідно об'єднати та синтезувати вхідні дані пацієнтів, діагностичне тестування та їхній клінічний досвід для правильної діагностики стану. Етап «Діагностика ІІ» передбачає спілкування лікарів і пацієнтів для виконання роботи порядок та інформування пацієнта щодо стану. Після діагностики етап «Лікування І» зосереджується на співпраці лікаря і пацієнта розробити відповідний план лікування. «Лікування ІІ» етапу зосереджено на прийомі ліків і терапевтичні потреби пацієнта. Виходячи з вимог пацієнтів і лікарів, представлених на етапі І вирішення проблеми, а набір можливих рішень відображається відповідно до етапів робочого процесу. Як ми можемо дивитися на рис. 3.4, існує п'ять етапів, на яких можна втрутитися в методи ВД, щоб відповідати вимоги пацієнтів і лікарів.

Для кожного етапу необхідно виконати п'ять наступних кроків:

- 1) визначте цілі цього етапу;
- 2) як досягти мети за допомогою ВД;
- 3) інтеграція та вдосконалення;
- 4) відображення;
- 5) порівняння з попередніми методиками.

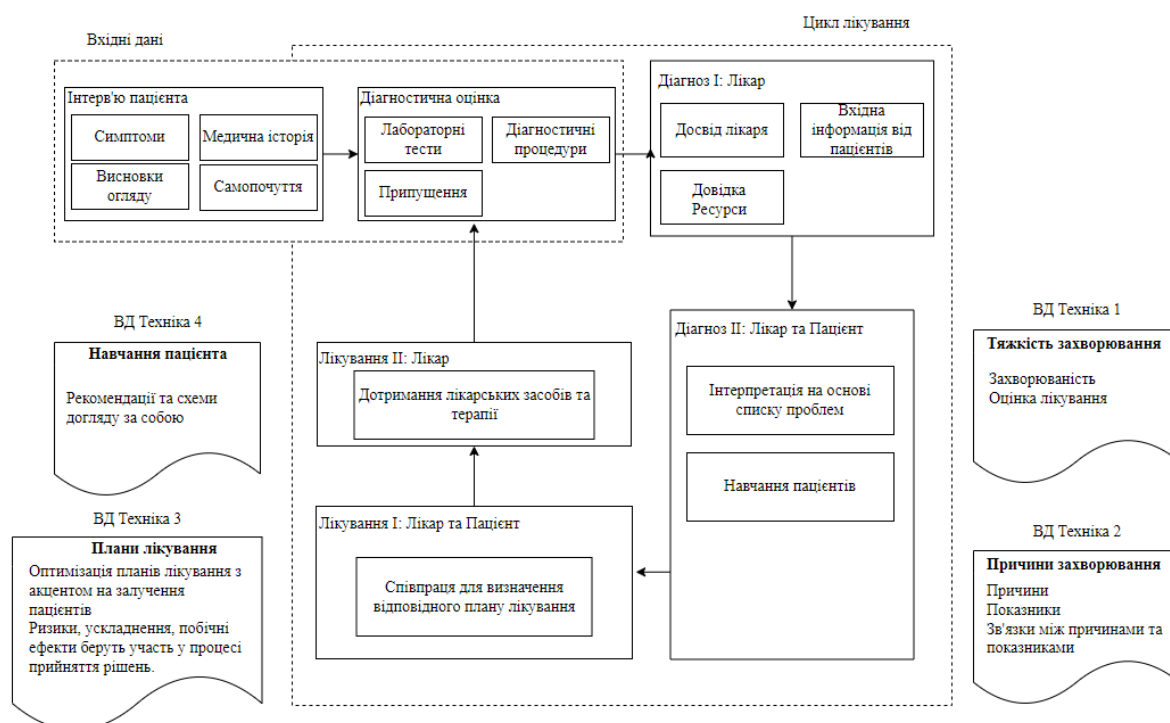


Рисунок 3.4 – Робочий процес надання медичної допомоги

### 3.4.1 Відображення даних Техніка 1. Тяжкість захворювання

Пацієнтам важко зрозуміти тяжкість свого захворювання через обмеженість медичної грамотності та неефективного спілкування зі своїми лікарями. Ця складність може виникнути у недооцінці чи переоцінці тяжкості захворювання. Наприклад, пацієнти можуть відчувати неспокій або боязнь незвичайної хвороби, яка насправді може бути виліковною та/або не дуже серйозною. З іншого боку, якщо пацієнти знають, що є інші з такою ж хворобою, вони можуть відчувати полегшення незалежно від тяжкості самого захворювання. Точна інформація про тяжкість захворювання може допомогти пацієнтам об'єктивно і правильно зрозуміти своє захворювання.

Згідно з дослідженням, проведеним Анкером (2006) [4], пацієнти краще розуміють у відсотках, коли дані відображаються з використанням дискретних

значень. Тому така конструктивна особливість є введеною, щоб представити відсоток пацієнтів, уражених хворобою, та результати захворювання при належному лікуванні.

Відображення на рис. 3.5 наочно представляє інформацію від частини до цілого, щодо захворюваності та швидкості лікування, що дозволяє пацієнтам мати більш інтуїтивне розуміння захворювання і тяжкість захворювання. Ця візуалізація може допомогти пацієнтам побачити свій статус захворювання більш об'єктивно і тим самим сприяти комунікації між лікарями і пацієнтами. Порівняння між новим відображенням і поточним представлено на табл. 3.1

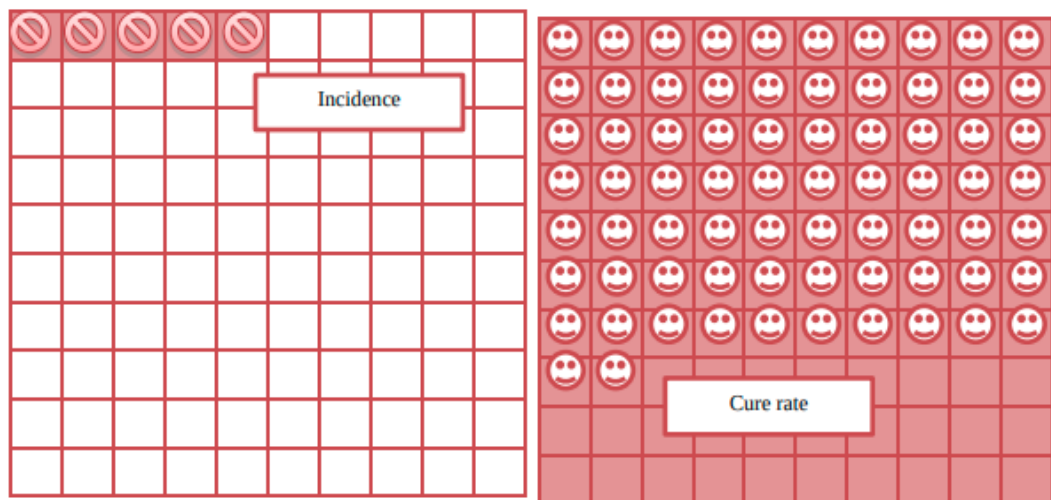


Рисунок 3.5 – Відображення тяжкості захворювання

Таблиця 3.1 – Порівняння відображення тяжкості захворювання

Зміст відображення	Типовий підхід	Відображення даних	Переваги
Процент пацієнтів із захворюваннями	Числові показники, проценти	Відсоток у графіках.	Легко сприймати

Кінець таблиці 3.1

		Тяжкість (рідкісна, середня, поширена)	
Можливі наслідки	Числові показники	Оцінка лікування, якщо воно застосовано	Більш інтуїтивне

#### 3.4.2 Відображення даних Техніка 2. Причини виникнення захворювання

В даний час лікарі можуть прагнути пояснити хворобу технічним способом або можуть уникнути дискусії, коли вони вважають, що їхні пацієнти не можуть зрозуміти технічні терміни. Умови захворювання важко зрозуміти пацієнтам, коли назва захворювання незнайома їм. Щоб вирішити цю проблему, назву хвороби фактично можна змінити або доповнити за індикаторами захворювання з подальшою серією можливих механізмів захворювання для кожного індикатора. Таким чином, ми перетворюємо безглузду термінологію в ряд зрозумілих і сприйнятних атрибутів, а також відповідні механізми захворювання, які створюють стосунки між тим, що спостерігають пацієнти, і справжньою природою захворювання. Відносини відображаються на рис. 3.7.

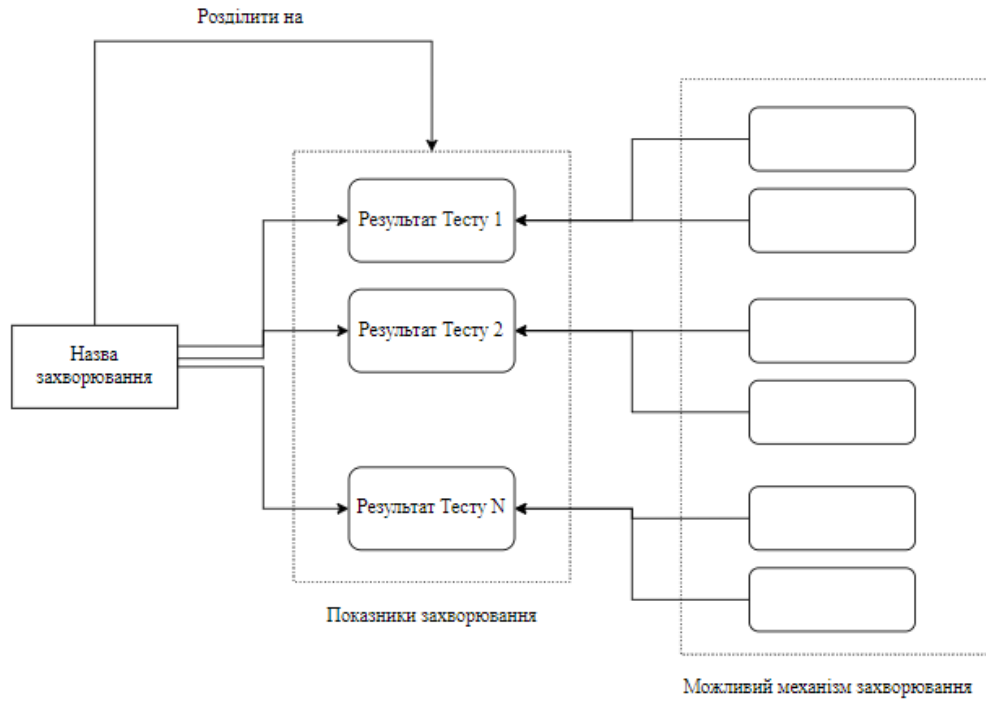


Рисунок 3.7 – Причини захворювання

На рис. 3.8 нове відображення показує інтегровану версію індикаторів захворювання з тесту та результати з їх порівняльними значеннями та рівнями. Крім того, відображено від причин до показників, щоб допомогти пацієнтам краще зрозуміти їх стан.

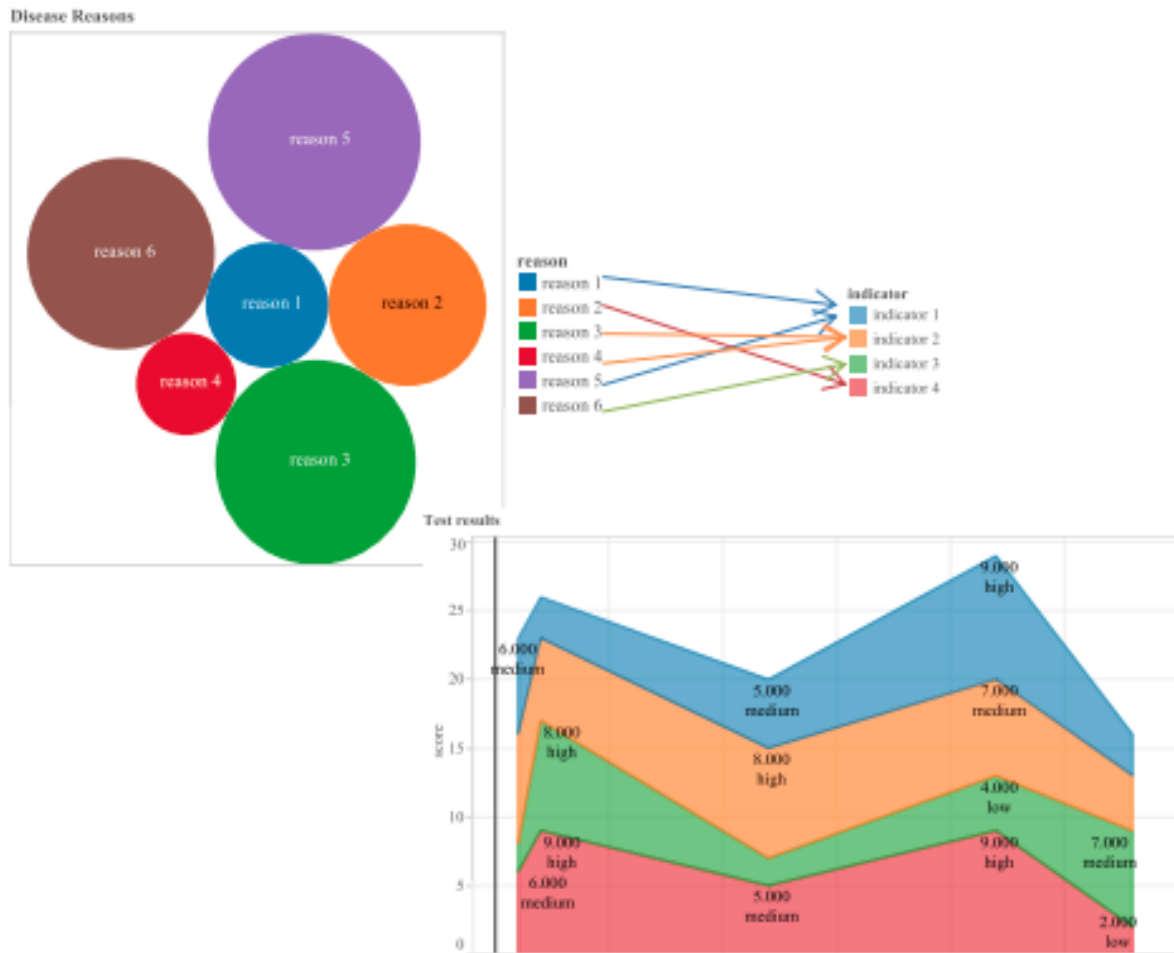


Рисунок 3.8 – Відображення причин захворювання

У новому відображенні на рис. 3.8 верхнє ліве зображення показує причини отримання певного захворювання, з різними розмірами, що представляють різні кореляції; зображення в нижньому правому куті показує зміну чотирьох показників з часом. Відповідний рівень для кожного показника і тенденцію індикатора можна легко помітити. Порівняння між новим відображенням і поточним представлено на табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння причин

Зміст	Типовий підхід	Відображення	Переваги
-------	----------------	--------------	----------

Кінець таблиці 3.2

відображення		даних	
Причини отримати захворювання	Офіційне визначення захворювання Текстова інформація про захворювання	Відобразити кореляції та рівні причин та показників, використовуючи різні кольори та розміри; Показувати взаємозв'язки між ознаками захворювання та причинами	Спростити інформацію в інтегрованому вигляді.

### 3.4.3 Відображення даних Техніка 3. плани лікування

Плани лікування часто забезпечуються письмовими описами та числовими результатами, за допомогою яких пацієнтам важко порівнювати інформацію та приймати зважені рішення. Ця проблема може бути вирішена з використанням кількісних та якісних методів для спрощення та уточнення плану лікування як показано на малюнку 3.10.

Метод оцінювання [11] використовується на цьому відображенні для визначення оцінки кожного критерію для кожного плану лікування. Перші два критерії, а саме якість та ефективність, вимагають від лікарів та експертів надання відповідних балів від 1 до 10.

Критерій вартості масштабується для узгодження з двома іншими

критеріями, щоб їх можна було відобразити у тому самому масштабі. Порівняння між новим відображенням і поточним представлено на табл. 3.3.

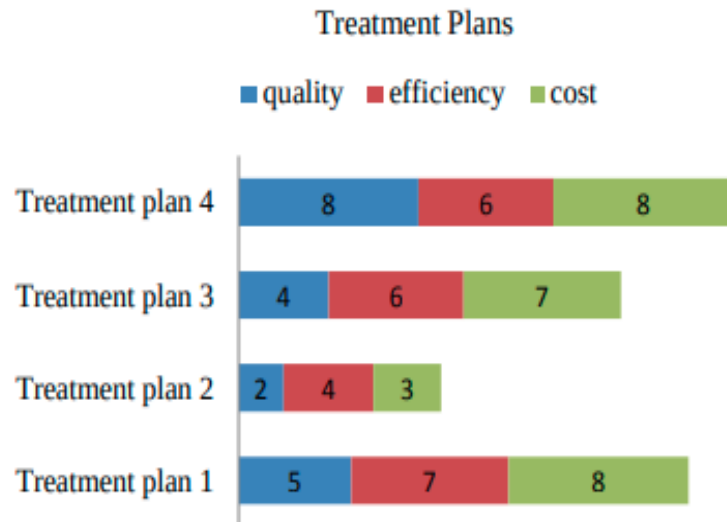


Рисунок 3.10 – Відображення для планів лікування

Таблиця 3.3 – Порівняння для планів лікування

Зміст відображення	Типовий підхід	Відображення даних	Переваги
Три критерії для чотирьох планів лікування	Текстове, письмове пояснення планів лікування	Візуалізована версія якісних і кількісних результатів	Інтегрувати три критерії при прийнятті рішення

#### 3.4.4 Відображення даних Техніка 4. Навчання пацієнтів

Навчання пацієнтів стало більш важливим і популярним із появою

самообслуговування. Режим самоконтролю та самоконтролю прийому ліків можуть бути одними з найскладніших елементів у лікуванні хронічних захворювань [12]. Однак це також дає нам можливості підвищити загальну якість навчання пацієнтів. Для досягнення цієї мети можна застосувати методи ВД, надавши пацієнтам наочні інструменти для визначення стану їх здоров'я, планів лікування та рекомендацій лікарів.

Відображення на малюнку 3.12 може допомогти пацієнтам краще зрозуміти, коли і чому потрібна медична допомога. Гліф зліва може надати пацієнтам корисні відомості про стан їх здоров'я. Зелений, жовтий і синій кольори символізують гарний показник, низький рівень попередження та попередження високого рівня відповідно. Диск праворуч показує час у вигляді циклу, щоб допомогти пацієнтам приймати ліки за розкладом.

Використання гліфа може допомогти підвищити прихильність пацієнтів та краще оцінити вплив прогресу пацієнта між лікуванням [7]. Порівняння між новим відображенням та поточним представлено на табл. 3.4

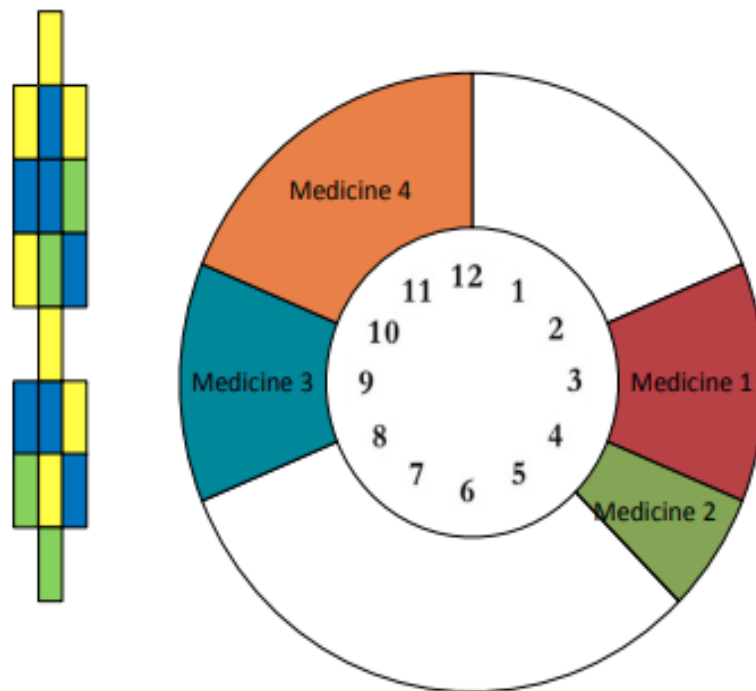


Рисунок 3.12 – Навчання пацієнтів

Таблиця 3.4 – Порівняння навчання пацієнтів

Зміст відображення	Типовий підхід	Відображення даних	Переваги
Ціль	Н/Д	Відображати цільове значення для кожного показника протягом певного періоду часу	Інтегрувати три критерії при прийнятті рішення
Ліки	На основі тексту	Відображати тип і кількість ліків, які пацієнти повинні приймати щодня	Підтримує пацієнтів у прийомі ліків згідно з інструкцією

### 3.5 Формулювання моделі

Загальна мета моделі полягає в тому, щоб використовувати методи ВД для підвищення якості та покращення ефективності та зниження витрат у процесі надання медичної допомоги. Для кожного етапу робочого процесу ми можемо розробити та оцінити серію методів ВД.

Мета – визначити оптимальні методи розташування ВД для всього робочого процесу, як показано на рис 3.14.

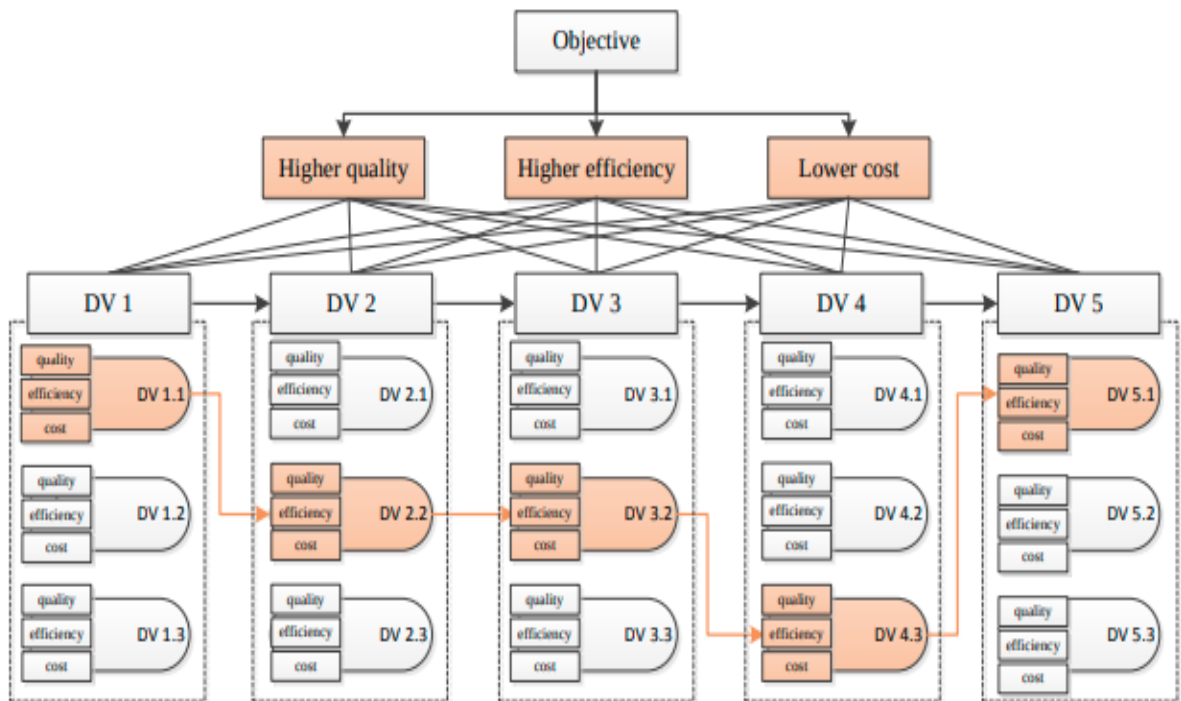


Рисунок 3.14 – Концептуальний приклад

Припущення:

- 1) критерії якості та ефективності будуть оцінюватися балами, отриманими з літератури огляду досліджень користувачів для різних методів ВД;
- 2) критерії вартості будуть вимірюватися за складністю наданих методів досліджень в певних галузях, заснованих на дослідженнях в області;
- 3) для кожного етапу можна вибрати лише одну техніку ВД;
- 4) кожній методиці ВД буде присвоєно бали за якість, вартість та ефективність.

Визначення змінних:

- $x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$  якщо на  $i$  етапі методика  $j$  ВД обрана інакше;
- $c_{ij}$  – вартість для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі;
- $e_{ij}$  – оцінка ефективності для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі;

–  $q_{ij}$  – оцінка якості для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі.

$$i = 1,2,3,4,5; j = 1,2,3$$

Таблиця 3.5 – Таблиця коефіцієнтів

j	i	1	2	3	4	5
1	$c_{ij}$					
	$e_{ij}$					
	$q_{ij}$					
2	$c_{ij}$					
	$e_{ij}$					
	$q_{ij}$					
3	$c_{ij}$					
	$e_{ij}$					
	$q_{ij}$					

Обмеження: Для кожного кроку можна вибрати лише одну техніку ВД:

$$\sum_{j=1}^3 x_{1j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{2j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{3j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{4j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{5j} \leq 1.$$

Мета: Знайти оптимальні комбінації з трьома цілями: якість, ефективність і вартість:

Якість (P1):  $Max \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 q_{ij}x_{ij}$  ;

Ефективність (P2):  $Max \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 e_{ij}x_{ij}$  ;

Ціна (P3):  $Max \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 q_{ij}x_{ij}$  .

Програмування: програмування цілей [13] можна використовувати для визначення ваги трьох цілей:

$$Min P_3 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 c_{ij}x_{ij} - P_1 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 q_{ij}x_{ij} - P_2 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 e_{ij}x_{ij} \quad (3.1)$$

де P1 – якість;

P2 – ефективність;

P3 – ціна.

### 3.6 Моделювання симуляції робочого процесу

У цьому розділі будується імітаційна модель Simio (рис. 3.15) з метою порівняння загальної суми ефективність робочого процесу з використанням і без техніки ВД. Подальший аналіз на основі моделювання результати також представлені в 3.6.2

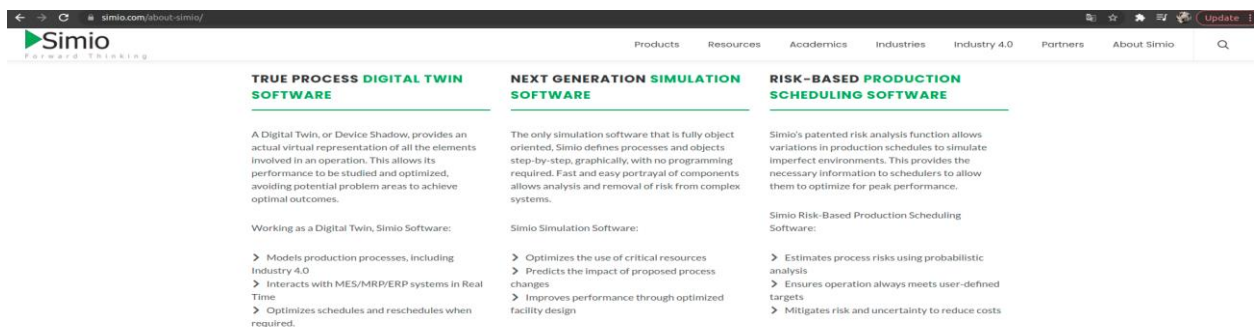


Рисунок 3.15 – Сайт програмного продукту Simio

### 3.6.1 Використання моделі Simio

Після прибуття пацієнта ставляться ряд запитань і записуються, а потім записується діагноз від лікарів. Є ймовірність, що пацієнт знаходиться в певному хворобливому стані. Він може залишити лікарню після консультації з лікарем. Інша ймовірність, що пацієнт потребує додаткового обстеження, щоб визначити його захворювання. У цьому випадку, пацієнт пройде необхідні аналізи, а потім дочекається діагнозу від лікаря. Після чого при другому діагнозі лікар приймає рішення про те, чи може пацієнт залишити лікарню без лікування. Якщо діагноз показує, що пацієнт потребує подальшого лікування, він залишається в лікарні. В іншому випадку пацієнт може залишити лікарню після рекомендації лікаря. Загальний процес можна узагальнити у блок-схемі, як показано на рис. 3.16

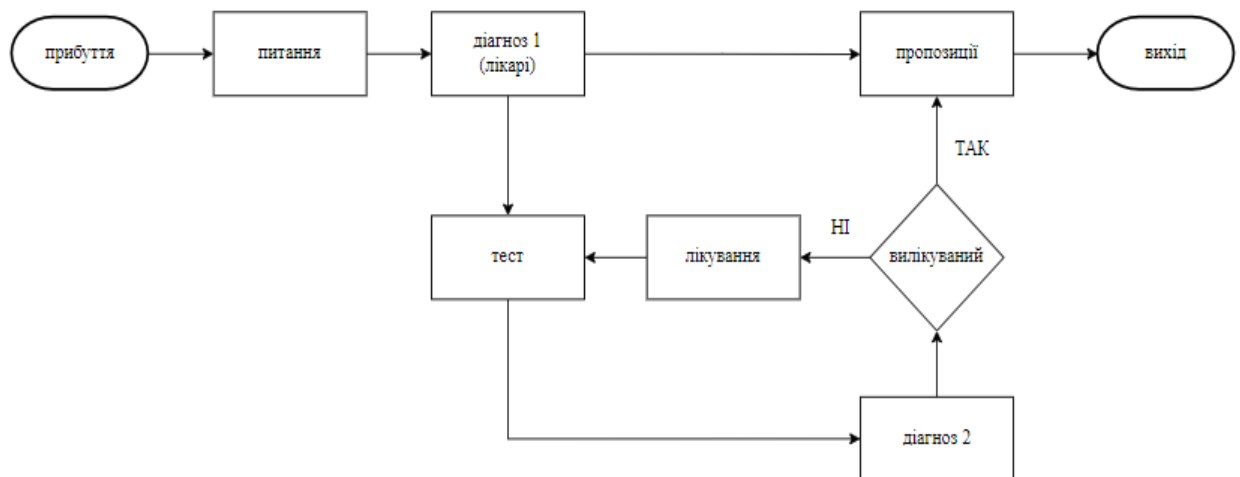


Рисунок 3.16 – Схема логіки моделі

Імітаційна модель відповідає логіці моделі на рис. 3.16. Кожен сервер представляє процес, яке виконується між пацієнтами та лікарями, наприклад запитання, діагноз 1, діагноз 2 і т. д. Прибуття (вхід) і вихід (вихід)

представляють і контролюють кількість пацієнтів, які прибувають і виписуються з лікарні відповідно. Коефіцієнт прибуття встановлюється більше щоб переконатися, що після надходження пацієнта до лікарні у лікаря не буде часу простою. Швидкість прибуття можна побачити в табл. 3.6.

Правила передачі для всіх серверів встановлені як First In First Out (FIFO), тобто пацієнти, які входять на сервер першими, відправляються першими. Правило відправлення може бути змінено на основі конкретних ситуації в сценаріях медичної практики. Наприклад, пацієнтів можна розділити на різні групи відповідно до їх тяжкості (тобто I, II, III, IV і V), що представляють різні пріоритети. Правила диспетчеризації будуть встановлені як найменше значення спочатку відповідно до розподілу пацієнтів відповідно до тяжкості їхнього захворювання, при цьому лікуються найважчі пацієнти поперше. У нашій імітаційній моделі ми спрощуємо випадок, встановлюючи правило проходження як FIFO. Час процесу встановлюється на основі типових значень, знайдених у літературі.

Таблиця 3.6 – Вхідна таблиця

	Час між прибуттям (год.)	Питання (год.)	Діагноз з 1 (год.)	Діагноз 2 (год.)	Тест (год.)	Лікування (год.)	Припущення (год.)
З В Д	Random Exponential (0.1)	Random Exponential (0.1)	Random Uniform (0.1, 0.05)	Random Exponential (0.03)	Random Uniform (0.25, 0.15)	Random Triangular (0.1, 0.2, 0.3)	Random Uniform (0.05, 0.01)

Кінець таблиці 3.6

Б з В Д	Random Exponenti al (0.1)	Random Exponenti al (0.9)	Rando m Unifor m (0.7, 0.05)	Random Exponenti al (0.03)	Rando m Unifor m (0.15, 0.15)	Random Triangul ar (0.1, 0.2, 0.3)	Rando m Unifor m (0.05, 0.01)
------------------	---------------------------------	---------------------------------	--	----------------------------------	--	---	--

Пояснення:

Random Exponential – за допомогою цього методу ми можемо отримати випадкові вибірки з експоненційного розподілу та повертаємо масив випадкових вибірок.

Random Uniform (A, B) – випадкове число з плаваючою точкою,  $A \leq N \leq B$  (або  $B \leq N \leq A$ ).

Random Triangular (low, high, mode) – випадкове число с плаваючою точкою,  $low \leq N \leq high$ . Mode – розподіл.

Сервери з'єднані різними шляхами. Проблему маршрутизації можна відстежувати відповідно до присвоєння ймовірностей шляхам. Наприклад, коли хворий щоб залишити діагноз 1, у нього є два варіанти: діагноз 2 або тест (рис. 3.17). На даний момент двоє шляхи, починаючи з діагноз 1, призначаються дві різні ваги вибору, які керують ймовірність для кожного шляху. Вагові коефіцієнти вибору для шляху 4 та шляху 7 встановлено як 0,4 та 0,6 відповідно.

Моделі Simіо залишаються незмінним як для робочого процесу з втручаннями у ВД, так і без втручань. Показники надходження для двох робочих процесів також встановлені однаковими значеннями, щоб гарантувати, що порівняння проводяться за тим самим стандартом. Єдина

відмінність полягає в часу процесу для кожної задачі, де призначаються різні коефіцієнти для представлення різних ефективностей робочого процесу.

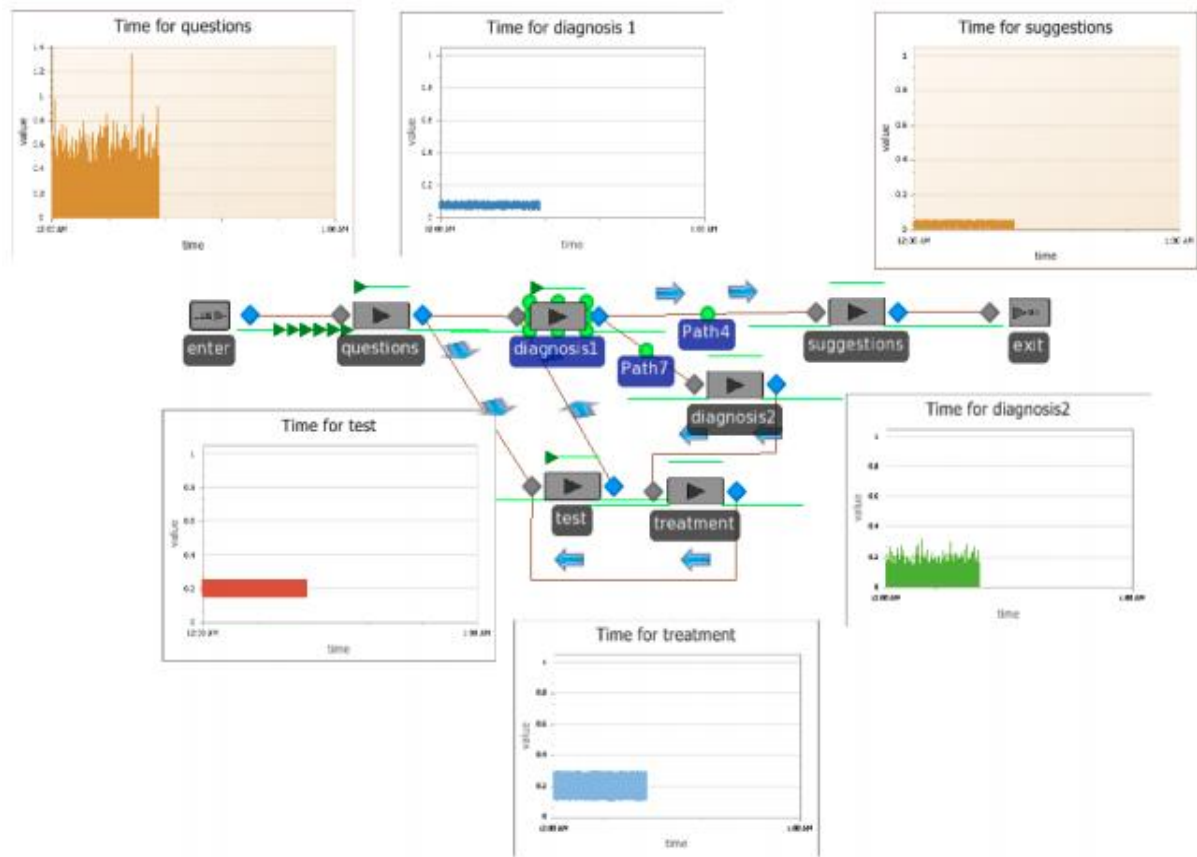


Рисунок 3.17 – Модель Simio

Ми припускаємо, що на початку моделювання в лікарні немає пацієнтів. Максимальне надходження на початку (enter) встановлюється як нескінченність, щоб удостоверитися, що умова зупинки контролюється тривалістю (тобто 10 годин). Сутністів на прибуття встановлено як 1, що вказує, що лише один пацієнт надходить до лікарні за одне прибуття. Початкові ємності для всіх серверів встановлено як 1, що означає, що тільки один пацієнт може лікуватися кожен раз. Вхід і ємності вихідних буферів для всіх серверів встановлені як нескінченність і немає збоїв (тобто відсутній час поломки для будь-яких серверів) під час роботи моделі.

Після виконання імітаційної моделі протягом 10 годин був звіт про результати моделювання згенеровані на рисунках 3.18 і 3.19. Як бачимо із звіту про результати, продуктивність міри моделювання, яка є середнім часом у системі, становить приблизно дві години для із втручаннями ВД приблизно на 10 хвилин менше, ніж робочий процес без ВД. Різниця між результатом моделювання для робочого процесу з ВД і цим без ВД становить 4,85%.

Що стосується окремих завдань у рамках робочого процесу, то це час процесу та рівень використання, вибрано як вимірювання для порівняння двох робочих процесів. За результатами ми бачимо такі завдання, як запитання, тести та лікування, мають вищі показники використання, тоді як такі завдання, як пропозиції, діагностика<sup>1</sup> та діагностика<sup>2</sup> мають відносно нижчі показники використання. Результати мають відповідати реальній ситуації, оскільки перші три завдання є обов'язковими для всіх пацієнтів незалежно від того, якими захворюваннями вони хворіють, або від рівня серйозності захворювання. Однак решта процесів призначаються пацієнтам з урахуванням їх індивідуальних ситуацій.

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	DefaultEntity	[Population]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	2.0610
					Maximum (Hours)	3.4853
					Minimum (Hours)	0.5113
Server	diagnosis1	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	63.3890
			ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	0.1409
					Occurrences	18.0000
					Percent	63.3890
	Total (Hours)	2.5356				
	diagnosis2	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	7.6543
			ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	0.0170
					Occurrences	18.0000
					Percent	7.6543
	Total (Hours)	0.3062				
	questions	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	99.9741
			ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	3.9990
					Occurrences	1.0000
					Percent	99.9741
	Total (Hours)	3.9990				
	suggestions	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	11.0039
			ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	0.0314
					Occurrences	14.0000
Percent					11.0039	
Total (Hours)	0.4402					
test	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	97.7301	
		ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	1.9546	
				Occurrences	2.0000	
				Percent	97.7301	
Total (Hours)	3.9092					
treatment	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	82.0107	
		ResourceState	ProcessingTime	Average (Hours)	0.8201	
				Occurrences	4.0000	
				Percent	82.0107	
Total (Hours)	3.2804					

Рисунок 3.18 – Робочий процес із застосуванням методів візуалізації даних

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	DefaultEntity	[Population]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	2.1599
					Maximum (Hours)	3.1800
					Minimum (Hours)	1.1399
Server	diagnosis1	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	37.4889
					Average (Hours)	0.2499
			ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	6.0000
					Percent	37.4889
					Total (Hours)	1.4996
	diagnosis2	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	7.6998
					Average (Hours)	0.0513
			ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	6.0000
					Percent	7.6998
					Total (Hours)	0.3080
	questions	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	99.9741
					Average (Hours)	3.9990
			ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	1.0000
					Percent	99.9741
					Total (Hours)	3.9990
	suggestions	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	5.5283
					Average (Hours)	0.1106
			ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	2.0000
					Percent	5.5283
					Total (Hours)	0.2211
	test	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	83.6605
					Average (Hours)	1.6732
			ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	2.0000
					Percent	83.6605
Total (Hours)					3.3464	
treatment	[Resource]	Capacity	ScheduledUtiliz...	Percent	66.5228	
				Average (Hours)	0.8870	
		ResourceState	ProcessingTime	Occurrences	3.0000	
				Percent	66.5228	
				Total (Hours)	2.6609	

Рисунок 3.18 – Робочий процес без застосування методів візуалізації даних

### 3.6.2 Висновки до розділу

За результатами, наведеними вище, можна зробити висновок, що робочий процес з ВД має вищу ефективність для пацієнтів і лікарів. Однак під час процесу моделювання результатів для кожного завдання береться лише ефективність робочого процесу. Два інших критерії, якість і вартість, не враховуються в цьому моделюванні. Частково це обмеження пояснюється тим фактом, що модель Simio в основному призначена для моделювання проблем,

пов'язаних з часом, з невеликою кількістю включення інших атрибутів для кожного завдання. Тому результати моделювання можуть лише надати нам уявлення про втручання ВД у робочому процесі.

Для подальшої перевірки робочого процесу потрібні інші методи дослідження для порівняння результатів з такими аспектами, як якість, ефективність та вартість як для пацієнтів, так і для лікарів.

Для критеріїв якості необхідно провести планування експерименту, щоб засвідчити відсоток непорозумінь, загального розуміння хвороби, проміжку часу для концентрації та зміни завдань як для пацієнтів, так і для лікарів.

Для критеріїв ефективності час, витрачений на кожного пацієнта в робочому процесі та кількість пацієнтів, яких лікує кожен лікар, можна розглядати як критерій ефективності. Однак необхідно зробити певні припущення, щоб результат був більш точним. Наприклад, пацієнти з різним ступенем тяжкості лікування матимуть різний час, тому більш доцільно, якщо пацієнти з однаковою тяжкістю порівнюють в одній групі.

Критерії вартості включають вартість впровадження ВД методик, вартість помилок тощо. Для перевірки цього потрібні додаткові експерименти продуктивності, використовуючи дані реального світу.

Згідно з нашим аналізом, брак даних реального світу є одним із обмежень для нашого моделювання. Інше обмеження полягає в тому, що наш предмет є великою і складною системою (тобто системи охорони здоров'я), включаючи декілька критеріїв і різні етапи. Тому для роботи з такими складними системами слід застосовувати методології (наприклад, системну динаміку) кількох відносин. Результати, отримані нами за допомогою Simio, можна використовувати для оцінки ефективності робочого процесу надання медичної допомоги. Крім того, його також можна розглядати як посилення для оцінки ефективності та використовуватися для порівняння з іншими результатами, отриманими іншими методологіями.

## **4. ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАЙКРАЩОГО МЕТОДА ВД**

### **4.1 Узагальнення 4 розділу**

У цьому розділі детально обговорюється застосування методів ВД. На основі складності діагностичного та лікувального циклу, для дослідження відбирається туберкульоз (ТБ). Дещо надається довідкова інформація про туберкульоз, а потім детальний опис робочого процесу для кожного етапу. Для лікування туберкульозу відображено серію індивідуальних втручань ВД, які допомагають спілкуватися між пацієнтами та лікарями. Нарешті, оптимізаційна модель розроблена у главі 3, застосовується для визначення найкращої техніки ВД для кожного етапу.

### **4.2 Довідкова інформація про туберкульоз**

Туберкульоз є другим за поширеністю захворювання, яке спричиняє смерть у всьому світі після ВІЛ/СНІД [14]. За даними Центру контролю та профілактики захворювань (CDC), туберкульоз – це інфекційне захворювання, спричинене мікробами, які поширюються від людини до людини повітря. Зазвичай він вражає легені, але також може вражати інші частини тіла. Щоб допомогти пацієнтам краще зрозуміти це захворювання, вибраний набір індивідуальних запитань про туберкульоз, які розділені на три групи, що охоплюють туберкульоз, діагностику та лікування, показано на рисунку 4.1. Ці питання вирішуються за допомогою методів ВД, представлених у цьому розділі.

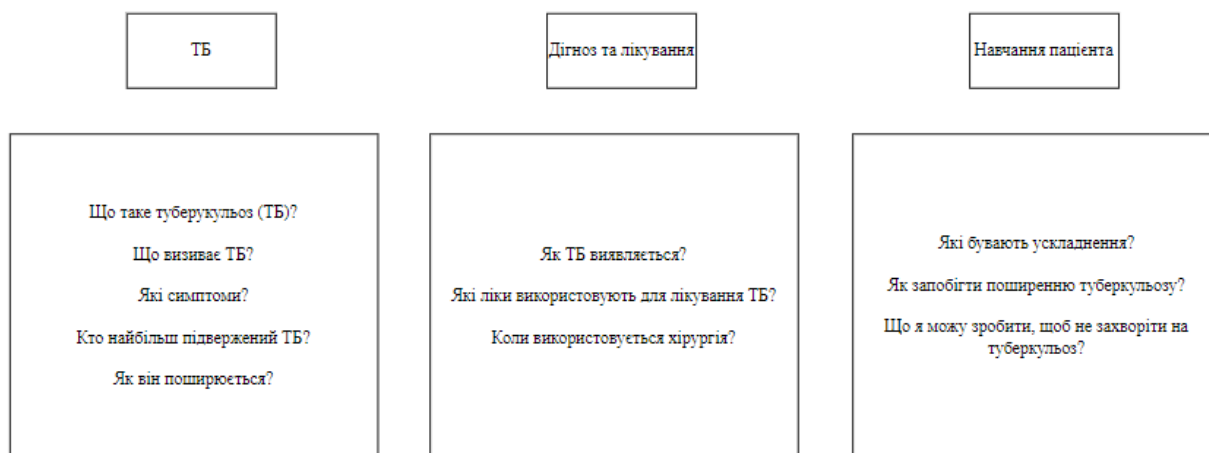


Рисунок 4.1 – Набір запитань про ТБ

За даними, деякі люди мають вищий ризик захворіти на туберкульоз, ніж інші, наприклад, люди похилого віку, немовлята та ті, у кого ослаблена імунна система. Крім того, рівень захворюваності на туберкульоз пов'язаний з навколишнім середовищем та іншими факторами, такими як рівень ВІЛ інфекцій, чисельності безпритульних людей та поява стійких до ліків штамів туберкульозу [14].

#### 4.3 Запитання та тести у випадку захворювання ТБ

На цьому етапі пацієнти та лікарі зустрічаються вперше, тому ми припускаємо, що лікар не має базових знань та інформації про цього пацієнта. Таким чином, для того, щоб приймати зважені рішення, усю необхідну інформацію потрібно отримати від запитань і проведення тестів на основі стану кожного пацієнта.

Спілкування між пацієнтами та лікарями починається зі стандартною анкетною, що включає основну інформацію про пацієнта, історію хвороби та причини звернення до медичного закладу. Також може бути проведений

зовнішній огляд для перевірки деякі фактори. Потім лікар послідовно задає набір більш детальних запитань пацієнту, щоб визначити, яке захворювання може бути у нього. Запитавши стандартні та індивідуальні запитання, лікар матиме список потенційних захворювань, який включає всі можливі захворювання на даному етапі, тому потребує подальших досліджень. У цьому прикладі їх три типи туберкульозу, для визначення яких потрібні різні комбінації тестів (рис. 4.2). Призначаються різні аналізи на основі стану пацієнта та досвіду лікаря.

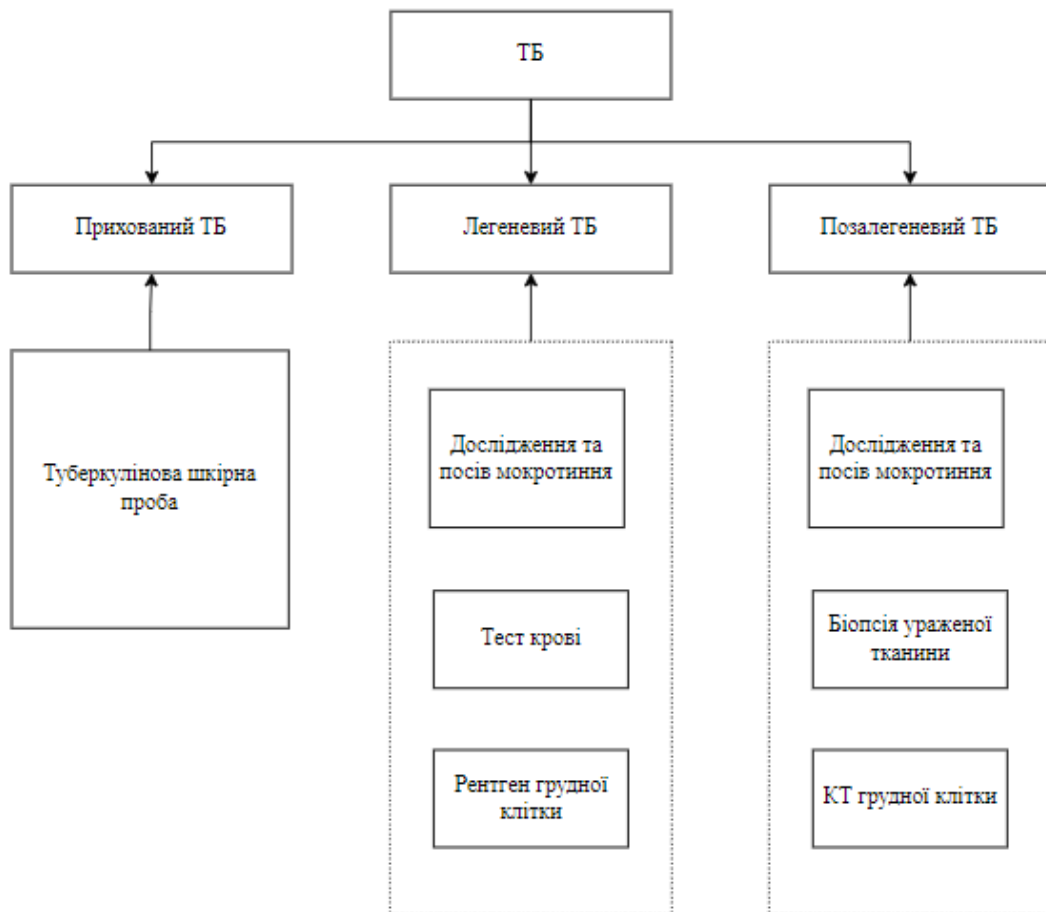


Рисунок 4.2 – Тести на три види туберкульозу

#### 4.4 Діагностика

На етапі діагностики головна мета – підтвердити наявність захворювання. Вся інформація та результати тестів зібрані від попереднього етапу, наприклад, симптоми, ознаки та результати тестів, як показано на рис. 4.3. Лікар узагальнює та синтезує всю корисну інформацію, використовуючи своє професійне знання туберкульозу, а потім приймає остаточне рішення за пацієнтом. Лікар відповідає на всі можливості питання, які можуть хвилювати пацієнтів, щоб допомогти їм краще зрозуміти хворобу та допомогти краще дотримуватися курсу лікування.

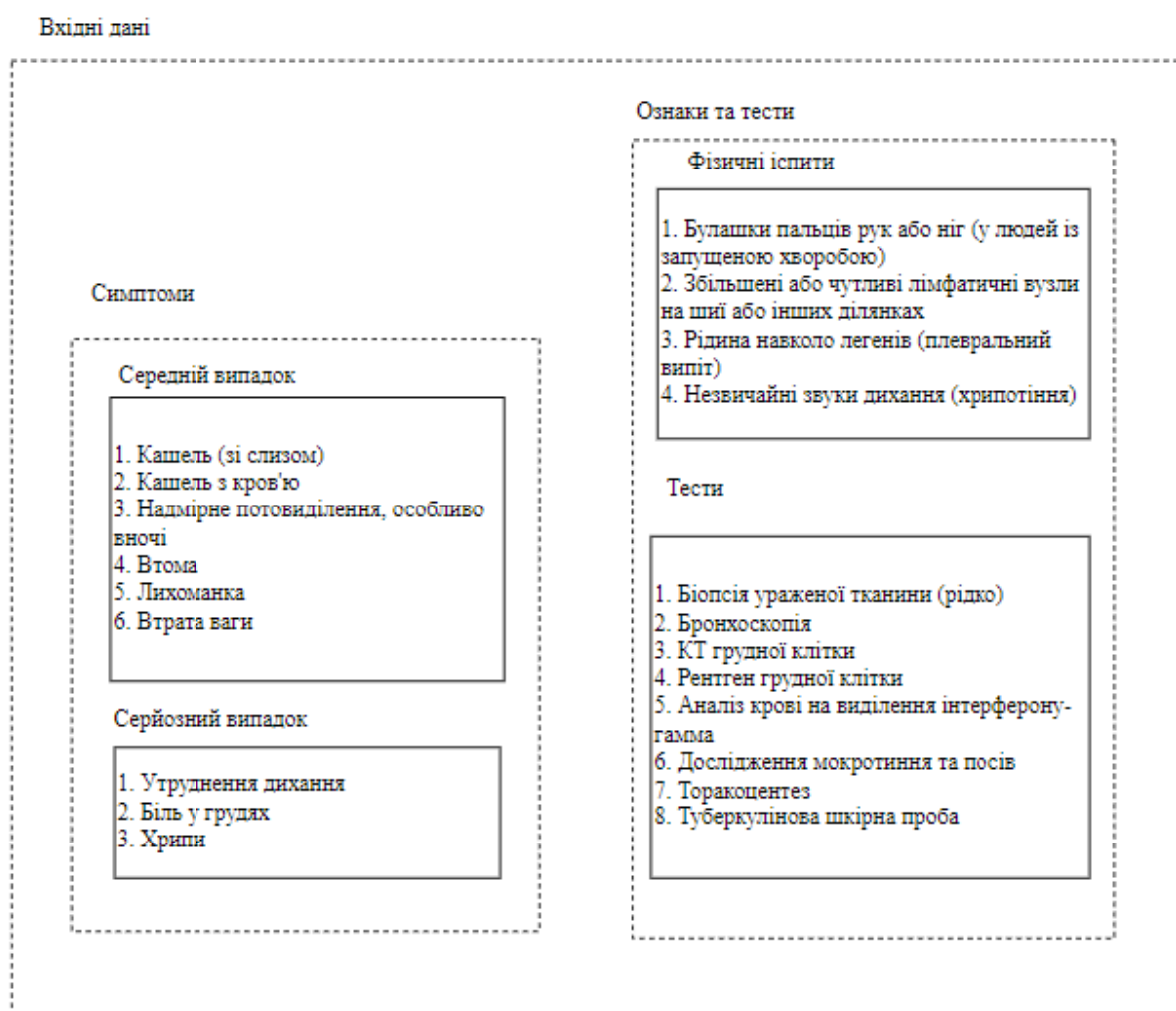


Рисунок 4.3 – Діагностика

## 4.5 Лікування

На цьому етапі головна мета – знайти найкращий план лікування для пацієнта з точки зору якості, часу та вартості. Тому необхідно включити пацієнта в процес прийняття рішення. Одним із аспектів етапу лікування туберкульозу є плани лікування, як правило кожні два тижні відповідно до стану пацієнтів, оскільки деякі ліки можуть викликати побічні ефекти на печінку. Тому ми також повинні включити ці фактори до оцінки планів лікування при прийнятті рішень.

## 4.6 Навчання пацієнтів

На етапі навчання пацієнта головне завдання – передати пацієнтам інформацію, щоб допомогти їм краще розуміти своє захворювання та методики лікування, і таким чином покращують їх стан здоров'я та слідкування за ним. Для пацієнтів, у яких діагностовано туберкульоз, інформація про здоров'я може включати графік прийому ліків, рекомендований спосіб життя та продукти харчування яких слід уникати

## 4.7 Візуалізація даних

Методики ВД, розроблені в розділі 3, використовуються для лікування туберкульозу, щоб підвищити якість лікування, комунікації та процес прийняття рішень між пацієнтами та лікарями. Як видно на рис. 4.4, туберкульоз зазвичай складається з циклу лікування через його унікальні

характеристики (тобто, відносно тривалий термін лікування та інфекційний). Тут представлена техніка ВД для кожного етапу цикл, щоб допомогти пацієнтам і лікарям спілкуватися.

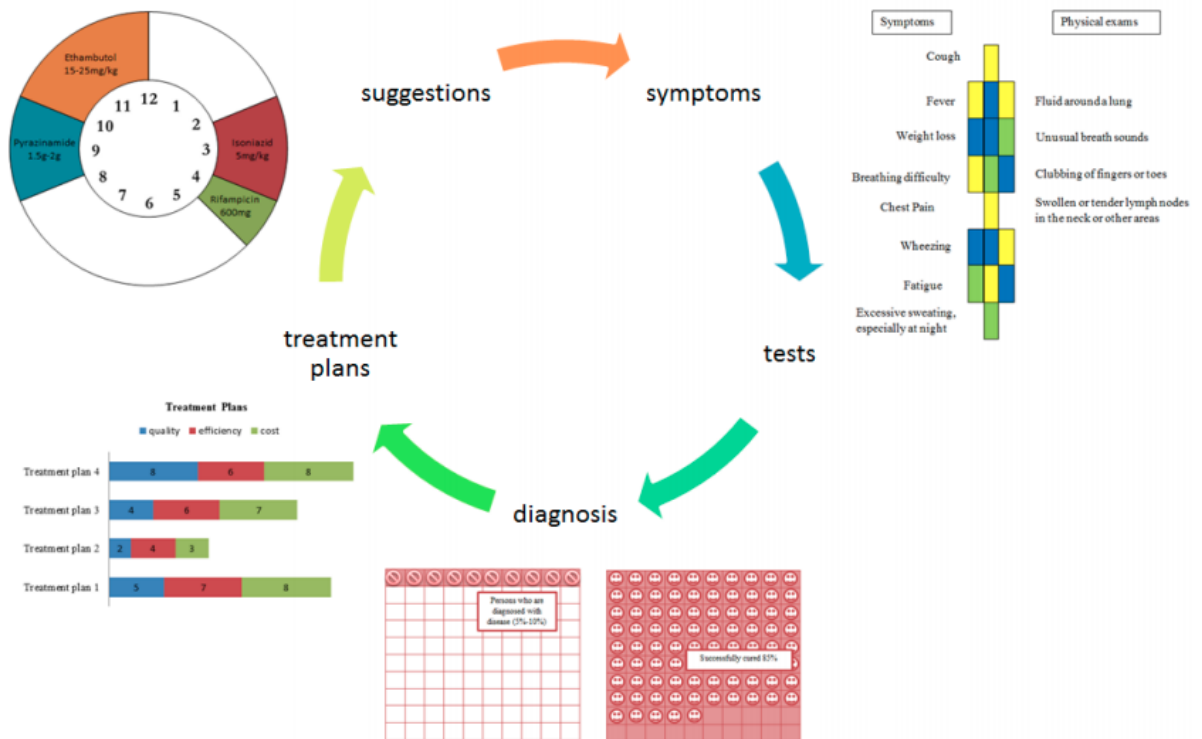


Рисунок 4.4 – Відображення візуалізації даних для туберкульозу

#### 4.8 Оптимізація

Модель оптимізації, розроблена в розділі 3, використовується в цьому прикладі для визначення оптимальної послідовності втручань ВД у робочий процес.

Припущення:

- 1) критерії якості та ефективності будуть оцінюватися за результатами досліджень користувачів;
- 2) критерії вартості будуть вимірюватися складністю методів, які використовуються;
- 3) для кожного етапу можна вибрати лише одну техніку ВД;
- 4) кожній методиці ВД буде присвоєно бали за якість, вартість та ефективність.

Визначення змінних:

- $x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$  якщо на  $i$  етапі методика  $j$  ВД обрана інакше;
- $c_{ij}$  – вартість для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі;
- $e_{ij}$  – оцінка ефективності для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі;
- $q_{ij}$  – оцінка якості для  $j$  методики ВД на  $i$  етапі.

$$i = 1,2,3,4,5; j = 1,2,3$$

Таблиця 4.1 – Таблиця коефіцієнтів

j	i	1	2	3	4	5
1	$c_{ij}$	1	1	1	1	2
	$e_{ij}$	3	2	6	2	8
	$q_{ij}$	5	3	7	8	2
2	$c_{ij}$	3	1	5	1	4
	$e_{ij}$	3	7	8	4	1
	$q_{ij}$	2	8	7	4	2
3	$c_{ij}$	1	5	7	4	2
	$e_{ij}$	2	4	6	4	6
	$q_{ij}$	5	2	7	2	7

Обмеження: Для кожного кроку можна вибрати лише одну техніку ВД:

$$\sum_{j=1}^3 x_{1j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{2j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{3j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{4j} \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{5j} \leq 1.$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ та всі } x_{ij} \text{ є цілими числами для } i = 1,2,3,4,5; j = 1,2,3$$

Мета: Знайти оптимальні комбінації з трьома цілями: якість, ефективність і вартість:

$$\text{Якість (P1): } \text{Max} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 q_{ij} x_{ij};$$

$$\text{Ефективність (P2): } \text{Max} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 e_{ij} x_{ij};$$

$$\text{Ціна (P3): } \text{Max} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 c_{ij} x_{ij}.$$

Програмування: програмування цілей [13] можна використовувати для визначення ваги трьох цілей: якість ( $P_1$ ), ефективність ( $P_2$ ), та ціна ( $P_3$ ): значення, призначені в цьому прикладі є (3, 2, 1) і (1, 5, 7) відповідно.

$$\text{Min } P_3 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 c_{ij} x_{ij} - P_1 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 q_{ij} x_{ij} - P_2 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 e_{ij} x_{ij} \quad (4.1)$$

де  $P_1$  – якість;

$P_2$  – ефективність;

$P_3$  – ціна.

## 4.9 Результати

Отримані результати відображено в таблиці 4.2 і таблиці 4.3. Об'єктивне значення дорівнює 147 і 124 відповідно. Оптимальне рішення виділено в таблиці 4.2 і таблиці 4.3, представляючи вибрані техніки ВД для кожного етапу.

Таблиця 4.2 – Результат оптимізації с  $P=(3,2,1)$ 

	Етап 1	Етап 2	Етап 3	Етап 4	Етап 5
ВД 1	x11	x12	x13	x14	x15
	1	0	1	1	0
ВД 2	x21	x22	x23	x24	x25
	0	1	0	0	0
ВД 3	x31	x32	x33	x34	x35
	0	0	0	0	1
Сума	1	1	1	1	1

Таблиця 4.3 – Результат оптимізації с  $P=(1,5,7)$ 

	Етап 1	Етап 2	Етап 3	Етап 4	Етап 5
ВД 1	x11	x12	x13	x14	x15
	1	0	1	0	1
ВД 2	x21	x22	x23	x24	x25
	0	1	0	1	0
ВД 3	x31	x32	x33	x34	x35
	0	0	0	0	1
Сума	1	1	1	1	1

#### 4.10 Аналіз результатів

Застосування ВД у робочому процесі лікування туберкульозом дає нам приклад того, як ці методи можна застосувати у разі конкретного захворювання. На основі робочого процесу розроблено в розділі 3, інформаційний зміст у лікуванні туберкульозу вивчається та класифікується для кожного етапу робочого процесу, включаючи визначення, ознаки, діагностику та лікування. Зміст інформації про лікування туберкульозу потім відображається за допомогою методів, розроблених у розділі 3.

Усі дані та інформація про туберкульоз взято з літератури та аналізу наявних звітів. Втручання ВД на кожному етапі допомагає інтегрувати, синтезувати, а потім відображати інформацію про туберкульоз у зручній для користувача формі. Замість того, щоб подавати інформацію лише текстом і без виконання будь-якої обробки, ми спочатку обробляємо дані, а потім використовуємо методи ВД для відображення їх для пацієнтів. Оскільки візуалізована інформація є більш зрозумілою і передає головні аспекти на кожному етапі, це скорочує час на передачу інформації та ймовірність непорозуміння під час спілкування пацієнтів і лікарів.

Оскільки ми стурбовані загальною продуктивністю робочого процесу в охороні здоров'я з втручанням ВД, наша мета — знайти глобальне оптимальне рішення в робочому процесі з точки зору якості, ефективності та вартості. Модель оптимізації застосовується до цих трьох критеріїв. Як видно з результатів та виділених коефіцієнтів у таблиці 4.4, методи ВД з вищими коефіцієнтами якості та нижчими коефіцієнтами вартості матимуть вищі шанси бути обраними, що відповідає значенням, розподіленим за цими трьома критеріями. При зміні значення  $P$  для кожного критерію, відповідно зміняться результати. Як показано у таблиці 4.4 та 4.5 вибрані методи ВД для останніх двох етапів відрізняються через різницю у значенні  $P$ , що означає, що значення

Р для кожного критерію визначає вибір техніки ВД на кожному етапі. Тому слід визначити значення Р спільними зусиллями як пацієнтів, так і лікарів з точки зору якості, ефективності та вартості.

Таблиця 4.4 – Таблиця коефіцієнтів з виділеними значеннями для

$P=(3,2,1)$

j	i	1	2	3	4	5
1	$c_{ij}$	1	1	1	1	2
	$e_{ij}$	3	2	6	2	8
	$q_{ij}$	5	3	7	8	2
2	$c_{ij}$	3	1	5	1	4
	$e_{ij}$	3	7	8	4	1
	$q_{ij}$	2	8	7	4	2
3	$c_{ij}$	1	5	7	4	2
	$e_{ij}$	2	4	6	4	6
	$q_{ij}$	5	2	7	2	7

Таблиця 4.5 – Таблиця коефіцієнтів з виділеними значеннями для  $P=(1,5,7)$

j	i	1	2	3	4	5
1	$c_{ij}$	1	1	1	1	2
	$e_{ij}$	3	2	6	2	8
	$q_{ij}$	5	3	7	8	2
2	$c_{ij}$	3	1	5	1	4
	$e_{ij}$	3	7	8	4	1
	$q_{ij}$	2	8	7	4	2

Кінець таблиці 4.5

3	$c_{ij}$	1	5	7	4	2
	$e_{ij}$	2	4	6	4	6
	$q_{ij}$	5	2	7	2	7

У цьому прикладі через недостатню інформацію для виконання втручань у ВД, коефіцієнти для кожного критерію оцінюються за результатами опитувань і експериментів, проведеними іншими дослідниками. Щоб визначити точно, потрібні майбутні дослідження та опитування коефіцієнтів для кожного критерію. Їх можна визначити за допомогою експертів та професіоналів дослідництва у сфері ВД, де методи рейтингування можна було б застосувати як інструмент оцінки [11]. Інші методи оцінки також можуть бути застосовані для перевірки продуктивності втручання ВД у робочий процес проти туберкульозу.

Незважаючи на ці обмеження, модель оптимізації, представлена тут, дає уявлення про вплив ВД на робочий процес зустрічі між лікарем і пацієнтом.

## ВИСНОВКИ

Широкий діапазон типів, структур та використання даних у системі охорони здоров'я вимагає нових підходи до вдосконалення системи відображення даних. В той же час підходи до ВД розвивалися так швидко за останні десятиліття, що вони мають місце бути в різноманітних програмах у сфері охорони здоров'я та за його межами. З цими викликами і можливостями, ми бачимо можливості поєднання ВД підходів зі структурами робочого процесу в системі охорони здоров'я для досягнення мети підвищення загальної якості та ефективності робочого процесу. Зокрема, у цьому дослідженні ми були стурбовані загальною продуктивністю робочого процесу зустрічі між лікарем і пацієнтом, який може включати втручання ВД.

Відповідно, ВД методи були спрямовані та розроблені на кожному етапі для інтеграції та відображення інформації про певний стан захворювання, орієнтовано на пацієнта. Замість того, щоб представити інформацію в більш об'ємному текстовому або технічному форматі, ми пропонуємо обробити дані та інформацію, а потім за допомогою вибраних методів ВД відобразити ці дані для пацієнтів. Оскільки візуалізована інформація краще передає головне на кожному етапі, це повинно значно знизити ймовірність непорозумінь у спілкуванні між лікарями та пацієнтами.

Починаючи з очікувань пацієнтів і лікарів, ми спочатку досліджували питання, які можуть зацікавити пацієнтів, коли вони прийдуть до лікарні, а потім можливі набір рішень для кожного питання, яке застосовували методи ВД. Робочий процес був розроблений від етапу введення пацієнта до етапу циклу лікування, враховуючи кожен крок у процесі прийняття рішення. Потім були детально описані методи ВД, про характеристики, функції та переваги, з акцентом на конкретне відображення і те, як він міг би допомогти пацієнтам і лікарям краще спілкуватися. На основі цього дослідження було

сформульовано оптимізаційну модель робочого процесу, фокусуючи увагу на визначенні однієї техніки ВД для кожного етапу, щоб досягти загальної мети оптимізації. Трьом (якість, ефективність та вартість) критеріям можна присвоїти різну вагу залежно від стану пацієнтів, наголошуючи на концепції медичної допомоги, орієнтованої на пацієнта. За допомогою імітаційного аналізу в Simio, ми отримали уявлення про продуктивність робочого процесу з втручанням і без втручання ВД. Результати показали, що робочий процес з втручанням ВД має відносно менший час обробки.

Було представлено приклад із захворювання на туберкульоз, щоб показати, як ця методологія може бути реалізованою. Не дивно, що результати показали, що призначення різних значень для трьох критеріїв змінює оптимальне рішення. Проте ми отримали уявлення про те, яка подальша робота потрібна для оцінки та перевірки продуктивності нового робочого процесу.

## ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення магістерської атестаційної роботи за спеціальністю 8.05010101 – Інформаційні управляючі системи та технології. Освітньо - кваліфікаційний рівень – магістр / Упоряд.: Левикін В.М., Міхнов Д.К., Саєнко В.І., Євланов М.В., Міхнова А.В., Керносов М.А. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с.
2. Dzemyda, G., Kurasova, O., & Žilinskas, J., 2013, *Multidimensional Data Visualization: Methods and Applications*, Springer, New York.
3. Ward, M., Grinstein, G., & Keim, D., 2010, “Interactive data visualization: foundations, techniques, and applications,” AK Peters, Ltd., Natick.
4. Ancker, J. S., Senathirajah, Y., Kukafka, R., & Starren, J. B., 2006, “Design features of graphs in health risk communication: a systematic review,” *Journal of the American Medical Informatics Association* 13(6): 608-618.
5. Zheng, K., Haftel, H. M., Hirschl, R. B., O'Reilly, M., & Hanauer, D. A., 2010, “Quantifying the impact of health IT implementations on clinical workflow: a new methodological perspective,” *Journal of the American Medical Informatics Association*, 17(4): 454-461.
6. Aigner, W., 2011, *Visualization of time-oriented data*, Springer, London
7. Kang, H., Pfeifer, G., Nembhard, H. B., Reddy, M., & Kraschnewsky, J., 2010, “Data visualization tools for primary care visits,” *Center for Health Organization Transformation*.
8. Fairfield H. & Bloch M., 2013, “For the Elderly, Diseases That Overlap,” *The New York Times*, Available at: [http://www.nytimes.com/interactive/2013/04/16/science/disease-overlap-inelderly.html?hp&\\_r=1&](http://www.nytimes.com/interactive/2013/04/16/science/disease-overlap-inelderly.html?hp&_r=1&) ( дата звернення 15.11.2021 р).
9. Lee, Y., Jana, S., Mylavarapu, T., Dinakarpanthian, D., & Owens, D., 2012, “MindFlow: Intelligent Workflow for Clinical Trials in Mental Healthcare,”

- System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on (pp.2779-2788), IEEE.
10. Skeels, M., Lee, B., Smith, G., & Robertson, G. G., 2010, "Revealing uncertainty for information visualization," *Information Visualization*, 9(1): 70-81.
  11. Ravindran, A. R., 2008, *Operations research and management science handbook*, CRC Press.
  12. Fonseca, V. A., Pendergrass, M., & McDuffie, R. H., 2009, *Diabetes in clinical practice*, Springer, London
  13. Dylan, J. & Mehrdad, T., 2010, *Practical Goal Programming*, Springer.
  14. Frieden, T. R., Sterling, T. R., Munsiff, S. S., Watt, C. J., Dye, C., 2003, "Tuberculosis," *The Lancet*, 362: 887-99.