

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

на тему «Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів
із серцево-судинними захворюваннями»

КвРКІП. 170136.21.06.19 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІ2м-21-1

Керівник к.т.н., доц.
Науковий ступінь, вчене звання

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КІПС, д.т.н., проф.
Т.О. Говорушенко

10 05 2023 р.


Підпис

Гришук І.І.
Ініціали, прізвище


Підпис

Медзатий Д.М.
Ініціали, прізвище

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 01 ” 09 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Грищуку Іллі Ігоровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Керівник проекту (роботи) Медзатий Д.М., к.т.н., доц.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 09.01.2023 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.05.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз відомих методів та рішень для моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями





Моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Правила і метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево судинними захворюваннями

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Прим
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики ДРМ з керівником	05.09.2022	ВИКОН
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	05.10.2022	ВИКОН
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі	05.11.2022	ВИКОН
4	Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі	05.12.2022	ВИКОН
5	Робота над науковою статтею	05.01.2023	ВИКОН
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	15.02.2023	ВИКОН
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	05.04.2023	ВИКОН
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	15.04.2023	ВИКОН
9	Попередній захист ДРМ	18.04.2023	ВИКОН
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 10.05.2023	

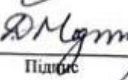
Студент


Підпис

І.І. Гришук

Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Д.М. Медзатий

Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра: мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Автор роботи: Студент групи КІ2М-21-1, Грищук Ілля Ігорович

Керівник роботи: к.т.н., доц. Медзатий Д.М.

Пояснювальна записка: 114 с., 22 рис., 14 табл., 2 дод., 81 джерел.

МОБІЛЬНА. КІБЕРФІЗИЧНА. СИСТЕМА. МОНІТОРИНГ. ЗДОРОВ'Я. СЕРЦЕВО-СУДИННІ. ЗАХВОРЮВАННЯ.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Предметом дослідження є метод та кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є забезпечення автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями для постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи оцінки і обробки сигналів, які можливо отримати за допомогою датчиків пацієнта, а також правила та метод обробки отриманих даних, на основі яких створюється висновок стосовно стану здоров'я пацієнта, та приймаються подальші дії, такі як дзвінок сімейному лікарю та/або одному з родичів, зазначених у системі раніше.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) набув подальшого розвитку метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача;

2) набула подальшого розвитку архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та щоп'ятихвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка може бути реалізованою у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників (датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, тощо).

Практична значущість отриманих результатів полягає у отриманні розроблюваної пропонованої мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка буде реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників. Для даної системи задумано наступний принцип роботи: якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які спрацювали. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача, таких як ПІП та показники датчиків з системи, та геолокація пацієнта на телефон сімейного лікаря та/або члена родини.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	6
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	10
1.1 Загальні поняття про системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями	10
1.2 Способи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ	11
1.2.1 Локальні системи моніторингу ССЗ.....	12
1.2.2 Віддалені системи моніторингу ССЗ	14
1.2.3 Параметри моніторингу ССЗ	15
1.3 Найновіші розробки у сфері моніторингу ССЗ	17
1.3.1 Система моніторингу серцево-судинних захворювань на основі Інтернету речей	18
1.3.2 Система моніторингу серцево-судинних захворювань у тварин.....	23
1.4 Висновки. Постановка задачі. Очікувані результати.	24
2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	26
2.1 Мета моделювання системи	26
2.2 Аналіз поставленого завдання	26
2.3 Структура системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево- судинними захворюваннями	27
2.4 Схема моделі моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево- судинними захворюваннями	28

2.5 Особливості моделювання системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями	29
2.6 Можливі проблеми системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями	30
2.7 Дослідження факторів виникнення проблем у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями	31
2.8 Моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями	37
2.9 Висновки.....	39
3 ПРАВИЛА І МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	40
3.1 Правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями	40
3.1.1 Правила обробки інформації системою	40
3.1.2. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика артеріального тиску	43
3.1.3. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика температури тіла	48
3.1.4. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика сатурації кисню в крові.....	51
3.1.5. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика частоти серцебиття	53
3.2 Методи моніторингу системи.....	57
3.2.1 Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями	57
3.2.2 Метод обробки і отримання інформації стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями	58

3.3 Висновки.....	63
4 МОБІЛЬНА КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	64
4.1 Вибір типу архітектури проектування розроблюваної системи	64
4.2 Приклади функціонування і експерименти мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями ..	66
4.3 Розробка програмного засобу для мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями ..	67
4.3.1 Розробка архітектури програмного засобу системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ.....	69
4.3.2 Інтерфейс системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево- судинними захворюваннями	77
4.3.3 Опис основних функцій системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями	83
4.4 Висновки.....	86
ВИСНОВКИ	88
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	91
ДОДАТОК А Копія публікації	100
ДОДАТОК Б Презентація до пояснювальної записки.....	104

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ССЗ – серцево-судинні захворювання

СР – серцевий ритм

АТ – артеріальний тиск

РСКК – рівень сатурації кисню в крові

ЧС – частота серцебиття

ЧСС – частота серцевих скорочень

ІР – інтернет речей

ІоТ – internet of things (інтернет речей)

ІІ – штучний інтелект

АІ – artificial intelligence (штучний інтелект)

HR – hear rate (частота серцевих скорочень)

BOS - blood oxygen saturation (насиченість крові киснем)

ПЗ – програмне забезпечення

ВСТУП

Сучасний світ важко уявити без технологій, вони проникають в кожен сферу нашого життя, а з кожним роком стаються усе більше нових відкриттів, та постійно відбувається покращення існуючих засобів. Сфера медицини давно тісно пов'язана з розвитком технологій, адже завдяки різноманітним цифровим системам – медикам значно простіше та швидше вдається ставити правильний діагноз, проводити моніторинг здоров'я пацієнта, та виконувати лікування. Дана магістерська робота присвячена використанню сучасних технологій в медицині, а саме мобільній кіберфізичній системі моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Метою дослідження роботи є забезпечення автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями для постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Предмет дослідження становить метод та кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) набув подальшого розвитку метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача;

2) набула подальшого розвитку архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та щоп'ятихвилин формує множини показників стану здоров'я

користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка може бути реалізованою у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників (датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, датчиків для вимірювання артеріального тиску, тощо).

Актуальність теми даної роботи полягає у необхідності детального розгляду системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, що дозволить більш глибоко аналізувати стан пацієнта, завчасно помічати ускладнення, та спростити життя пацієнта, який страждає на серцево-судинні захворювання.

Практичними результатами є мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка буде реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників (датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, тощо). Пропонована система має працювати наступним чином: якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які спрацювали. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря та/або члена родини, щоб вони могли оперативно викликати швидку за наданою геолокацією.

Очікуваним науковим результатами є метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача. А також архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та щоп'ятихвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

Завданням роботи є:

- 1) аналіз методів і рішень для моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 2) моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 3) розробка правил і методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

За темою кваліфікаційної роботи магістра опублікована одна стаття у фаховому науковому виданні *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES* [13].

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

1.1 Загальні поняття про системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

У сучасному світі кількість хворих на серцево-судинні захворювання (далі ССЗ) гігантська, ця цифра становить 30% від усієї світової смертності від хвороб. Наприклад, в США приблизно 2200 людей щодня втрачають життя через ССЗ. А якщо розглянути країни з низьким рівнем технологічного розвитку, то в них статистика покаже аж до 80% загальної смертності від хвороб, викликані серцево-судинними захворюваннями.

Оскільки це масова і глобальна проблема для людей в будь-якому куточку світу, то не дивно, що методи боротьби з ССЗ теж постійно розвиваються, і на нових технологіях у цій сфері є величезний попит. Людство прагне до створення способу виявлення ССЗ на ранній стадії розвитку. Дана система, в ідеалі, повинна відповідати таким критеріям:

- 1) постійний моніторинг стану здоров'я;
- 2) компактні розміри;
- 3) низьке енергоспоживання;
- 4) зручність у використанні;
- 5) підтримка індивідуальних налаштувань;
- 6) безвідмовність роботи;
- 7) доступність для користувача;
- 8) можливість передачі сигналу;
- 9) мобільність;
- 10) простота у використанні;
- 11) висока точність отриманих даних;
- 12) доступність для розробки і виробництва.

Відсутність раннього виявлення проблеми, затримка в лікуванні, пауза в сповіщенні – усе це може спричинити ускладнення, та навіть смерть. Тому ці критерії є надзвичайно важливими для кінцевого користувача. Люди з діагнозом ССЗ потребують постійного моніторингу стану здоров'я свого серця, оскільки вони піддаються більшому ризику для свого життя порівняно зі звичайними людьми.

Портативність таких систем робить їх дуже корисними для літніх пацієнтів, або пацієнтів з вадами здоров'я, які не дозволяють їм бути такими ж рухливими та сильними, як середньостатистична здорова людина. Також, така система безумовно мінімізує частоту відвідування клінік. З економічної точки зору, цей прилад може принести великий прибуток для країни-виробника або патентотримача, а також зменшити витрати людей на лікування, що актуально у всьому світі, а особливо в країнах з низьким рівнем доходу. Правильна діагностика знизить смертність, спричинену ССЗ, що також призведе до економічного підйому країни.

1.2 Способи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ

Для того, щоб почати моніторинг стану здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями, йому потрібно одягнути девайс, який попередньо є налаштованим або лікарем, або самим пацієнтом. Далі цей пристрій починає збір інформації по заданому алгоритму, та обробляє її. І ось тут може бути відмінність в обробці інформації, вона може оброблятися або одразу на місці за допомогою девайсу, або відправлятися на віддалений сервер, де буде проходити більш ретельну перевірку і обробку. Кожний з цих способів має свої переваги та недоліки, які є розглянутими у наступних розділах.

Проте, не залежно від способу обробки інформації - система моніторингу роботи серця використовує сигнали, що виробляються серцем, щоб діагностувати його стан. Це можуть бути наступні сигнали:

- 1) частота серцевих скорочень;
- 2) сила серцевих скорочень;
- 3) артеріальний тиск;

- 4) присутність шумів;
- 5) температура тіла.

Далі система виділяє діагностичні ознаки з отриманих сигналів, та таким чином отримує інформацію про функціональність серця та його стан. Аналіз цих даних дозволяє зробити висновок про теперішній стан здоров'я пацієнта, та за необхідності, прийняти заздалегідь запрограмовані міри по збереженню здоров'я. Але варто зазначити, що вилучення діагностичних ознак із серцевого сигналу є складним через його нестаціонарну природу. [2] Також, на ці сигнали може впливати безліч зовнішніх факторів, таких як:

- 1) вади передачі зв'язку;
- 2) шум зовнішнього середовища;
- 3) температура зовнішнього середовища;
- 4) тиск зовнішнього середовища;
- 5) вологість зовнішнього середовища;
- 6) перешкоди між датчиком та пацієнтом;
- 7) затримка відповіді/отримання даних.

на що теж, обов'язково, треба звертати увагу, адже ці фактори можуть суттєво вплинути на результат обробки сигналів серця.

1.2.1 Локальні системи моніторингу ССЗ

Розглянемо систему локального моніторингу стану здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями. У даній системі є датчик, який збирає зазначені дані про стан здоров'я пацієнта, одразу ж обробляє ці дані, та передає результат на телефон. При необхідності – відправляє сигнал про прийняття екстрених мір безпеки стосовно здоров'я пацієнта:

- 1) дзвінок лікарю;
- 2) дзвінок родичам;
- 3) виклик швидкої допомоги.

В такій системі отриманий результат моніторингу серця обробляється на місці без передачі його на віддалений сервер. Переваги такого способу обробки даних [31]:

- 1) незалежність від інтернету;
- 2) незалежність від роботоздатності сервера;
- 3) мінімальна затримка між отриманням даних та результатом їх обробки;
- 4) дешевизна процесу обробки сигналів серця;
- 5) краща енергоефективність.

Проте, у даного способу моніторингу стану здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями є свої недоліки [31]:

- 1) обмежений набір кроків загальної діагностики;
- 2) менша стійкість до зовнішніх чинників, які впливають на результат діагностики.

Схематично система діагностики здоров'я і ССЗ пацієнта зображена на рисунку 1.1.

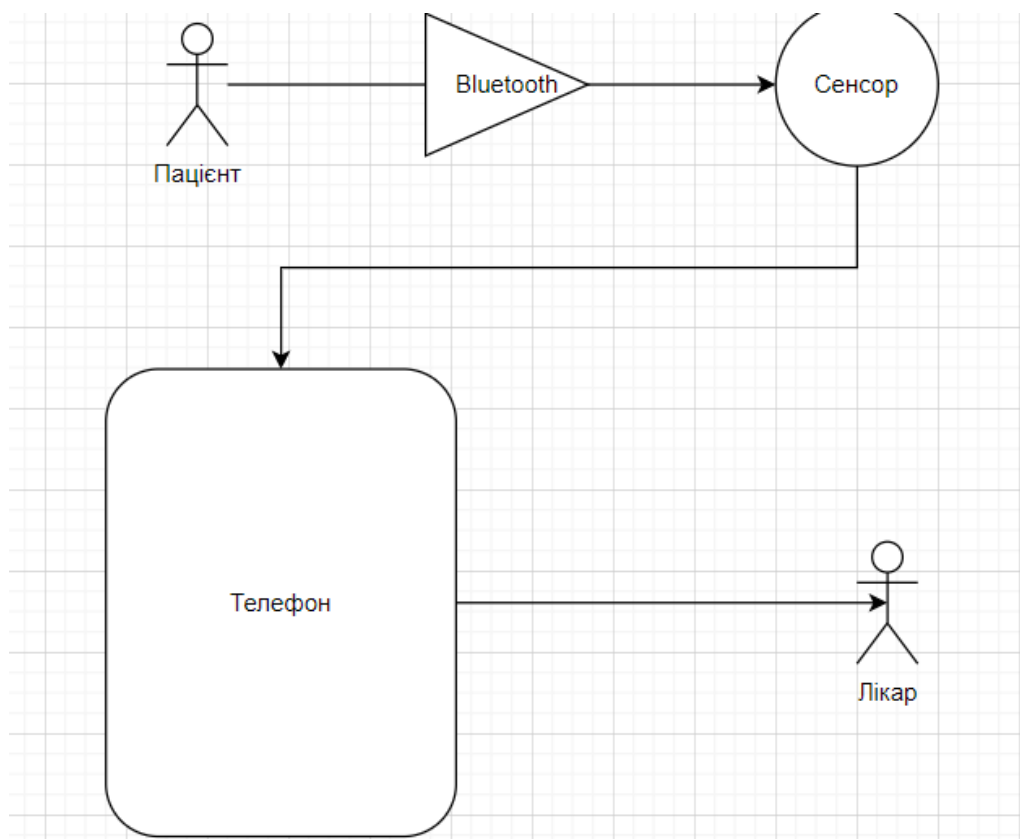


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення локальної системи діагностики [2]

1.2.2 Віддалені системи моніторингу ССЗ

Іншим способом моніторингу стану здоров'я є система з віддаленою обробкою даних. У даній схемі у пацієнта є датчик, який збирає певну інформацію про стан здоров'я серця пацієнта, відправляє цю інформацію на телефон через технологію блютуз, а далі ці дані відправляються на віддалений потужний сервер, де вони проходять ретельну обробку. Готовий результат повертається на телефон, і тоді може бути прийняте рішення про сповіщення зазначених осіб про небезпеку для здоров'я пацієнта.

Переваги такого способу обробки даних [2]:

- 1) вища точність результатів обробки сигналів організму, адже вони обробляються на віддаленому потужному сервері;
- 2) можливість ведення більш гнучкої статистики здоров'я пацієнта;
- 3) більша стійкість від зовнішніх перешкод;
- 4) можливість перегляду результатів лікарем у реальному часі;
- 5) менша кількість «зайвих» тривог.

Проте, у даного способу моніторингу стану здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями є свої недоліки [31]:

- 1) більша дороговизна системи;
- 2) більше модулів у системі;
- 3) залежність від інтернету;
- 4) більше споживання електроенергії.

Сукупність цих факторів робить віддалений метод обробки більш точним та придатним для детальної діагностики, проте значно дорожчим. Крім того він зменшує кількість помилок, та зберігає час пацієнта.

Схематично система діагностики здоров'я і ССЗ пацієнта зображена на рисунку 1.2.

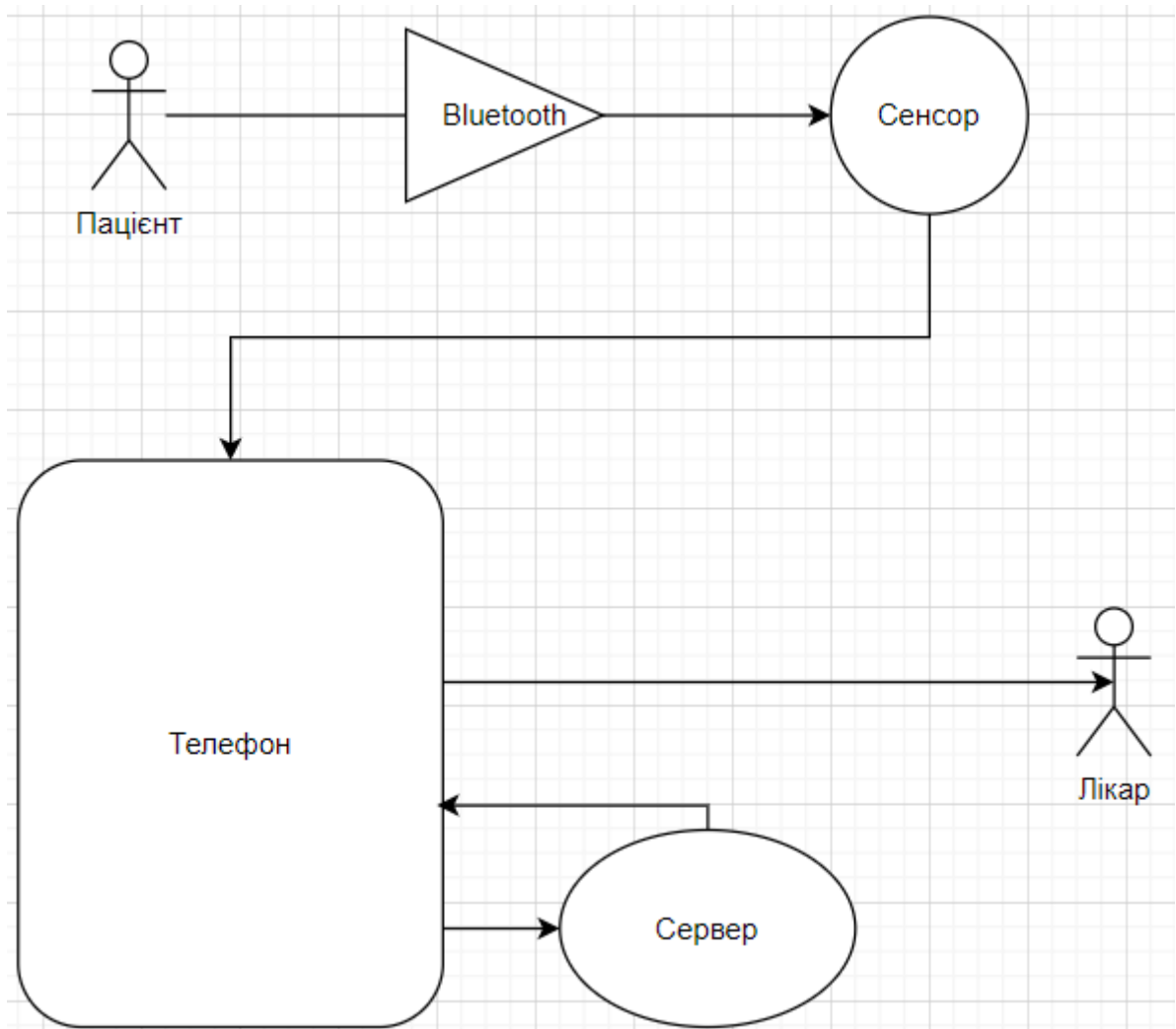


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення віддаленої системи діагностики стану здоров'я і ССЗ [2]

1.2.3 Параметри моніторингу ССЗ

Для повного розуміння стану пацієнта потрібно збирати величезну кількість даних, щоб надточно визначити його стан посекундно, та навіть можливі майбутні зміни у здоров'ї. На жаль, браслет з датчиками не може забезпечити усю повноту інформації для цього, але він може збирати достатній об'єм даних, для вчасного реагування на стан здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями, або для моніторингу стану здоров'я в цілях безпеки. [37] Браслет з датчиками може збирати і обробляти такі дані, як:

- 1) серцевий ритм;

- 2) температуру тіла;
- 3) артеріальний тиск;
- 4) вміст жиру в крові;
- 5) вміст глюкози в крові;
- 6) рівень сатурації кисню в крові.

На основі усіх цих даних система може зробити висновок що до поточного стану пацієнта, базуючись на нормальних та граничних значеннях, а також роблячи поправку на індивідуальні особливості пацієнта, які могли бути задані вручну, або досліджені шляхом тривалого використання системи моніторингу за станом здоров'я.

Приклад, як за допомогою зібраних даних можна аналізувати стан пацієнта зображено в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 - Приклад аналізу стану здоров'я пацієнта з ССЗ по отриманих даних з датчиків [18, 19]

Стан серцевої системи	Порогове значення частоти серцевих скорочень, артеріального тиску і температури
В нормі	ЧСС: $60 \leq \text{ЧСС} \leq 100$, АТ: 100–140/60–80 мм рт.ст., Температура: 36.5–37.5°C.
Брадикардія	ЧСС: ≤ 60
Тахікардія	ЧСС: $\text{ЧСС} \geq 100$
Високий тиск	АТ: $\geq 140/90$ мм рт.ст.
Дуже високий тиск	АТ: $\geq 150/95$ мм рт.ст.
Гіпертонія	АТ: $\leq 90/60$ мм рт.ст.
Гарячка	Температура $\geq 37.8^\circ\text{C}$
Гіпотермія	Температура $\leq 35.0^\circ\text{C}$

Також, не мале значення відіграє вік пацієнта, на який обов'язково потрібно опиратись. Адже в різному віці нормальні показники роботи організму відрізняються, і що є нормою для літньої людини – може бути тривожним знаком для підлітка. Приклад аналізу стану здоров'я пацієнта з ССЗ по отриманих даних з датчиків з похибкою на вік пацієнта зображено в таблиці 1.2 нижче.

Таблиця 1.2 - Приклад аналізу стану здоров'я пацієнта з серцево-судинними захворюваннями по отриманих даних системою з датчиків з похибкою на вік пацієнта [18]

Параметри \ вік	18–35	36–64	Вище 64
Нормальний пульс	72–75 (уд/хв)	76–79 (уд/хв)	70–73 (уд/хв)
Брадикардія	ЧСС \leq 55	ЧСС \leq 60	ЧСС \leq 65
Тахікардія	ЧСС \geq 110	ЧСС \geq 120	ЧСС \geq 100
Гіпертонія	АТ \geq 150/100	АТ \geq 145/95	АТ \geq 140/90
Гіпотензія	АТ < 85 мм рт.ст.	АТ < 96 мм рт.ст.	АТ < 117 мм рт.ст.
Гарячка	Температура \geq 37.2°C	Температура \geq 37.5°C	Температура \geq 36.9°C
Гіпотермія	Температура < 35.5°C	Температура < 35.1°C	Температура < 35.0°C

Таким чином відбувається аналіз отриманих даних з датчиків в системі спостереження за станом здоров'я пацієнта з ССЗ, подальша їх обробка, та на основі результатів встановлюється можливий діагноз, і приймаються необхідні заздалегідь запрограмовані рішення.

1.3 Найновіші розробки у сфері моніторингу ССЗ

Оскільки проблема серцево-судинних захворювань є надзвичайно поширеною у всьому світі, то не дивно, що новітні відкриття відбуваються

постійно, як і розробка або покращення існуючих засобів моніторингу за станом здоров'я пацієнтів не вщухає. Регулярно стаються нові відкриття та дослідження, і деякі з них є описаними у цьому розділі далі.

1.3.1 Система моніторингу серцево-судинних захворювань на основі Інтернету речей

Інтернет речей розвивається так само стрімко, як і будь яка інша сучасна технологія. І це не дивно, адже він допомагає відкрити безліч можливостей, і спростити життя людей. Так, і в сфері медицини, зокрема, і для моніторингу стану здоров'я використовується IP. [53] Технології Інтернету речей мають переважну перевагу у вирішенні проблеми лікування пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, оскільки вони можуть змінити режим виклику допомоги на більш різноманітний спосіб, і отримувати медичні послуги на основі фізичного стану пацієнтів, а не постфактум виклику швидкої допомоги вручну.

Так, Ча Лі, Зінгпей Ху, та Лілі Жунг стверджують, що у Китаї більшість серцевих нападів закінчуються смертю до того, як пацієнти отримають будь-яке лікування, оскільки традиційний режим надання медичної допомоги є пасивним, коли пацієнти самі викликають медичну допомогу, адже вони зазвичай не можуть викликати допомогу, коли вони непритомніють під час нападу серцевої хвороби. У своїй статті автори запропонували всеосяжну систему моніторингу, яка може надсилати фізичні ознаки пацієнтів у віддалені медичні програми в режимі реального часу базуючись на двох частинах з IP: частини збору даних і частини передачі даних [3].

Ще один підхід запропонували Крішна Мунагала, Лакшмі Раджесвара, Дейзі Рані, та Рама Коті Реді, який називається «Розумна система моніторингу серцевих захворювань із підтримкою Інтернету речей із використанням моделі Fuzzy-LSTM на основі метаевристики». Вони вважають, що кращого моніторингу за станом здоров'я можна досягти об'єднавши складні експертні системи з великими даними охорони здоров'я про хвороби серця. Кілька методів, заснованих на машинному

навчанні, нещодавно були доведені для прогнозування та діагностики серцевих захворювань. Однак ці алгоритми не в змозі керувати великою інформацією через відсутність інтелектуальної структури, яка могла б поєднувати кілька джерел, щоб передбачити серцеві захворювання. Модель Fuzzy-Long Short Term Memory (LSTM) використовується в їхній роботі, щоб представити унікальний метод прогнозування захворювань серця з підтримкою IP. Їхній науковий внесок системи моніторингу охорони здоров'я допомагає підвищити ефективність лікування хвороб серця, а також може знизити рівень смертності в сучасному світі [4].

Наступним сучасним способом моніторингу за станом здоров'я є «Захищений моніторинг охорони здоров'я для віддаленого пацієнта за допомогою енергоефективних датчиків IoT», який запропонували Башкар Капур, Барті Нагпал та Мешал Алхарбі. Вони встановили, що IoT і хмарні обчислення ефективні в наданні своєчасної медичної допомоги пацієнтам шляхом зберігання та доступу до їхніх клінічних даних на серверах. Вони пропонують віддалену систему моніторингу пацієнтів з використанням енергоефективних датчиків Інтернету речей. Вони створили створено ефективний механізм довіри на основі CP-ABE (шифрування на основі атрибутів політики зашифрованого тексту) і KP-ABE (шифрування на основі атрибутів політики ключа) для досягнення кращих результатів щодо кількості активних вузлів, залишкової енергії, і пропускну здатності [6].

«IoT захищена клінічна система охорони здоров'я для діагностики серцевих захворювань» - це проект Ніша Рахеджа і Аміт Кумар Маноча, який пропонує хмарне рішення з підтримкою IP для дистанційного моніторингу ЕКГ, яке могло б врятувати життя жителів сільської місцевості. У їх методі виконується попередня обробка сигналу ЕКГ за допомогою Савицького-Голея фільтру для видалення шуму базової лінії, а дискретне пакетне вейвлет-перетворення з максимальним перекриттям (MOWPT) застосовується для видалення високого шуму з подальшим процесом окреслення характерних точок ЕКГ, потім на цих даних тренується нейронна мережа і виконується класифікація. Для шифрування та автентифікації для безпеки використовується стандарт потрійного шифрування даних, тоді як для

автентифікації використовується техніка оптимізації водного циклу. IoT реалізовано за допомогою платформи ThingSpeak, яка дозволяє візуалізувати та аналізувати дані ЕКГ через хмарний сервер. За допомогою ThingSpeak зашифровані та автентифіковані дані ЕКГ передаються кардіологу для обстеження. Запропонований метод класифікує серцебиття на п'ять типів аритмій із середньою точністю 99.12% [8].

Науковці Какуману Ганеш, Шибу Джеянс та Рухан Беві мають змогу представити світу «Портативний пульсоксиметр на основі IOT та пульсоксиметр SpO₂», який являє собою портативний і економічно ефективний датчик частоти серцевих скорочень і SpO₂/рівня на базі IOT з ефективною продуктивністю. Запропонована система оснащена вбудованим OLED-дисплеєм із простим підключенням до Інтернету, який публікує дані на OLED-дисплеї та на веб-сторінці. Система має на борту датчик MAX30100 (датчик пульсоксиметра) і разом із мікроконтролером на основі IOT (WeMos D1 mini) дає змогу відстежувати дані про стан здоров'я пацієнтів у режимі реального часу [10].

Дослідники Г. Раджумар, Т. Гаятрі Деві, та А. Шрінівасан представили своє бачення моніторингу за станом здоров'я пацієнтів у статті «Прогнозування серцевих захворювань за допомогою фреймворку на основі Інтернету речей і вдосконаленого підходу до глибокого навчання: медичне застосування». Автори стверджують, що прогнозування хвороб на основі IP — це відносно нова технологія для точної класифікації захворювань на основі даних датчиків. Вони збирають дані про пацієнтів за допомогою датчиків IP. Вхідний набір даних попередньо обробляється з використанням підходу Median Studentized Residual для вирішення помилкових даних і відсутніх значень. Значення попередньо оброблених даних вибираються за допомогою підходу оптимізації Harris Hawk (ННО). Потім вибрані функції класифікуються на нормальні та ненормальні за допомогою модифікованої глибокої довготривалої короткочасної пам'яті (MDLSTM). Модифікація вихідних даних LSTM змінюється за допомогою алгоритму вдосконаленої оптимізації плямистої гієни (ISHO). Результати впроваджуються в робочу платформу Phyton з такими показниками, як специфічність, чутливість, F-показник, значення Каппа,

точність, BER і час виконання. Проаналізовані результати показують, що застосована методологія є кращою в прогнозуванні захворювань серця з точністю 98.01% і зниженою частотою помилок на 91.11% порівняно з іншими існуючими методами [11].

Ще один підхід запропонували Нагендра Сінгх, С. П. Сасірекса, Амол Дхакне, Б. В. Сай Трінат, Д. Рамія, Р. Тіагараджан, який називається «Гібридна модель із підтримкою ІОТ із можливістю навчання для систем електронної охорони здоров'я». У їхньому дослідженні технології електронної охорони здоров'я та дистанційного моніторингу пацієнтів були розроблені, щоб допомогти пацієнтам уникнути візитів до лікарні. У їхньому проекті для вирішення цих проблем використовувався ІР і АІ. Дані пацієнта отримуються шляхом зчитування інформації з датчиків, та потім надсилаються за допомогою протоколів ІоТ. АІ аналізує інформацію з медичних датчиків пацієнта, щоб вибрати оптимальний варіант. Потім діагноз повідомляється лікарю. Запропонована технологія підтримує клініцистів у дистанційному виявленні та аналізі захворювань, не вимагаючи відвідування пацієнтів у лікарні [5].

Не менш важливу тему розкрили автори С. Брабец, Р. Вайдль, Ф. Клемм, Л. Дьоррер, Ф. Шмідль і П. Зайдель у своїй статті «Розробка системи моніторингу серця з високотемпературними градіометрами DC-SQUID». Науковці досліджували різні типи високотемпературних градіометрів DC-SQUID з метою розробки одноканальної системи моніторингу серця для неінвазивних вимірювань у неекранованому середовищі. Цю систему можна використовувати для швидкого та стабільного отримання інформації про стан пацієнтів при серійних обстеженнях та в екстрених випадках. Східчасті та бікристалічні переходи Джозефсона були використані для виготовлення планарних тонкоплівкових градіометрів та магнітометрів з гальванічною зв'язкою. Ці датчики використовувалися для проведення вимірювань в добре екранованому та неекранованому середовищі [27].

Автори Мьонг-Кюнг Су, Чіен-Ан Чен, Джонатан Вудбрідж, Майкл Кай Ту, Чон Ін Кім, Ані Нахапетян, Лоррейн С. Євангеліста та Маджид Саррафзаде у своїй статті описали «Систему віддаленого моніторингу пацієнтів із застійною серцевою

недостатністю» WANDA (система моніторингу ваги та активності з артеріальним тиском). Система WANDA — це трирівнева архітектура, що складається з датчиків, веб-серверів і внутрішніх баз даних. Система була розроблена спільно зі Школою медсестер Каліфорнійського університету в Лос-Анджелесі та Інститутом бездротового здоров'я Каліфорнійського університету в Лос-Анджелесі, щоб забезпечити раннє виявлення ключових клінічних симптомів, що вказують на декомпенсацію, пов'язану із ХСН [24].

Жан-П'єр Ломаліза та парк Ханхун створили роботу під назвою «Високоєфективна та надійна система моніторингу пульсу за допомогою камер смартфона». У їхній статті автори запропонували високоєфективний і надійний метод вимірювання частоти серцевих скорочень за допомогою зображень кінчиків пальців, зроблених камерою смартфона. Метод складається з виділення сигналу на основі інтересу, зменшення шуму/зміщення сигналу за допомогою адаптивної порогової схеми та обробки промахів/дублювання циклу за допомогою ітераційної схеми усунення викидів. Існуючі методи вимагають роботи високошвидкісних процесорів у реальному часі та належним чином працюють лише на певних смартфонах. А запропонований метод працює стабільно в режимі реального часу з високою точністю на смартфонах будь-якого рівня. Це дуже важливий фактор, оскільки заклади охорони здоров'я мають бути загальнодоступними, у тому числі для осіб, які не можуть дозволити собі купувати надто дорогі високопродуктивні смартфони [22].

Не менш важливою роботою являється «Нова система для безперервного моніторингу сигналів руху серця в реальному часі» від авторів Гай Дорі, Хорхе Е. Шліамсер, Оскар Ліхтенштейн, Ілія Аншелевич і Моше Ю. Флюгельман. Вони стверджують, що сучасні методи оцінки серцевої механіки вибирають серце пацієнта при певній частоті серцевих скорочень, скоротливості, переднавантаженні та післянавантаженні. Метою їхнього дослідження було перевірити можливість використання нової системи, що складається з внутрішньосерцевих електродів, оснащених чіпом інерційного модуля (3D-акселерометри та 3D-гіроскопи) для моніторингу безперервного руху серця. У їхній роботі досліджено часову

кореляцію між сигналами від датчиків руху та тканинним доплером грудної стінки, зміни в прискореннях серця і кутовій швидкості у реальному часі були представлені у відсотках від зміни вихідного рівня [21].

1.3.2 Система моніторингу серцево-судинних захворювань у тварин

Часто буває так, що певні технології в медицині спочатку випробовуються на тваринах, а тільки потім вони можуть бути використані для людей. Окрім того, що це дозволяє слідкувати за здоров'ям тварин, що безсумнівно є важливим, ще це дозволяє зібрати більше даних про медичну технології, її використання, вплив, і результативність. І системи моніторингу за станом здоров'я серця не стали виключенням – вони також використовуються і для тварин.

На приклад, «Система для одночасного моніторингу частоти серця та дихання у мишей за допомогою п'єзоелектричного перетворювача» - це розробка Шинічі Сато, Кацуя Ямада та Нобуя Інагакі, які запропонували нову систему для одночасного моніторингу частоти серцевих скорочень і частоти дихання анестезованих мишей за допомогою п'єзоелектричного перетворювача, розміщеного під тілом. PZT перетворює механічні коливання в електричні сигнали, і може розпізнавати тони серця і дихальні рухи. До нього додано спеціально розроблену аналогову схему та мікропроцесорну програму, що дозволяє виявити ЧСС і ЧСС з високою надійністю порівняно зі значеннями, отриманими за допомогою ЕКГ і звичайного датчика повітряного потоку [26].

Іншим дослідженням у цій сфері є «Неінвазивна система моніторингу серцевого ритму пташиних ембріонів на основі балістокардіограми», яку розробили науковці Ю. Сузукі, Х. Мусаші, Х. Тазава. На основі балістокардіограми вони розробили неінвазивну систему моніторингу серцевого ритму для пташиних ембріонів. Дослідження виконувалось за допомогою картриджа фонографа для запису швидкості дрібних балістичних рухів ячної шкаралупи, які генеруються віддачею та впливом скорочення серця та руху крові. Коефіцієнти автокореляції виявленого сигналу були обчислені, щоб підтвердити, чи містив виявлений сигнал

балістичний рух. Коефіцієнт автокореляції був розрахований системою моніторингу для вимірювання інтервалів між піками та висококорельованими частинами, а потім система отримала мерцевий ритм шляхом вимірювання цих інтервалів. Для демонстрації допустимого діапазону методу виявлення було виміряно кардіограму ембріонів курчат і японських перепелів різного віку. Результати експерименту показують, що БЦЖ курячих і перепелиних ембріонів виявляються повністю після закінчення приблизно двох третин інкубаційного періоду [25].

1.4 Висновки. Постановка задачі. Очікувані результати.

У даному розділі було розглянуто:

- 1) загальні поняття про системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 2) стаціонарні системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 3) мобільні системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 4) сильні та слабкі сторони кожної з розглянутих системи;
- 5) способи використання систем моніторингу пацієнтів з ССЗ;
- 6) найновіші розробки у сфері моніторингу ССЗ.

Враховуючи усе вищеописане, можна зробити такі висновки:

- 1) серцево-судинні захворювання є найбільшою причиною смертності від хвороб, особливо в країнах з низьким рівнем технологічного розвитку та низьким рівнем життя;
- 2) на даний момент вже існує безліч систем моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, але вони все ще не ідеальні;
- 3) систему моніторингу за ССЗ потрібно розробляти по вище описаних правилах і критеріях, щоб вона була корисною для користувача.

З вище описаних тверджень та висновків можна очікувати на наступні наукові результати:

1) метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача;

2) архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та щоп'ятихвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

Очікуваним практичним результатом є:

1) пропонована мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників (датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, тощо). Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які там закладені заздалегідь. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря та/або члена родини, щоб вони могли оперативнo викликати швидку допомогу за наданою геолокацією.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

2.1 Мета моделювання системи

Завдання на дану магістерську роботу за індивідуальним варіантом звучить так:

1) розробити Мобільну кіберфізичну систему моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

2.2 Аналіз поставленого завдання

Аналізуючи поставлене завдання можна зробити висновок, що для його виконання потрібно розробити:

1) метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;

2) архітектуру мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;

3) програмне забезпечення для системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями повинен забезпечувати:

1) щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача;

2) аналіз показників з використанням розроблених правил та методів для миттєвого реагування;

3) видачу повідомлення користувачу про ризик у разі його раптового виникнення.

Архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями повинна відповідати наступним критеріям:

- 1) щохвилини та щоп'ятихвилин формування множини показників стану здоров'я користувача;
- 2) аналіз отриманих показників на основі розробленого методу моніторингу стану здоров'я;
- 3) допомога пацієнтам з серцево-судинним захворюванням стежити за здоров'ям свого серця;
- 4) допомога пацієнтам отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

У перспективі пропонована мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями може бути інтегрована в браслет із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників, таких як: датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, температури, сатурації кисню в крові, тощо.

Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфон в додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які спрацювали. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення.

Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря або члена родини, щоб вони могли оперативно викликати швидку за наданою геолокацією.

2.3 Структура системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Розроблювана мобільна кіберфізична система моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними хворобами буде відноситись до локального типу, тобто усі дані будуть збиратись з датчиків, локально оброблятись

на смартфоні, та по результатам цих даних буде прийматись рішення про подальші дії системи:

1) всі показники в нормі, можна продовжувати моніторинг здоров'я пацієнта з ССЗ;

2) зафіксовано відхилення, подати сигнал на смартфон пацієнта, і за відсутності зворотної відповіді – відправити повідомлення сімейному лікарю або члену родини про небезпеку.

Обраний саме цей вид системи моніторингу за станом здоров'я пацієнта, адже він має такі переваги:

1) можливість опрацювання даних без інтернету;

2) незалежність від статусу сервера;

3) мінімальна затримка між отриманням даних та результатом їх обробки;

4) дешевизна обробки сигналів;

5) краща енергоефективність.

Структура такої системи, відповідно, буде складатись з обов'язкових наступних елементів:

1) браслет з набором необхідних датчиків;

2) смартфон з відповідним програмним забезпеченням.

2.4 Схема моделі моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Чим простіша система, тим менше речей, які можуть зламатись, і тим легше її налаштувати. Саме тому кількість елементів у процесі моніторингу стану здоров'я пацієнта з серцево-судинною хворобою зведена до мінімуму.

Схематично така система діагностики здоров'я пацієнта може бути зображена наступним чином, як на рисунку 2.1.

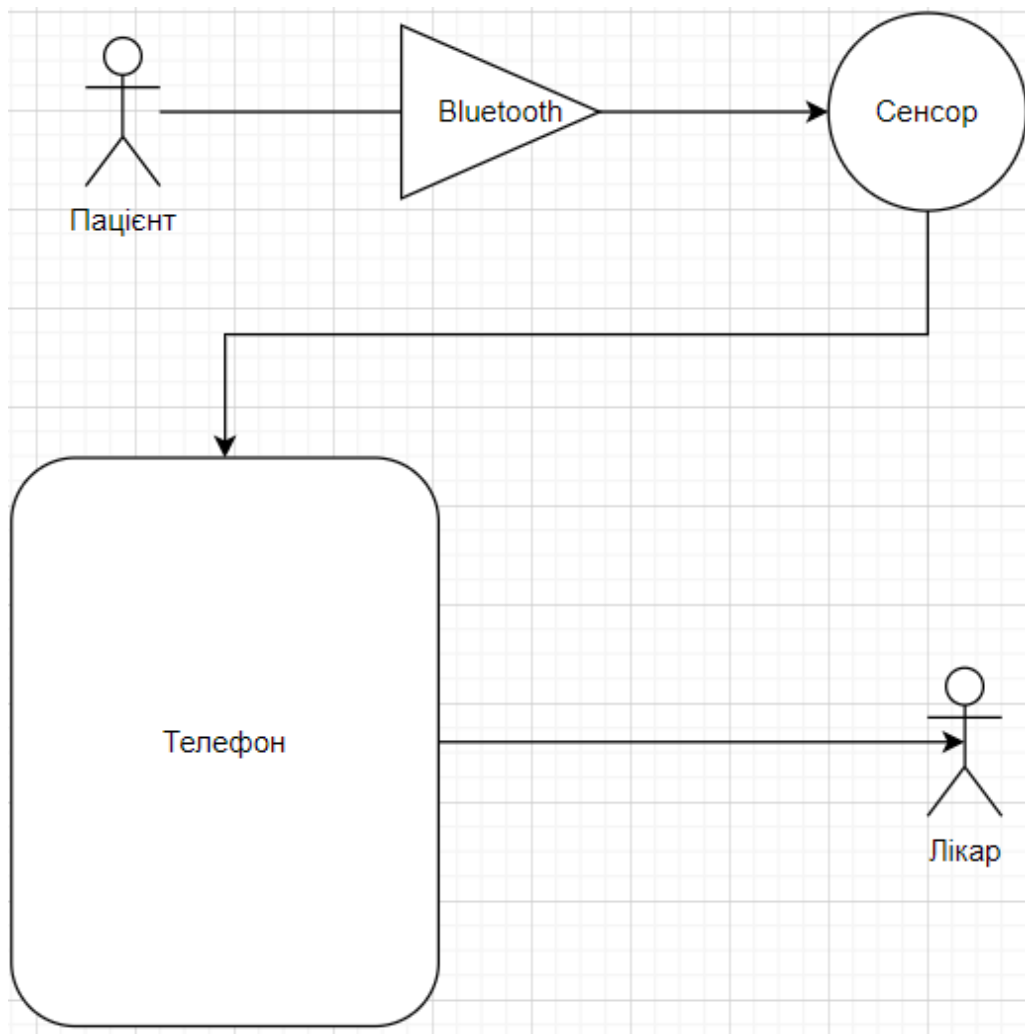


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення локальної системи діагностики стану здоров'я

2.5 Особливості моделювання системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Під час моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями варто звертати увагу на те, що цією системою можуть користуватись різноманітні люди з різним рівнем володіння гаджетами, тому вона повинна бути максимально простою і інтуїтивно зрозумілою у використанні. Усі бажані дії повинні виконуватись користувачем в мінімальну кількість кліків, та мають бути розміщені інтуїтивно зрозуміло. Інтерфейс не

повинен бути перевантаженим зайвою інформацією, та не повинен давати можливість щось випадково переналаштувати.

Також, потрібно відповідним чином передбачити можливість неправильного використання системи моніторингу за станом здоров'я. Звісно, неможливо передбачити усі можливі неправильні сценарії використання системи, але хоча б частину з них треба обробити, забезпечивши програмно виведення можливої помилки, та спосіб її вирішення.

На приклад, якщо якийсь з датчиків отримує абсолютно не правильні значення – отже він встановлений не належним чином, і система може сповістити про це користувача.

2.6 Можливі проблеми системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Оскільки браслет з датчиками буде знаходитись на руці в пацієнта, то це тягне за собою ряд проблем, одна з яких – можливий вплив зовнішнього середовища на показання датчика.

На покази датчиків пацієнта можуть впливати наступні фактори:

- 1) температура навколишнього середовища;
- 2) вологість;
- 3) тиск;
- 4) щільність прилягання датчиків;
- 5) заряд браслета;
- 4) тощо.

На це все потрібно звертати увагу при розробці системи моніторингу за станом здоров'я пацієнта. Щоб побороти ці можливі вади – в деяких випадках достатньо зробити програмний аналіз, а в інших потрібно дооснастити браслет додатковими датчиками, які будуть збирати інформацію не тільки про пацієнта, а й про навколишнє середовище.

Також, цю роль можна покласти на смартфон пацієнта, адже більшість сучасних девайсів оснащені усіма потрібними датчиками, які дадуть змогу отримувати дані про навколишнє середовище біля пацієнта.

2.7 Дослідження факторів виникнення проблем у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

В Україні проблема серцево-судинних захворювань є головною досить суттєвою проблемою, адже це головна причина смертності населення від хвороб. За цим показником Україна залишається одним зі світових лідерів. Згідно з даними ранжування, складеного на основі кількості смертей населення в Україні, найчастішими причинами є:

- 1) серцево-судинні захворювання (64,3 %);
- 2) новоутворення (14,1 %);
- 3) хвороби органів травлення (4,3 %);
- 4) неврологічні розлади (3,1 %);
- 5) самошкодження та міжособистісне насильство (2,7 %).

У національному масштабі смертність від серцево-судинних захворювань за останні 29 років зростає майже на 8%: до 449 376 у 2019 році і складає 64.3% від загальної кількості смертей, тоді як у 1990 році зафіксували 350 605 смертей від серцево-судинних захворювань, що склало 56.5% відповідно [39].

Відповідно до статистики, українці втрачають помітно більше років здорового життя через серцево-судинні захворювання, ніж сусідні країни та США, що безумовно погано впливає на розвиток та стабільність країни загалом.

Далі, на рисунку 2.2 наведено сумну статистику передчасної смертності від серцево-судинних захворювань за 2019 рік, де Україна, на превеликий жаль, займає перше місце.

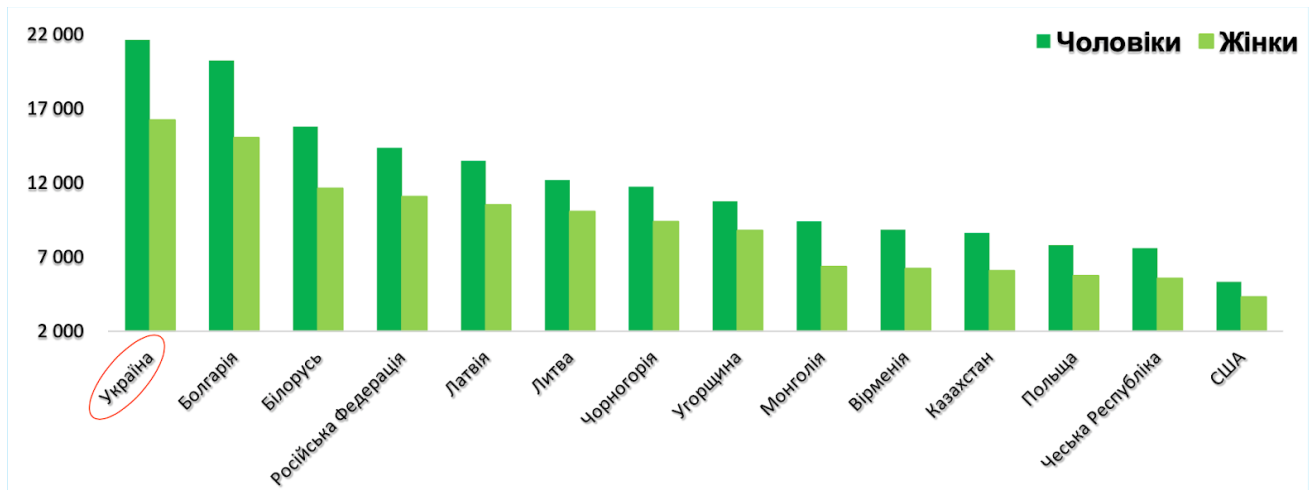


Рисунок 2.2 – статистика передчасної смертності від серцево-судинних захворювань в різних країнах

Смертність від різних серцево-судинних хвороб займає різну долю в цій сумній статистиці. Також, статистика суттєво відрізняється у чоловіків і у жінок. Смертельні випадки, залежно від типу серцево-судинних захворювань серед чоловіків і жінок усіх вікових категорій, представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Смертельні випадки, залежно від типу серцево-судинних захворювань серед чоловіків і жінок усіх вікових категорій

Порядок у статистиці	Чоловіки	Жінки
1	Ішемічна хвороба серця	Ішемічна хвороба серця
2	Цереброваскулярні захворювання	Цереброваскулярні захворювання
3	Кардіоміопатія і міокардит	Кардіоміопатія і міокардит
4	Захворювання периферичних судин	Захворювання периферичних судин
5	Аневризма аорти	Аневризма аорти

Кінець таблиці 2.1 - Смертельні випадки, залежно від типу серцево-судинних захворювань серед чоловіків і жінок усіх вікових категорій

Порядок у статистиці	Чоловіки	Жінки
6	Миготлива аритмія	Миготлива аритмія
7	Інші серцево-судинні захворювання	Інші серцево-судинні захворювання
8	Гіпертонічна хвороба серця	Гіпертонічна хвороба серця
9	Ревмокардит	Ревмокардит
10	Ендокардит	Ендокардит

Орієнтуючись на статистику подану в таблиці 2.1 – видно, що хвороби дійсно вражають чоловіків і жінок по різному, та призводять до летальних наслідків з різною ймовірністю. Тому під час моніторингу стану здоров'я обов'язково потрібно звертати увагу на стать та вік пацієнта.

Згідно з дослідженнями, проведеними World Heart Federation, від серцево-судинних захворювань лише за рік у світі помирає біля 17 мільйонів чоловік. Серцево-судинні захворювання, нажаль, не мають помилювання і до дітей – адже вони також хворіють серцево-судинними захворюваннями, і є частиною цієї сумної статистики.

Важко це визнавати, але рівень передчасної смертності в Україні в 3 рази вище, ніж в країнах Європейського Союзу та Сполучених Штатів Америки, а рівень дитячої смертності в 2.5 рази вище, ніж країнах ЄС з найгіршою статистикою, що безумовно має дуже поганий вплив на рівень життя та комфорт життя в Україні [40].

Далі, на рисунку 2.3 продемонстровано статистику смертності у світі серед дітей віком до 5 років у 2017 році.

Causes of death in children under 5, World, 2017

Annual number of deaths by leading causes in children under 5 years old.



⇌ Change country

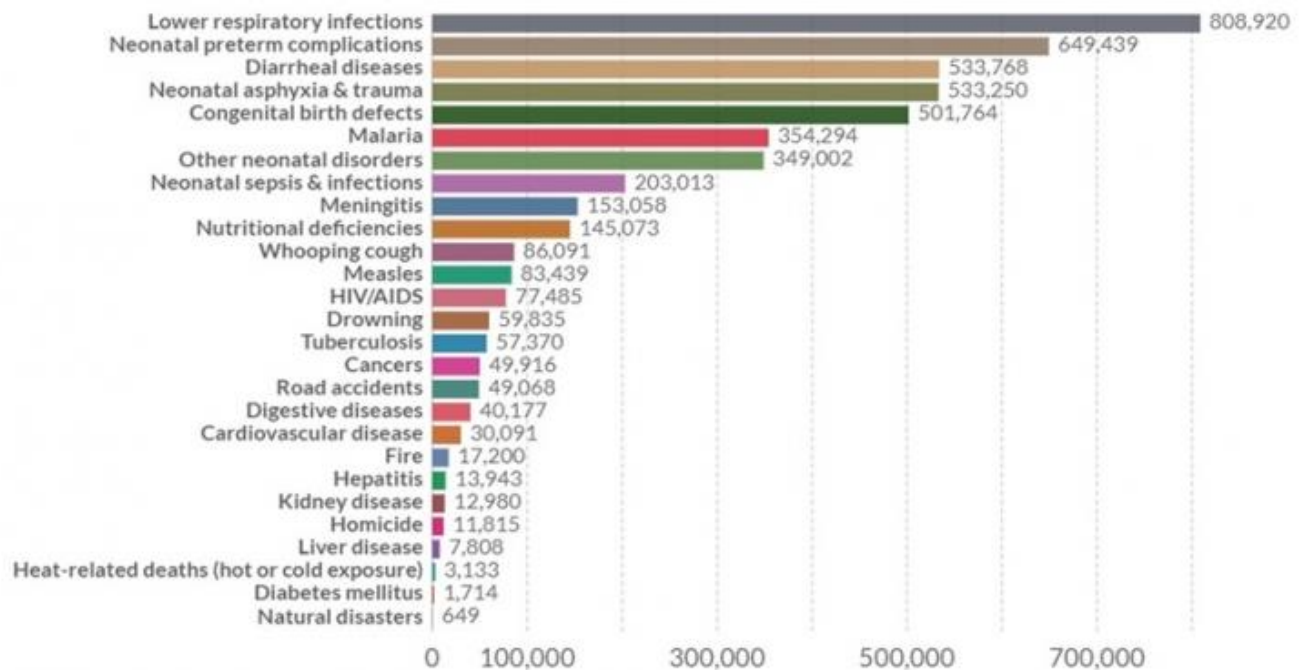


Рисунок 2.3 - Статистика смертності у світі серед дітей віком до 5 років у 2017 році

З статистики, поданої на рисунку 2.3 ми можемо бачити, що ситуація з дитячою кардіологією в Україні не менш катастрофічна. Щороку вроджені вади серця забирають життя 800 малюків. Частина дітей з вродженою вадою серця в перші години і дні – асимптоматичні, тобто – ніяких видимих симптомів хвороби немає. Серед дітей з вродженими проблемами серця - 30% новонароджених виписуються з пологового будинку навіть без підозри на діагноз, внаслідок чого в майбутньому вони мають більш важке та тривале лікування, адже проблема була діагностовано з запізненням [41].

За даними Інституту метрики та оцінювання в системі охорони здоров'я (IHME) при Вашингтонському університеті, серцево-судинні захворювання не лише займають перше місце за смертністю у світі. Кількість померлих від хвороб серця вдвічі перевищує смертність від онкологічних захворювань.

Серед серцево-судинних хвороб, які призводять до летальних наслідків як чоловіків, так і жінок, у вершині списку ми можемо спостерігати аритмію та гіпертонію [31].

Аритмії серця – це група порушень діяльності серця, пов'язаних з розладом ритмічності, послідовності та сили скорочень серцевого м'яза. Основними формами аритмій серця є:

1) прискорення скорочень серця більше 100 ударів на хвилину, тобто тахікардія;

2) сповільнення скорочень серця менше 60 ударів/хвилину, тобто брадикардія.

Артеріальна гіпертензія – це хронічне захворювання, під час якого головною діагностичною ознакою є стійке підвищення гідравлічного тиску в артеріальних судинах великого кола кровообігу. Для вимірювання артеріального тиску використовують два показники [32-34]:

1) систолічного тиску;

2) діастолічного тиску.

Вони використовуються залежно від того, стискається серцевий м'яз між ударами (це явище називається систола) чи розслабляється (це явище називається діастола). Нормальний кров'яний тиск у стані спокою перебуває в межах 100—139 мм рт. ст. систолічного тиску (верхнє значення) і 60-89 мм рт. ст. діастолічного тиску (нижнє значення). Кров'яний тиск вважається високим, якщо він постійно тримається на рівні 140/90 мм рт. ст. або вище [35-37].

Ще одним серцево-судинним захворюванням, яке спричиняє дискомфорт людині, є артеріальна гіпотензія. Артеріальна гіпотензія – це стан, що визначається зниженням систолічного артеріального тиску нижче 100 мм ртутного стовпа, діастолічного —нижче 60 мм рт. ст. [35, 36].

Оскільки серцево-судинні захворювання є хронічними захворюваннями системи кровообігу, то бажано виявляти та запобігати їм у режимі реального часу, з метою мінімізації шкоди для здоров'я людини. Життєві показники пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями слід контролювати таким чином, щоб

виявляти аномальні події до виникнення будь-яких критичних станів, що можуть призвести до смерті. Для оцінки неправильного серцебиття, тобто аритмії, в домашніх умовах використовується два пристрої:

- 1) пульсоксиметр;
- 2) тонометр.

Для визначення підвищеного або пониженого артеріального тиску в домашніх умовах використовується тонометр. Така діагностика серцево-судинних розладів потребує постійного довготривалого моніторингу осіб. Іншими словами, людина повинна мати при собі усі ці прилади постійно, щоб мати таку змогу - вимірювати пульс або тиск, і їй потрібно робити це без перерв навмисно і постійно. Крім цього, дуже важливим є те, що людина повинна знати референтні значення частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, а також особливості свого організму, які можуть впливати на ці значення, щоб правильно діагностувати наявну проблему.

Враховуючи невизначеність, яка пов'язана з місцем і часом, коли можуть знадобитися негайна діагностичні або лікувальні засоби, єдиним практичним рішенням є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнта - частоти серцевих скорочень і артеріального тиску. Такі інструменти для моніторингу параметрів, пов'язаних зі здоров'ям, беззаперечно суттєво полегшують догляд за пацієнтами та дають змогу людям виявляти проблеми, що ведуть до кращого управління власним здоров'ям [38]. Враховуючи той факт, що разом із розвитком технологій наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка дуже швидко збільшує ефективність використання сучасних медичних інноваційних ресурсів, а також враховуючи важливість перманентної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, було б дуже доречно та зручно максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг для пацієнтів.

В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань показників стану здоров'я таких як частоти серцевих скорочень та артеріального тиску - людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-

судинними захворюваннями, який буде забезпечувати постійний моніторинг частоти серцевих скорочень пацієнта та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомляти людину про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, автоматизація та спрощення цього процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів - є актуальною задачею наразі, і вона абсолютно точно не буде втрачати актуальність найближчі десятиліття. Отже одним з вирішень даної проблеми є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями за допомогою розробленого відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

2.8 Моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Отже, в результаті проведеного дослідження даної теми - було сформовано перелік факторів, що впливають на стан здоров'я при серцево-судинних захворюваннях. Цими факторами є:

- 1) вік;
- 2) стать;
- 3) наявність сторонніх хвороб або особливостей здоров'я.

Також, було виявлено, що Україна – країна з найбільшою проблемою смертності від серцево-судинних хвороб серед країн Європи та Америки. Це безумовно є проблемою масштабу цілої країни, і з цим потрібно працювати, задля покращення динаміки у статистиці в сторону зменшення смертності від серцево-судинних хвороб, та покращення рівня життя для пацієнтів загалом.

Очевидно, що серед вищезазначеного переліку факторів ризику є чимало позицій, які можуть бути виявлені кіберфізичною системою моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, після опрацювання нею даних, отриманих з сенсорів.

Якщо врахувати усі можливі фактори, які впливають на стан здоров'я пацієнта, та дані, які ми можемо отримати з пропонованих сенсорів – тоді ми отримаємо наступну модель процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями:

1) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень більша табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на тахікардію;

2) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень менша табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на брадикардію;

3) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск більше табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на артеріальну гіпертензію;

4) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск більше табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на артеріальну гіпертензію;

5) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск менше табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на артеріальну гіпотензію;

6) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск менше табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на артеріальну гіпотензію;

7) якщо протягом 5-и хвилин температура тіла пацієнта менша табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на гіпотермію;

8) якщо протягом 5-и хвилин температура тіла пацієнта більша табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на гіпертермію;

9) якщо протягом 5-и хвилин температура тіла пацієнта значно більша табличного значення, яке відповідає статі, віку, і особливостям пацієнта - то пацієнту можна оголосити підозру на гіперпірексію.

2.9 Висновки

Під час опрацювання даного розділу, було досліджено та виконано наступні завдання:

- 1) розібрано індивідуальне завдання на створення мобільної кіберфізичної системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 2) проаналізовано завдання, та складено план до вирішення поставленої задачі;
- 3) розглянуто структуру системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 4) створено схема моделі моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 5) розглянуто особливості моделювання системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;
- 6) досліджено можливі проблеми системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Отже, усі цілі другого розділу досягнуті, тож можна ставити завдання на третій розділ:

- 1) створити правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями
- 2) створити метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

3 ПРАВИЛА І МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

3.1 Правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Мобільна кіберфізична система моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями повинна діяти за певними правилами обробки інформації. Усі ці правила будуть продемонстровані і описані детально у цьому розділі.

3.1.1 Правила обробки інформації системою

У цьому підпункті описано те, яким чином буде оброблятися інформація з датчиків пацієнта. Розроблені правила будуть використовуватись системою для обробки даних, та вчасного реагування на зміну стану здоров'я пацієнта. Правила будуть базуватись на отриманих даних від пацієнта за допомогою датчиків. Таблиця з назвами датчиків та їх призначеннями продемонстрована нижче (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – перелік назв датчиків та їх призначення

Призначення датчика	Назва датчиків
Вимірювання частоти серцевих скорочень	ssi1, ssi2, ssi3, ssi4
Вимірювання систолічного тиску	sti, sti1, sti2, sti3
Вимірювання діастолічного тиску	dti, dti1, dti2, dti3, dti4

Правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями:

1) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) більше 100 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Тахікардія» та $j=j+1$;

2) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) менше 60 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Брадикардія» та $j=j+1$;

3) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники sti , $sti1$, $sti2$, $sti3$, $sti4$ одночасно) більше 140 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та $j=j+1$;

4) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники dti , $dti1$, $dti2$, $dti3$, $dti4$ одночасно) більше 90мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та $j=j+1$;

5) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники sti , $sti1$, $sti2$, $sti3$, $sti4$ одночасно) менше 100 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та $j=j+1$;

6) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники dti , $dti1$, $dti2$, $dti3$, $dti4$ одночасно) менше 60 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та $j=j+1$;

7) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) більше 150 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про тахікардію, то повідомлення «Тахікардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

8) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) менше 45 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про брадикардію, то повідомлення «Брадикардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

9) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники sti , $sti1$, $sti2$, $sti3$, $sti4$ одночасно) більше 180 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

10) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники dti , $dti1$, $dti2$, $dti3$, $dti4$ одночасно) більше 120 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

11) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники sti , $sti1$, $sti2$, $sti3$, $sti4$ одночасно) менше 80мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

12) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники dti , $dti1$, $dti2$, $dti3$, $dti4$ одночасно) менше 55 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$.

Далі розробимо правила обробки інформації датчиками, які будуть вбудовані в браслет, та будуть використовуватись системою для отримання інформації. Ці правила повинні регулювати наступні пункти користування:

1) моніторинг стану здоров'я за показами датчика тиску, та реагування на надзвичайну ситуацію в разі отримання даних відмінних від нормальних;

2) моніторинг стану здоров'я за показами датчика температури, та реагування на надзвичайну ситуацію в разі отримання даних відмінних від нормальних;

3) моніторинг стану здоров'я за показами датчика сатурації кисню в крові, та реагування на надзвичайну ситуацію в разі отримання даних відмінних від нормальних;

4) моніторинг стану здоров'я за показами датчика частоти серцебиття, та реагування на надзвичайну ситуацію в разі отримання даних відмінних від нормальних;

5) повідомлення користувача про можливі проблеми в встановленні або положенні датчиків;

6) налаштування мобільної кіберфізичної системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

3.1.2. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика артеріального тиску

Система отримує дані від датчика артеріального тиску, обробляє його, зрівнює його з еталонними значеннями з таблиці, та приймає рішення на основі отриманого результату: або з пацієнтом все добре, або потрібно прийняти екстрені міри стосовно здоров'я пацієнта. Також, у разі значення артеріального тиску відмінного від таблично нормального – пацієнт отримає інформацію про можливий діагноз.

Також, у разі хибних значень – можна перевірити валідність цих даних одним з наступних способів:

1) шляхом повторної перевірки сигналу з датчика артеріального тиску системою;

2) шляхом порівняння отриманих даних з значеннями з таблиці. Якщо вони значно відрізняються від табличних – отже з цим сигналом щось не так, можливо неправильно розташований датчик, або некоректно працюючий датчик;

3) шляхом перевірки навколишнього середовища, якщо це можливо.

Також, під час перевірки отриманого значення з табличним – потрібно зважати на вік та особливості пацієнта. Приклад такої таблиці продемонстровано нижче (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 - Список нормальних табличних значень для показників артеріального тиску [19]

Вік (роки)	Мінімальний АТ (мм рт.ст.)	Нормальний АТ (мм рт.ст.)	Максимальний АТ (мм рт.ст.)
<1	75/50	90/60	100/75
1-5	80/55	95/65	110/79
6-13	90/60	105/70	115/80
14-19	105/73	117/77	120/81
20-24	108/75	120/79	132/83
25-29	109/76	121/80	133/84
30-34	110/77	122/81	134/85
35-39	111/78	123/82	135/86
40-44	112/79	125/83	137/87
45-49	115/80	127/84	139/88
50-54	116/81	129/85	142/89
55-59	118/82	131/86	144/90
60-64	121/83	134/87	147/91
>65	124/80	136/85	150/90

Дані про межі норми артеріального тиску зручно вивчати в таблиці. Крім верхньої і нижньої межі, є ще небезпечний інтервал, який свідчить про несприятливі тенденції для здоров'я.

З віком верхнє і нижнє значення артеріального тиску зростає, але в старості воно падає, оскільки впродовж всього життя змінюється еластичність судин. Похибки в межах 10 мм рт. ст. до патологій не відносяться.

Отже, базуючись на отриманих результатах заміру артеріального тиску можна визначити приблизний діагноз, і сповістити його пацієнту та лікарю. Діагноз можна визначити таким самим чином, звіривши дані з таблицею. Приклад такої таблиці з класифікацією для людини двадцяти років продемонстровано нижче у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Список класифікації можливих діагнозів відповідно до показників артеріального тиску

Можливий діагноз	Значення АТ (мм рт. ст.)		Коментарі
	min	max	
Гіпертонія 4-й ст.	від 210	від 120	симптоми гіпертонічного кризу
Гіпертонія 3-й ст.	180/110	210/120	
Гіпертонія 2-й ст.	160/100	179/109	небезпечні показники АТ
Гіпертонія 1-й ст.	140/90	159/99	
Прегіпертонія	130/85	139/89	
Трохи підвищений АТ	90/60	129/84	нормальні показники АТ
Норма артеріального тиску (в ідеалі)	100/65	120/80	
Трохи знижений артеріальний тиск	90/60	99/64	
Помірна гіпотонія	70/40	89/59	

Кінець таблиці 3.3 - Список класифікації можливих діагнозів відповідно до показників артеріального тиску

Можливий діагноз	Значення АТ (мм рт. ст.)	Коментарі	Можливий діагноз
	min	max	
Виражена гіпотонія	50/35	69/39	небезпечні показники АТ
Яскраво виражена гіпотонія	До 50	До 35	

Показники артеріального тиску в жінок і чоловіків також відрізняються, в жінок в першій половині життя він дещо менший, а ближче до старості показники стають однаковими. Приклад таблиці для порівняння артеріального тиску у чоловіків і жінок можна побачити нижче у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Показники артеріального тиску у чоловіків і жінок у різному віці

Вік (роки)	Значення АТ (мм рт. ст.)	
	Чоловіки	Жінки
<20	123/76	116/72
20-30	126/79	120/75
30-40	129/81	127/80
40-50	135/83	137/84
50-60	142/85	144/85
>60	142/80	159/85

Варто зазначити, що усі табличні дані взяті з досліджень, які описані в відкритих джерелах. Деякі значення між таблицями можуть відрізнятись

незначним чином, адже вони були зроблені в різних дослідженнях на різних вибірках людей.

Далі описано алгоритм обробки значення артеріального тиску. Він є досить простим для сприйняття, проте для кращого розуміння його схематично зображено нижче на рисунку 3.1.

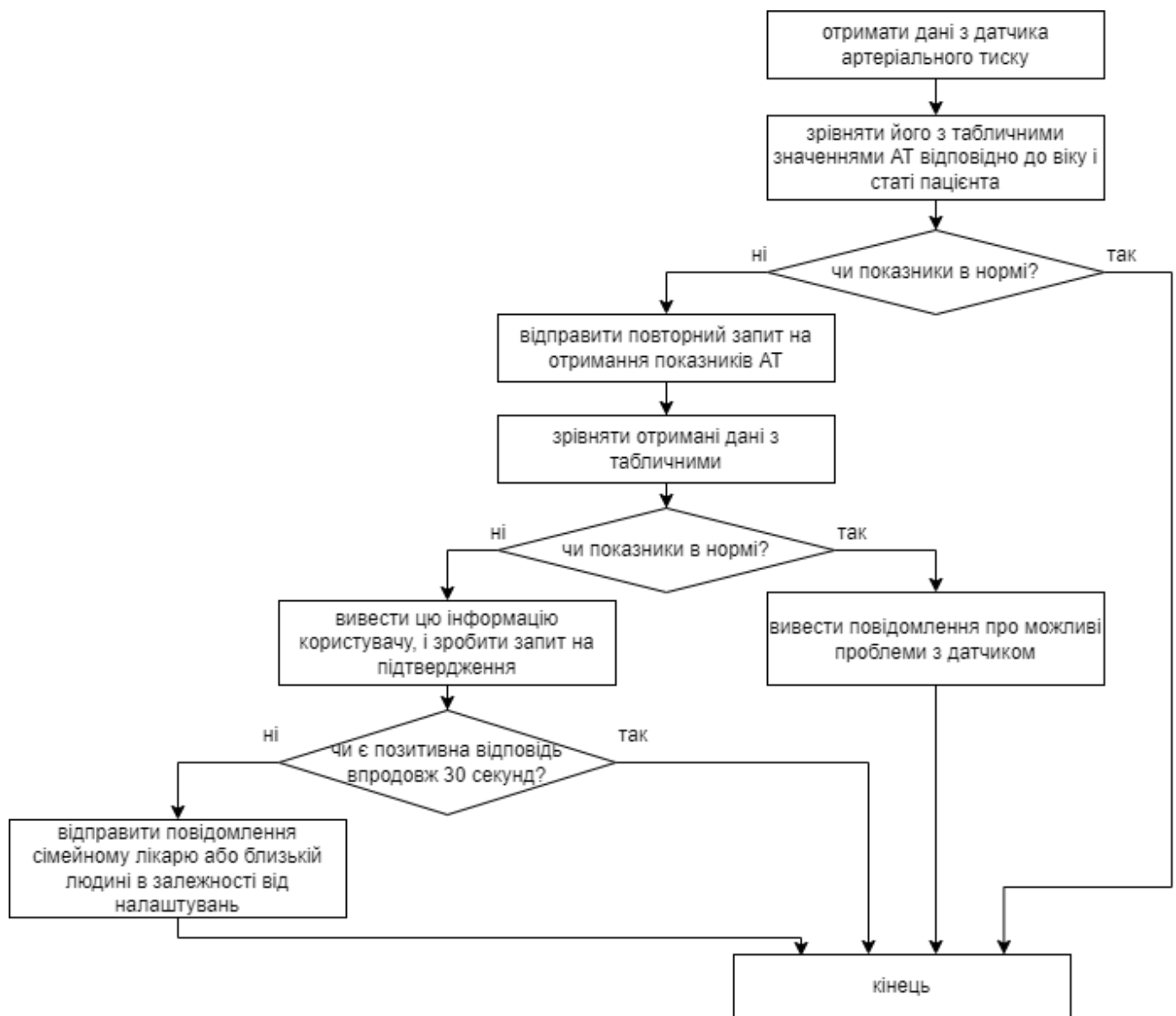


Рисунок 3.1 – алгоритм обробки значення артеріального тиску

Для кращого розуміння алгоритму, далі його продемонстровано у вигляді псевдокоду.

```

get arterial pressure
if arterial pressure is ok

```

```

    end
else
    get arterial pressure value again
    if arterial pressure is ok
        show message with possible error
    end
    else
        show possible problem with health
        request feedback from patient
        if request is accepted in 30 sec
            end
        else
            send message for doctor or relatives
        end
    end
end

```

3.1.3. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика температури тіла

Для обробки даних система отримує сигнал від датчика температури тіла, обробляє його, зрівнює його з еталонними значеннями з таблиці, та приймає рішення на основі отриманого результату: або з пацієнтом все добре, або потрібно прийняти екстрені міри стосовно його здоров'я. Якщо значення температури є відмінним від табличного - пацієнт обов'язково отримує інформацію про можливий діагноз.

Якщо в результаті порівняння з таблицею отримано негативне співпадіння – потрібно перевірити валідність цих даних одним з наступних способів:

- 1) шляхом повторної перевірки сигналу з датчика температури;
- 2) шляхом порівняння отриманих даних з значеннями з таблиці. Якщо вони суттєво відрізняються від табличних – отже з сигналом є якась проблема, наприклад, неправильно розташований датчик, або він не коректно працює;
- 3) шляхом перевірки навколишнього середовища, якщо це можливо.

Під час перевірки отриманого значення з табличним – обов'язково потрібно зважати на вік та особливості пацієнта. Дані про межі норми температури тіла

зручно вивчати в таблиці. Приклад порівняльної таблиці віку і температури тіла людини продемонстровано нижче (Таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 - Список нормальних табличних значень для показників температури тіла залежно від віку людини

Вік (роки)	Мінімальна нормальна температура (°C)	Максимальна нормальна температура (°C)
0-2	36.3	37.5
3-10	36.1	37.7
11-65	36.0	37.8
>65	36.1	37.7

З віком верхнє і нижнє значення температури тіла змінюється, тому обов'язково потрібно зважати на цей параметр.

Далі, базуючись на отриманих результатах заміру температури тіла можна визначити приблизний діагноз, і проінформувати пацієнта та лікаря про нього. Діагноз визначається таким самим чином, як і норма температури – шляхом звірення даних з таблицею. Приклад такої таблиці з класифікацією для людини двадцяти років продемонстровано нижче у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Список класифікації можливих діагнозів відповідно до показників температури тіла

Температура (°C)	Діагноз
<36	Гіпотермія
36.0-37.2	Норма
37.3-39.0	Гіпертермія
>39.1	Гіперпірексія

Температура тіла у жінок і чоловіків не мають відмінностей, тому окремої таблиці для такого параметру не передбачено.

Варто зазначити, що усі табличні дані взяті з досліджень, які описані в відкритих джерелах. Деякі значення між таблицями можуть відрізнятись незначно, адже вони були зроблені в різних дослідженнях на різних вибірках людей.

Далі описано алгоритм обробки значення температури тіла. Він є досить примітивним, його схематично зображено нижче на рисунку 3.2.

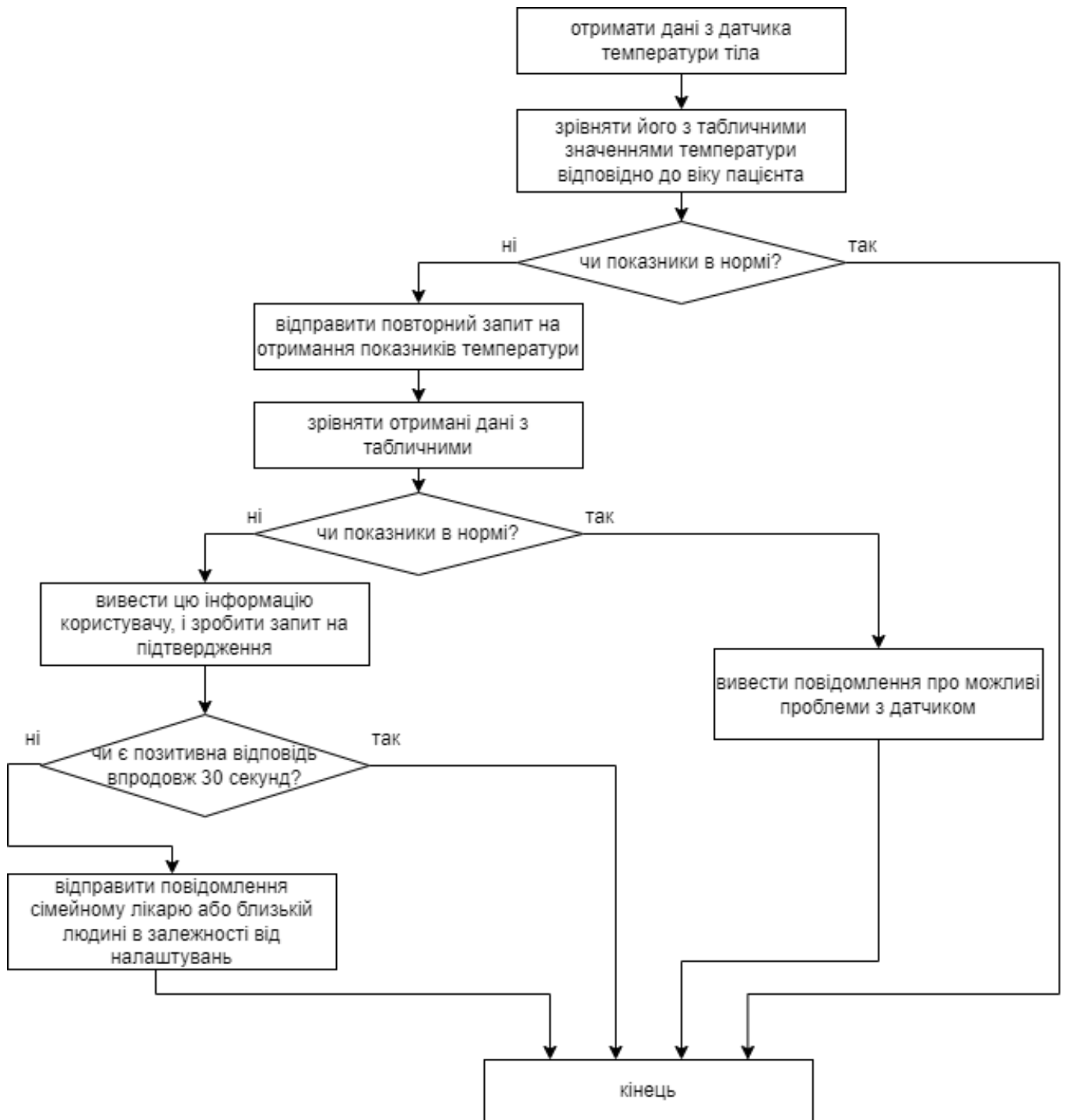


Рисунок 3.2 – алгоритм обробки значення температури тіла

Для кращого розуміння алгоритму, далі його продемонстровано у вигляді псевдокоду.

```

get temperature
if temperature is ok
    end
else
    get temperature value again
    if temperature is ok
        show message with possible error
    end
    else
        show possible problem with health
        request feedback from patient
        if request is accepted in 30 sec
            end
        else
            send message for doctor or relatives
        end
    end
end

```

3.1.4. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика сатурації кисню в крові

Обробка даних про насиченість крові киснем відбувається так: система отримує дані від датчика СКК, обробляє його, зрівнює його з табличним значенням, та приймає рішення на основі отриманого результату: чи з пацієнтом все добре, чи потрібно прийняти негайні міри стосовно здоров'я пацієнта у вигляді повідомлення його лікаря або рідних.

Якщо отримане значення не відповідає табличному – можна перевірити валідність цих даних одним з наступних способів:

- 1) шляхом повторної перевірки сигналу з датчика СКК;
- 2) шляхом порівняння отриманих даних з значеннями з таблиці. Якщо вони значно більші або менші за табличні – отже з цим сигналом щось не так, можлива проблема механічна чи програмна;

Під час перевірки отриманого значення з табличним – потрібно зважати на особливості стану здоров'я пацієнта. Приклад такої таблиці продемонстровано нижче (Таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 - Список нормальних табличних значень для показників насиченості крові киснем

Нормальний рівень СКК для здорової людини (%)	Нормальний рівень СКК для людини з вадами здоров'я (%)
95-99	92-94

Якщо рівень СКК впаде нижче 92% - це критичний стан, який потребує термінової присутності лікаря. У такому випадку, повідомлення про стан пацієнта буде одразу відправлене лікарю.

Наступним кроком є опис алгоритму обробки значення насиченості крові киснем. Для кращого розуміння алгоритму, далі його продемонстровано у вигляді псевдокоду.

```

get BOS
if BOS is ok
    end
else
    get BOS value again
    if BOS is ok
        show message with possible error
    end
    else
        show possible problem with health
        request feedback from patient
        if request is accepted in 30 sec
            end
        else
            send message for doctor and relatives
        end
    end
end

```

Даний алгоритм являє собою досить простий перелік кроків, його схематично зображено нижче на рисунку 3.3.

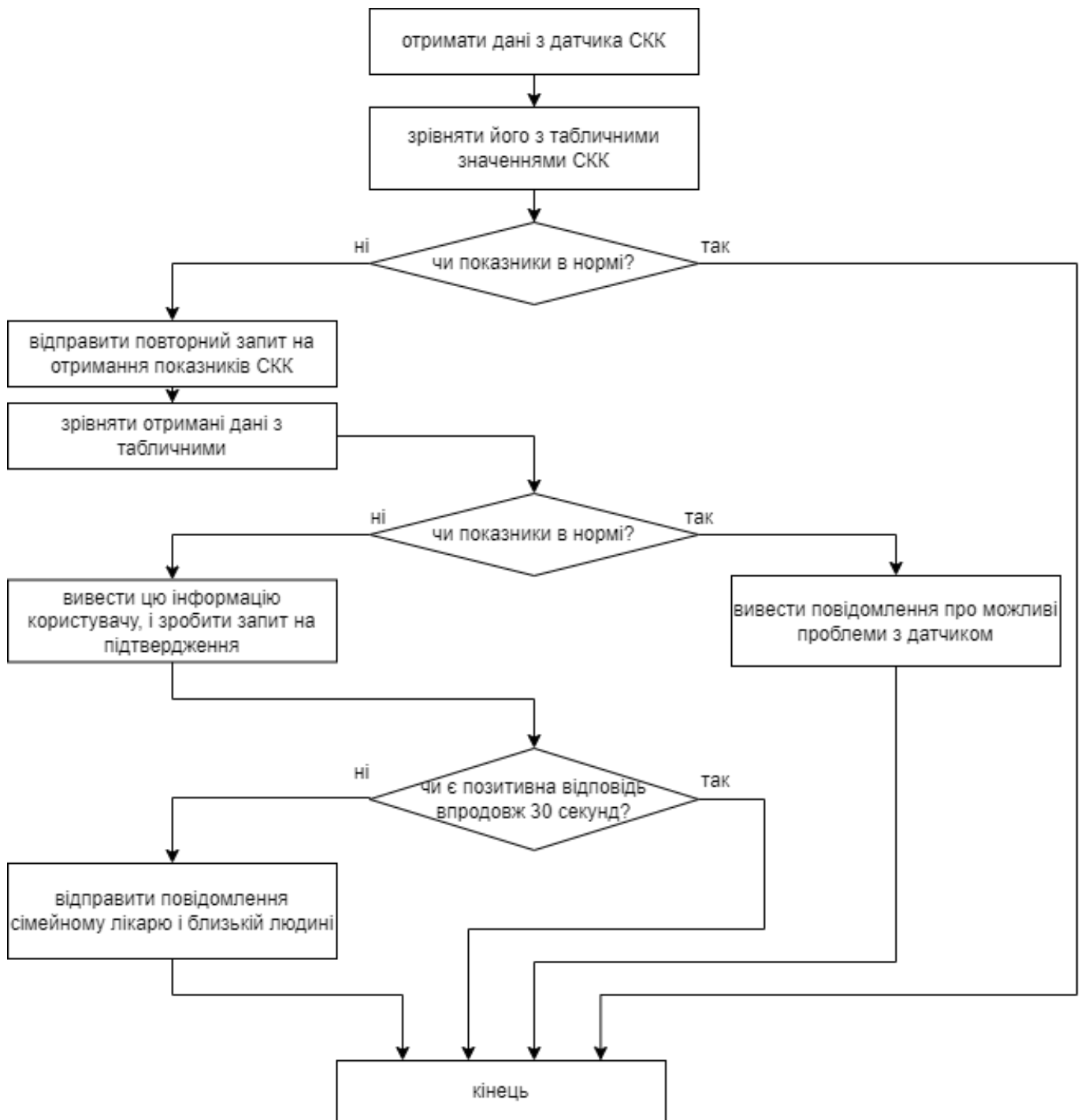


Рисунок 3.3 – алгоритм обробки значення СКК

3.1.5. Правила обробки даних системи моніторингу від датчика частоти серцебиття

Процес обробки даних відбувається наступним чином: система отримує дані від датчика частоти серцебиття, обробляє його, зрівнює його з табличним

значенням, та приймає рішення на основі отриманого результату: чи з пацієнтом все добре, чи потрібно прийняти превентивні міри стосовно здоров'я пацієнта у вигляді повідомлення його лікаря або рідних. Також, якщо значення частоти серцебиття буде відрізнятись від нормального значення з таблиці – пацієнт отримає інформацію про можливий діагноз.

Якщо отримане значення не відповідає табличному – можна перевірити валідність цих даних одним з наступних способів:

- 1) шляхом повторної перевірки сигналу з датчика частоти серцебиття;
- 2) шляхом порівняння отриманих даних з значеннями з таблиці. Якщо вони значно більші або менші за табличні – отже з цим сигналом щось не так, одна з ймовірних причин – проблема з датчиком;
- 3) шляхом перевірки навколишнього середовища, якщо це можливо.

Під час перевірки отриманого значення з табличним – потрібно зважати на вік та особливості стану здоров'я пацієнта. Приклад такої таблиці продемонстровано нижче (Таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 - Список нормальних табличних значень для показників частоти серцебиття

Вік (роки)	Мінімальна ЧС (уд/хв)	Нормальна ЧС (уд/хв)	Максимальна ЧС (уд/хв)
<1	102	132	162
1-2	94	124	154
4-6	86	106	126
6-8	78	98	118
8-10	68	88	108
10-12	60	80	100
12-15	55	75	95
15-50	60	70	80

Кінець таблиці 3.8 - Список нормальних табличних значень для показників частоти серцебиття

Вік (роки)	Мінімальна ЧС (уд/хв)	Нормальна ЧС (уд/хв)	Максимальна ЧС (уд/хв)
50-60	64	74	84
>60	69	79	89

Так, серце новонародженої дитини б'ється з середньою швидкістю 140 ударів в хвилину і може досягати показника 170 ударів. Після досягнення дитиною місячного віку протягом року показник поступово знижується, приходячи до однорічного віку до 130 ударів в хвилину. За наступний рік життя ЧС зменшується ще на 10-15% і досягає 120 ударів. Тенденція зменшення ЧС триває до 15 років, потім цей показник починає поступово зростати: дуже незначно до 50 років, і помітно в старшому віці.

Базуючись на отриманих даних заміру артеріального тиску можна визначити приблизний діагноз, і неодмінно сповістити його пацієнту та лікарю. Діагноз можна визначити звіривши отримані дані з таблицею. Приклад такої таблиці з класифікацією для людини двадцяти років продемонстровано нижче у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Список класифікації можливих діагнозів відповідно до показників частоти серцебиття

Можливий діагноз	Частота серцевих скорочень (уд/хв)
Тахікардія	>80
Норма	70
Брадикардія	<60

ЧСС у жінок і чоловіків не мають відмінностей, тому окремої таблиці для такого параметру не передбачено.

Варто зазначити, що усі табличні дані взяті з досліджень, які описані в відкритих джерелах. Деякі значення між таблицями можуть відрізнятись

незначним чином, адже вони були зроблені в різних дослідженнях на різних вибірках людей.

Наступним кроком є опис алгоритму обробки значення частоти серцевих скорочень. Він являє собою досить просту блок-схему, його схематично зображено нижче на рисунку 3.4.

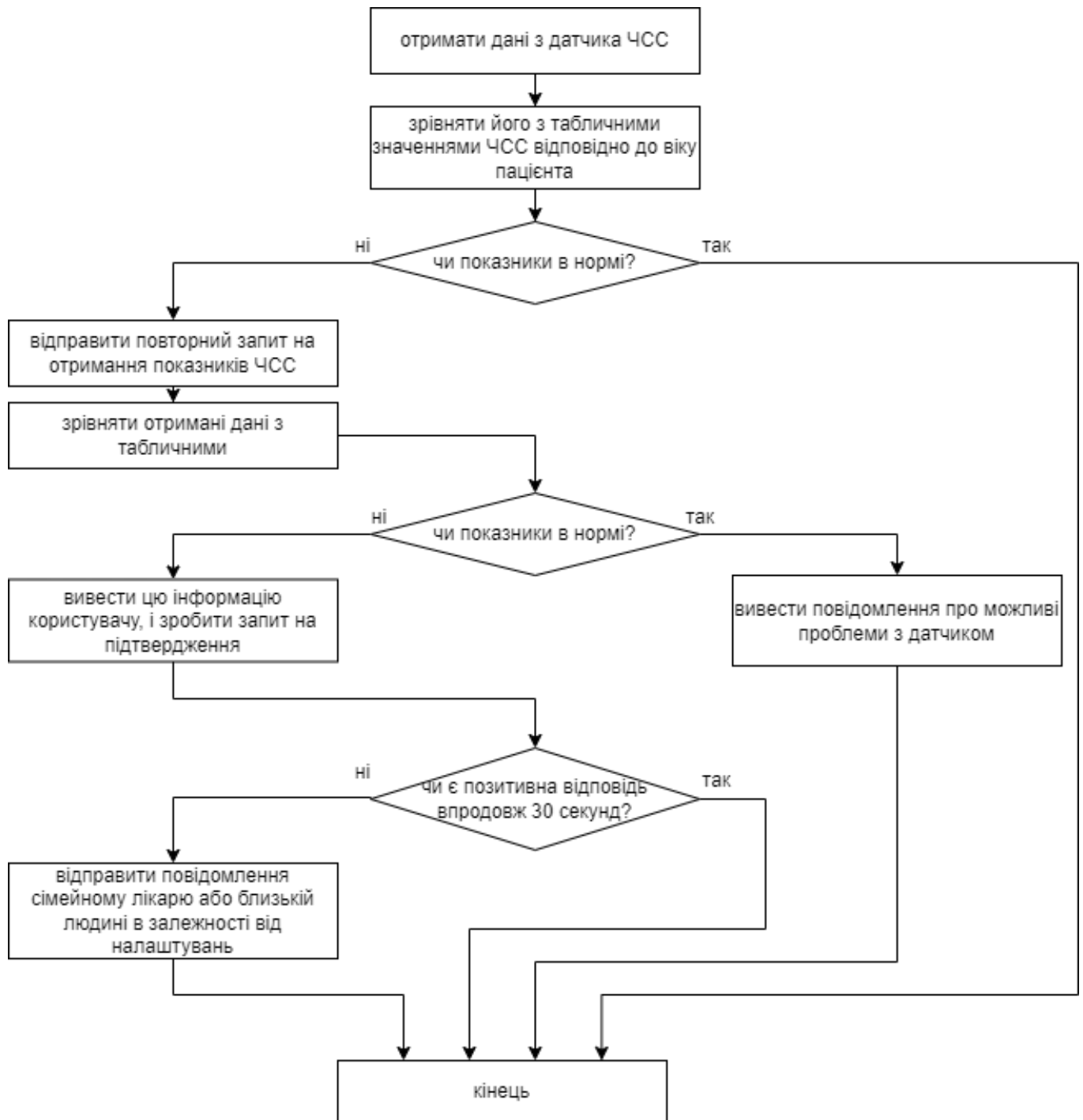


Рисунок 3.4 – алгоритм обробки значення ЧСС

Для кращого розуміння алгоритму, далі його продемонстровано у вигляді псевдокоду.

```

get HR
if HR is ok
    end
else
    get HR value again
    if HR is ok
        show message with possible error
    end
    else
        show possible problem with health
        request feedback from patient
        if request is accepted in 30 sec
            end
        else
            send message for doctor or relatives
        end
    end
end

```

3.2 Методи моніторингу системи

3.2.1 Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями складається з наступних кроків:

- 1) обнулення лічильника використаних правил: $j=0$;
- 2) щохвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача продемонстровано нижче у формулі 2.1:

$$HCP = \{ssi, sti, dti\}, i = 1.. \infty, \quad (2.1)$$

де HCP - множина показників стану здоров'я користувача;

ss - частота серцевих скорочень;

st - систолічний тиск;

dt - діастолічний тиск.

3) формування множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин продемонстровано нижче у формулі 2.2:

$$HCP5 = \{ssi, sti, dti, ssi1, sti1, dti1, ssi2, sti2, dti2, ssi3, sti3, dti3, ssi4, sti4, dti4\},$$

$$i = 1.. \infty, \quad (2.2)$$

де HCP5 - множина показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин;
i – ітерація циклу.

4) аналіз множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множини HCP5) –з використанням кожного з розроблених правил моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;

5) якщо після проведеного аналізу $j=0$, то стан користувача – нормальний, і жодних дій не відбувається, інакше відбуваються дії - видача повідомлення про виниклий ризик або видача повідомлення про виниклий ризик та відправлення даних сімейному лікарю та/або члену родини користувача - згідно із правилами, які спрацювали.

Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує:

1) щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача;

2) аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

3.2.2 Метод обробки і отримання інформації стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Вище було описано алгоритм опрацювання кожного виду даних, отриманого від відповідного датчику за допомогою сигналу, аналіз цих даних, та отримання результатів, і прийняття подальших дій. Тепер, у цьому розділі буде описано загальний метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, тобто як обробка усіх даних відбувається одночасно, та які дії приймаються у результаті цього аналізу даних.

Оскільки усі дані будуть звірятися з відповідними таблицями – потрібно зарання знати, з якими саме табличними значеннями проводити порівняння. Для цього перед початком обробки даних обов'язково потрібно заповнити усі необхідні дані про пацієнта, а саме:

- 1) вік;
- 2) стать;
- 3) наявність певних видів хвороб або особливостей, які також впливають на показники датчиків;
- 4) контакти лікаря та родича.

Далі, базуючись на цих даних, під час звірення отриманого сигналу з табличними даними – можна робити висновок щодо кожного з відслідковуваних параметрів, а потім і загальний висновок.

Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями працює схожим чином до обробки кожного з окремих відслідковуваних параметрів, проте з певними відмінностями:

- 1) по перше – він об'єднує усі досліджувані характеристики в один цикл моніторингу;
- 2) по друге – він записує усі дані в статистику, щоб потім можна було відслідкувати динаміку стану здоров'я пацієнта.

До прикладу, кожних 30 секунд система отримує дані з усіх датчиків, опрацьовує ці дані, порівнює їх з табличними значеннями, логує їх у статистику, та видає результат. Розглянемо наступний сценарій для більшої наглядності:

- 1) стать: чоловік;
- 2) вік: 20;

3) особливості здоров'я: немає.

Після налаштування системи – датчики починають свою роботу, вони спрацьовують вперше, і отримують такі результати:

- 1) температура тіла: 36.6 °C;
- 2) ЧСС: 73 уд/хв;
- 3) СКК: 98%;
- 4) АТ: 122/80 мм рт. ст.

Далі відбувається перевірка даних з табличними значеннями, для пацієнта чоловічої статі віком 20 років, і без особливостей стану здоров'я підходить наступна таблиця (Таблиця 3.10):

Таблиця 3.10 – Нормальні та граничні значення для пацієнта чоловічої статі віком 20 років, без особливостей стану здоров'я.

	Мінімальне значення	Нормальне значення	Максимальне значення
АТ (мм рт.ст.)	108/75	120/79	132/83
Температура (°C)	36.0	36.6	37.8
ЧСС (уд/хв)	60	70	80
Нормальний рівень СКК для здорової людини (%)	<94%	95-99%	

Після порівняння даних виявляється, що стан здоров'я в нормі. Далі відбувається логування усіх даних до статистики, та через 30 секунд цикл повторюється.

Якщо ж якийсь з досліджуваних параметрів не пройде перевірку з табличними значеннями, тоді відбудеться повторне зчитування даних з датчиків, адже можливий програмний збій або помилка сенсора: неправильне розташування, або механічна поломка, або якась фізична вада перед сенсором на кшталт тканини

від одягу. Якщо ж повторний результат перевірки даних з таблицею теж не пройшов валідацію – тоді пацієнт отримає повідомлення на телефон з проханням неодмінно підтвердити свій стан здоров'я, та звернути увагу на те, чи має він доступ до зв'язку, ліків, або людей. Якщо з пацієнт відхилить запит, або проігнорує його впродовж 30 секунд – в такому випадку сімейний лікар та рідні отримають повідомлення про те, що стан здоров'я пацієнта можливо в небезпеці, і він потребує термінової допомоги. Також, вони в повідомленні отримають можливий діагноз пацієнта, та статистику за попередню добу по стану здоров'я пацієнта.

Після цього, цикл моніторингу стану здоров'я пацієнта знову повториться, знову дані будуть зчитані, перевірені, та залоговані для кращого розуміння динаміки стану здоров'я пацієнта.

Що стосується повторюваності збору даних кожних 30 секунд – цей параметр може бути налаштований індивідуально відповідно до потреб або вподобань пацієнта.

Для кращого розуміння алгоритму, далі його продемонстровано у вигляді псевдокоду.

```

get HR, BOS, T, AP
if HR && BOS && T && AP are ok
    write statistics
    restart method in N seconds
else
    get HR, BOS, T, AP values again
    if HR && BOS && T && AP are ok
        show message with possible sensor or software
errors
        write statistics
        restart method in N seconds
    else
        show possible problem with health
        request feedback from patient
        if request is accepted in 30 sec
            write statistics
            restart method in N seconds
        else
            send message for doctor and relatives
            write statistics
            restart method in N seconds

```

Схематично даний алгоритм зображено у вигляді блок-схеми на рисунку 3.5
нижче.

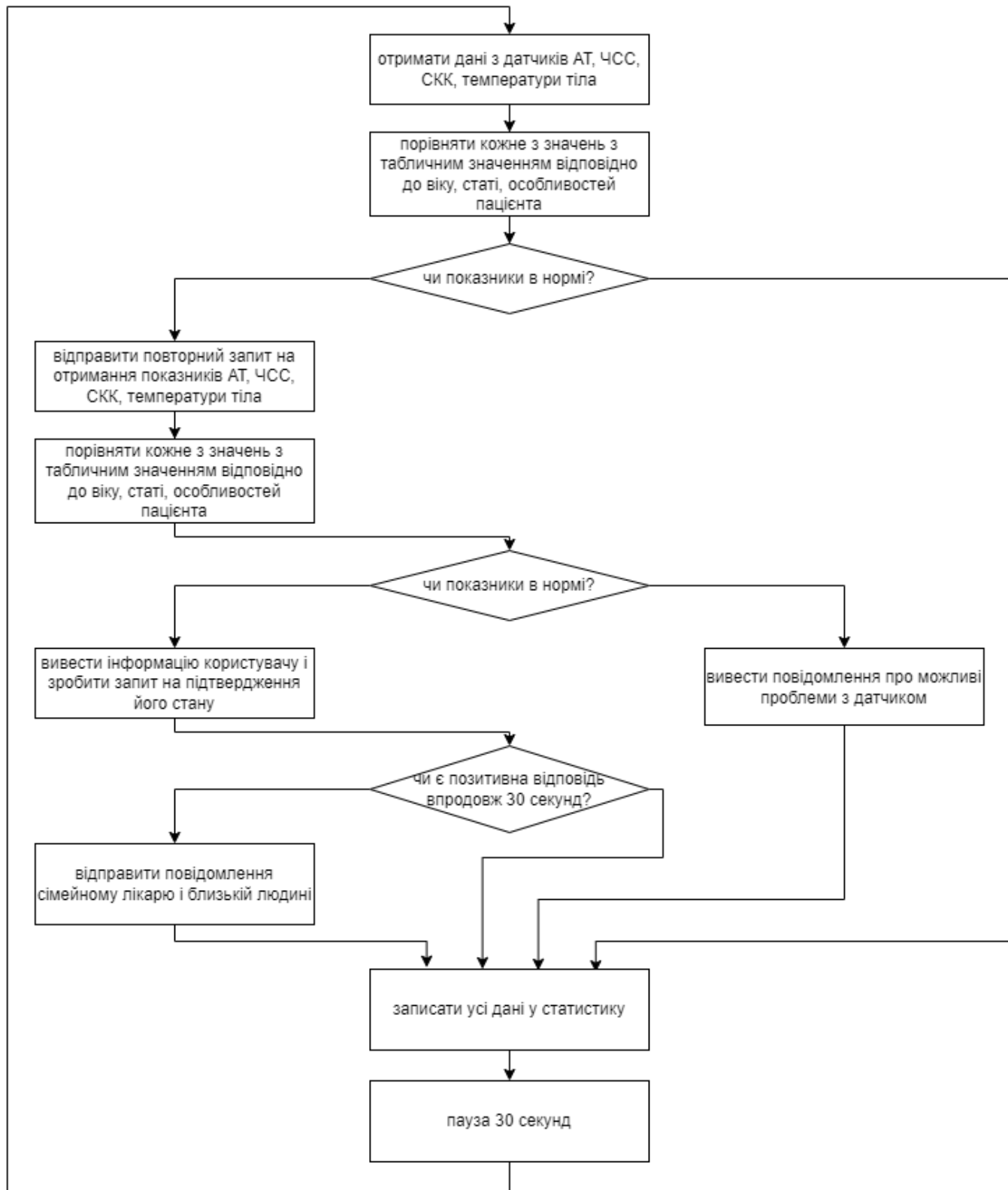


Рисунок 3.5 – блок-схема методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

3.3 Висновки

Під час опрацювання даного розділу магістерської роботи, було досліджено наступні правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями:

- 1) правила обробки даних системи моніторингу від датчика артеріального тиску;
- 2) правила обробки даних системи моніторингу від датчика температури тіла;
- 3) правила обробки даних системи моніторингу від датчика сатурації кисню в крові;
- 4) правила обробки даних системи моніторингу від датчика частоти серцебиття.

Також було розібрано загальний метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Отже, усі цілі третього розділу досягнуті, тож можна ставити такі завдання на четвертий розділ:

- 1) вибрати та обґрунтувати тип архітектури проектування системи;
- 2) розробити архітектуру системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ;
- 3) створити діаграму варіантів використання;
- 4) створити діаграму класів;
- 5) створити діаграму станів;
- 6) розробити інтерфейс системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 7) описати основні функції системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

4 МОБІЛЬНА КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

4.1 Вибір типу архітектури проектування розроблюваної системи

Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями включає в себе набір датчиків для вимірювання необхідних показників:

- 1) датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень;
- 2) датчики для вимірювання артеріального тиску.

Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями представляє собою браслет, в який вмонтовано ці датчики, а також спеціально розроблений мобільний додаток на телефоні користувача. В мобільному додатку користувач при реєстрації вказує свої ім'я та прізвище, надає доступ додатку до даних геолокації, та зазначає номери мобільних телефонів людей, кому мають бути передані дані в разі серйозної загрози життю та здоров'ю користувача (сімейний лікар та/або член(и) родини користувача).

За допомогою браслета відбувається щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, а також аналіз показників з використанням вище розроблених правил моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилом(и), яке(і) спрацювало. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача (ППП та виникла загроза) разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря та/або члена родини, щоб вони могли оперативнo викликати швидку за наданою геолокацією.

Архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями представлена нижче на Рисунку 4.1.

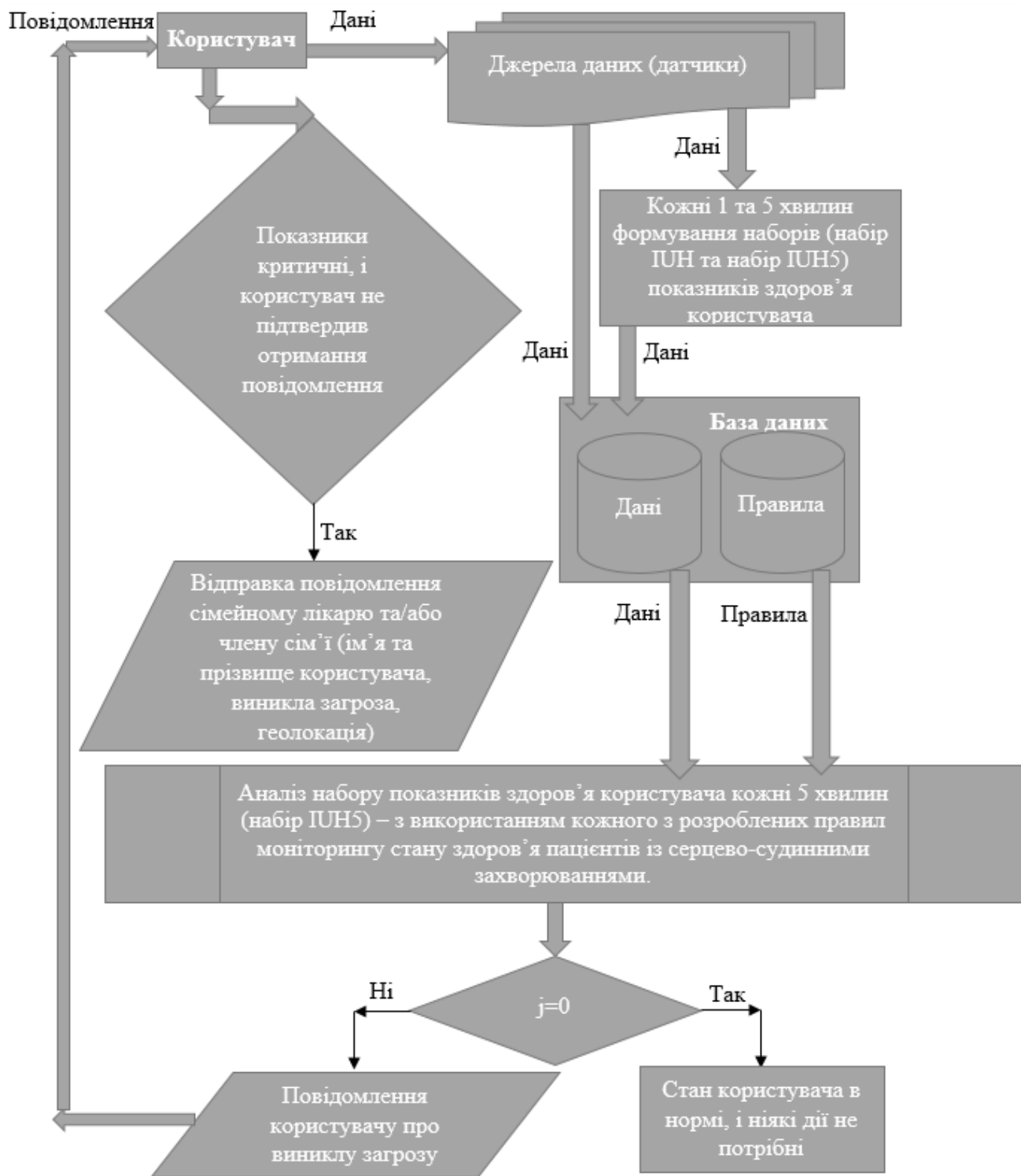


Рисунок 4.1 – архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

4.2 Приклади функціонування і експерименти мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Розглянемо функціонування розроблених методів мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. Для більшої наглядності наведемо два приклади використання розробленої системи:

1) перший приклад використання запропонованої мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ 73-річною жінкою, яка є пацієнткою амбулаторії сімейної медицини мікрорайону Озерна (Хмельницький) і яка страждає на часті приступи тахікардії та на артеріальну гіпертензію. Жінці було одягнуто браслет із давачами мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями та було встановлено розроблений мобільний додаток на смартфон. Сімейний лікар допомогла пацієнтці виконати реєстрацію в мобільному додатку – вказати свої ім'я та прізвище, надати доступ додатку до даних геолокації, та зазначити номери мобільних телефонів людей, кому мають бути передані дані в разі серйозної загрози життю та здоров'ю користувача (сімейного лікаря та сина пацієнтки). Через три дні носіння браслету сімейному лікарю та сину пацієнтки на телефони надійшло повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем пацієнтки та її геолокацією. Сімейний лікар одразу викликала швидку за зазначеною геолокацією – лікарі швидкої знайшли пацієнтку непритомною в дворі її будинку, в пацієнтки трапився гіпертонічна криза, систолічний тиск становив 200 мм рт. ст., діастолічний тиск становив 140 мм. рт. ст. В даному випадку розроблена мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями допомогла врятувати пацієнтку та запобігти інсульту в неї;

2) другий приклад використання запропонованої мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ 45-річним чоловіком, який

також є пацієнтом амбулаторії сімейної медицини мікрорайону Озерна (Хмельницький) і який страждає на часті приступи брадикардії, які потрібно вчасно виявляти з метою вчасного вжиття необхідних медичних препаратів. Чоловікові було одягнуто браслет із давачами мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ та було встановлено розроблений мобільний додаток на смартфон. Сімейний лікар допомогла пацієнту виконати реєстрацію в мобільному додатку – вказати свої ім'я та прізвище, надати доступ додатку до даних геолокації, та зазначити номери мобільних телефонів людей, кому мають бути передані дані в разі серйозної загрози життю та здоров'ю користувача (сімейного лікаря та дружини пацієнта). В наступний візит до сімейного лікаря пацієнт розповів, що завдяки браслету в нього значно легше протікають напади брадикардії, оскільки браслет повідомляє його про початок нападу ще до суттєвого погіршення самопочуття, і він одразу вживає рекомендовані лікарем медичні препарати, відтак напад вдається зупинити на його початку. В даному випадку розроблена мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ допомагає пацієнту в самодіагностиці та моніторингу за станом його здоров'я і вчасно вживати необхідні медичні препарати при виникненні ризику.

Отже, пропонована мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями допоможе багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допоможе цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

4.3 Розробка програмного засобу для мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Вибір типу архітектури проектування - це надзвичайно важливий етап розробки системи, адже добре підібрана архітектура ПЗ дозволяє значно спростити розробку, чітко розуміти, що вийде в результаті, та як працюватимуть всі функції.

Якісна архітектура системи дозволить створити якісний програмний продукт, і надалі зменшить витрати на його утримання та обслуговування.

Архітектура програмного забезпечення повинна виконувати наступні основні завдання:

1) визначати структуру додатка та дозволити зрозуміти, як вона влаштована, на яких рівнях виконуються ті чи інші завдання та функції;

2) визначати поведінку та взаємодію елементів, завдяки чому має бути зрозуміло, що відбувається, якщо виконується певна дія;

3) визначати основні та другорядні елементи, що дозволить оцінити вартість розробки, зрозуміти, які елементи обов'язково впроваджувати, а від яких можна відмовитися;

4) допомогти зрозуміти, наскільки додаток масштабується, як складно буде впроваджувати нові функції та який стек технологій використовувати;

5) дозволити задовольнити потреби кінцевого користувача та адаптувати додаток під взаємовиключні вимоги;

6) дозволити зрозуміти логічні взаємозв'язки у додатку;

7) дозволити коректно вести документацію та чітко розписувати функціонал, що суттєво спрощує подальше обслуговування додатка, внесення змін та роботу з існуючим функціоналом.

Для даного проекту у якості архітектури ПЗ буде використано шаблон посередника. Його суть полягає в тому, щоб відокремити модулі один від одного, і організувати їхню взаємодію через окремий клас. Якщо додаток складається з великої кількості модулів, пряма взаємодія виглядає досить складною та заплутаною. Щоб полегшити її, впроваджується посередник, який дозволяє модулям налагодити взаємодію. Функціональна сумісність компонентів одразу зростає, але посередник – слабка ланка системи, адже у разі виходу його з ладу може перестати працювати вся система. Будь яка архітектура має свої плюси і мінуси, і потрібно вибирати максимально зручну архітектуру під кожний окремий проект. Саме з цієї причини, зваживши всі за і проти – було вибрано шаблон посередника.

4.3.1 Розробка архітектури програмного засобу системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ

Оскільки архітектура програмного забезпечення вже вибрана, а саме шаблон посередника – настав час реалізувати його. Для кращого розуміння шаблону, та для уникнення помилок у подальшій розробці – першим ділом потрібно створити відповідні діаграми:

- 1) діаграму варіантів використання;
- 2) діаграму станів;
- 3) діаграму класів.

Ці діаграми допоможуть більш правильно формувати систему ще з самого початку розробки програмного засобу.

4.3.1.1 Діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання, або ж її ще називають діаграмою прецедентів - це UML діаграма, на якій зображають відношення між акторами та прецедентами в системі. Перш за все, діаграма прецедентів – це граф, що складається з множини акторів, прецедентів обмежених системою, асоціацій між акторами та прецедентами, відношень серед прецедентів, та відношень узагальнення між акторами. Основною метою цієї діаграми є відображення елементів моделі варіантів використання.

Суть діаграми прецедентів полягає в тому, що проєктована система подається у вигляді множини сутностей чи акторів, що взаємодіють із системою за допомогою так званих варіантів використання.

Варіанти використання застосовуються для описання послуг, які система надає актору. Іншими словами, кожен варіант використання визначає деякий набір дій, який виконує система під час діалогу з актором. При цьому нічого не говориться про те, яким чином буде реалізовано взаємодію акторів з системою.

Приклад діаграми варіантів використання для розроблюваної системи продемонстровано на рисунку 4.2.

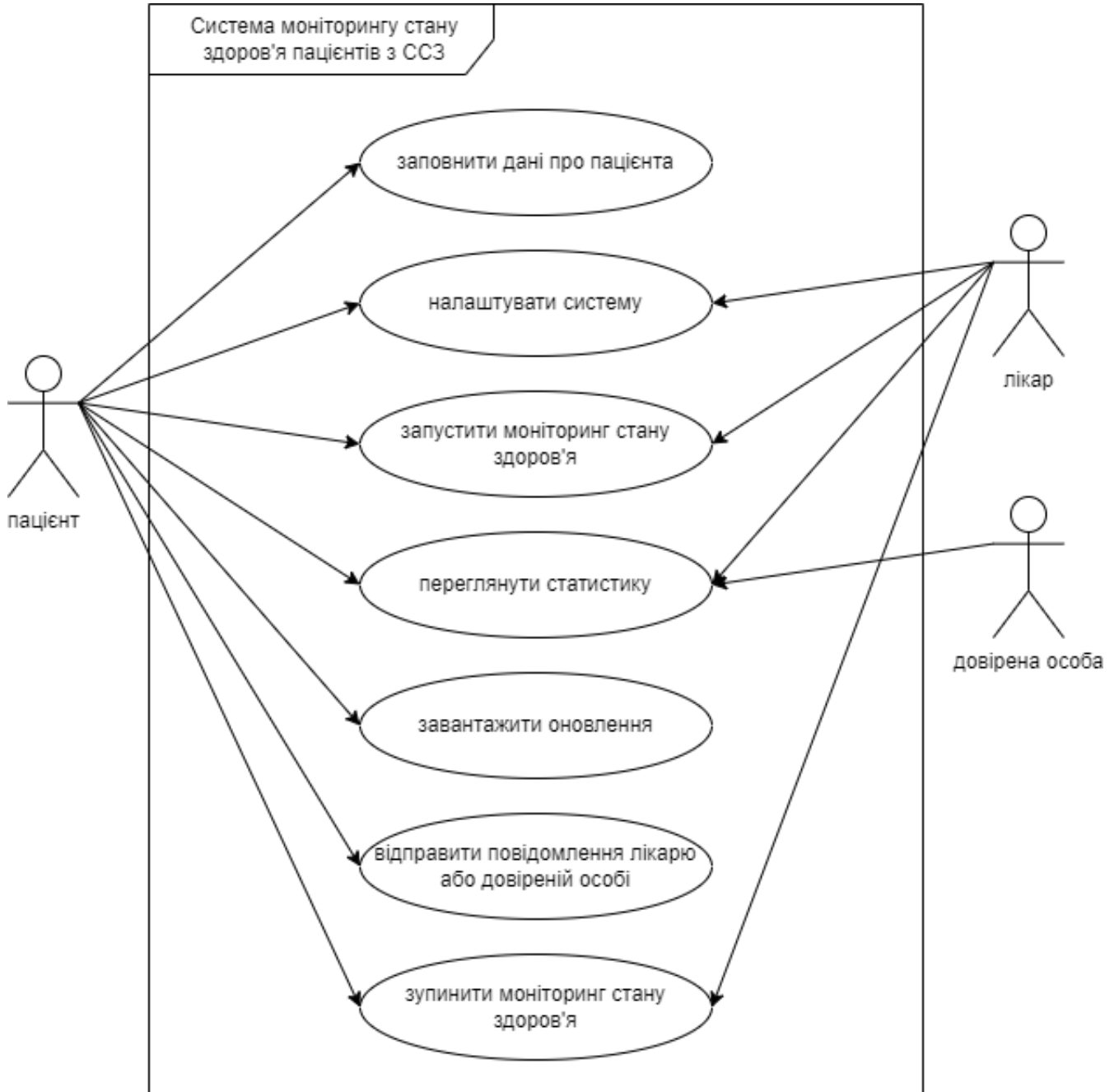


Рисунок 4.2 – діаграма варіантів використання системи

4.3.1.2 Діаграма класів

Наступним кроком є складання діаграми класів, ця діаграма допоможе краще зрозуміти взаємодію класів між собою, їхні залежності, та можливості для обміну і захисту даними.

Діаграма класів - це вид статичної структурної діаграми, яка описує структуру системи, показуючи класи системи, їхні атрибути, операції, методи і зв'язки між об'єктами.

Діаграма класів є основним будівельним блоком об'єктно-орієнтованого моделювання. Він використовується як для загального концептуального моделювання структури програми, так і для детального моделювання. Класи на діаграмі являють собою основні елементи взаємодії в додатку. Дрібні та допоміжні класи на діаграмі можна не зображати.

На схемі класи представлені контейнерами, які містять три відділення:

- 1) назва класу;
- 2) атрибути класу;
- 3) операції, які може виконувати клас.

Під час проектування системи визначається кількість класів, які групуються разом у діаграмі класів, яка допомагає визначити статичні зв'язки між ними. Великі класи варто розбивати на підкласи.

Однак, варто зазначити, що діаграма класів не має відображати динаміку або поведінку класів – для цього є інші діаграми, які також є розробленими, та зображені далі у роботі.

Нижче, на рисунку 4.3 зображено діаграму класів для розроблюваної системи моніторингу здоров'я пацієнтів з ССЗ.

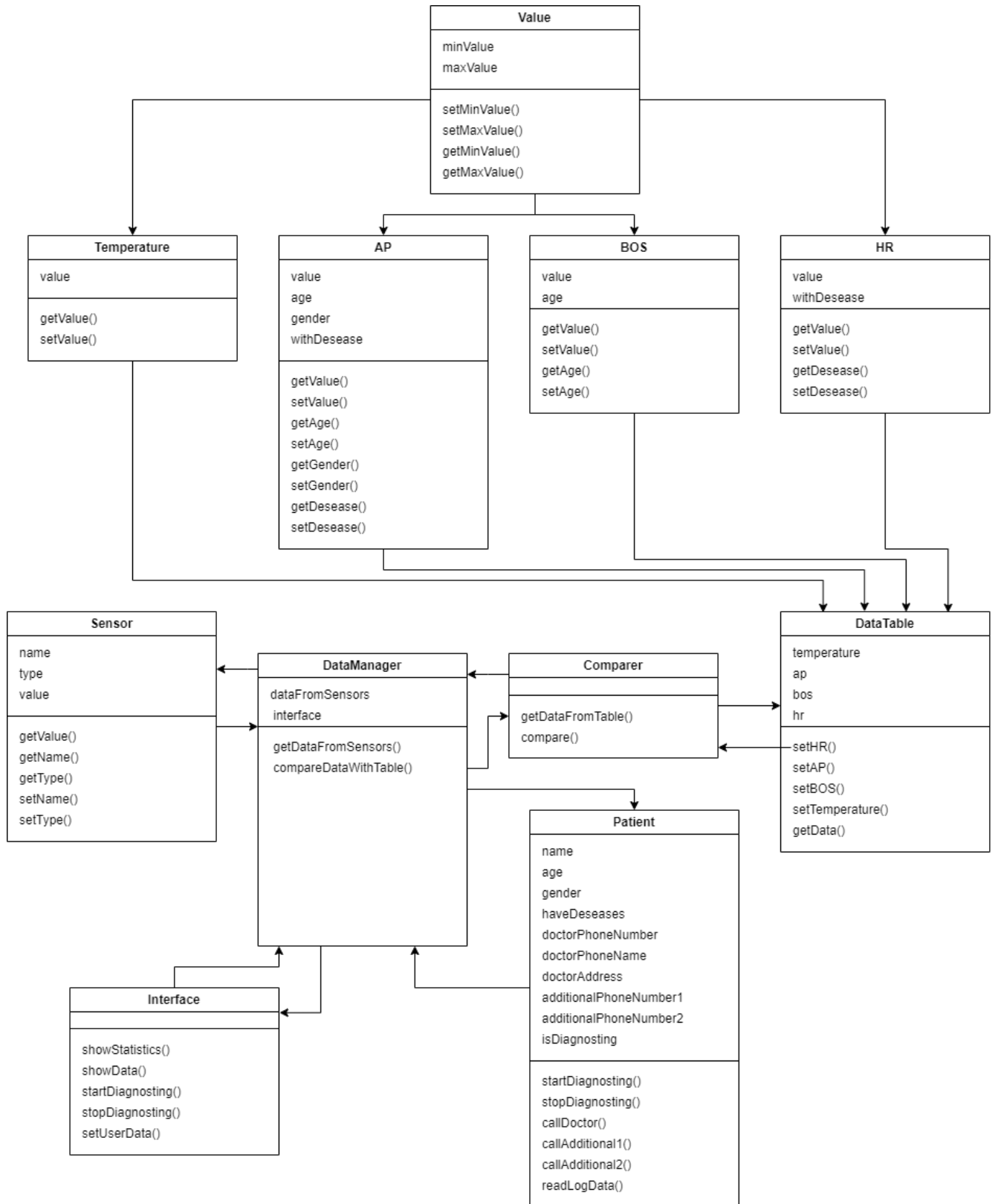


Рисунок 4.3 – Діаграма класів системи

4.3.1.3 Діаграма станів

Діаграма станів виглядає як граф-автомат, і описує процес зміни стану тільки одного класу, а точніше – одного екземпляра певного класу, тобто моделює всі можливі зміни в стані конкретного об'єкта, викликані зовнішніми впливами з боку інших об'єктів або навіть ззовні.

Діаграма станів дозволяє визначити можливі послідовності станів і переходів, які в сукупності характеризують поведінку елемента моделі протягом його життєвого циклу.

У цьому графі-автоматі вершинами є стани або псевдостани, зображувані прямокутником з заокругленими кутами, усередині яких записується ім'я стану та список внутрішніх дій, виконуваних об'єктом у цьому стані, або ж їх можна зобразити біля прямокутника.

Особливістю діаграми станів є те, що список дій відокремлюється від імені горизонтальною лінією, а дуги графу служать для позначення переходів зі стану в стан.

Для даної системи було створено наступні діаграми станів:

- 1) діаграма станів Patient;
- 2) діаграма станів DataManager;
- 3) діаграма станів Comparer;
- 4) діаграма станів UIInterface.

Нижче, на рисунку 4.4, продемонстровано діаграму станів системи моніторингу стану здоров'я для класу Patient.

State diagram for Patient class

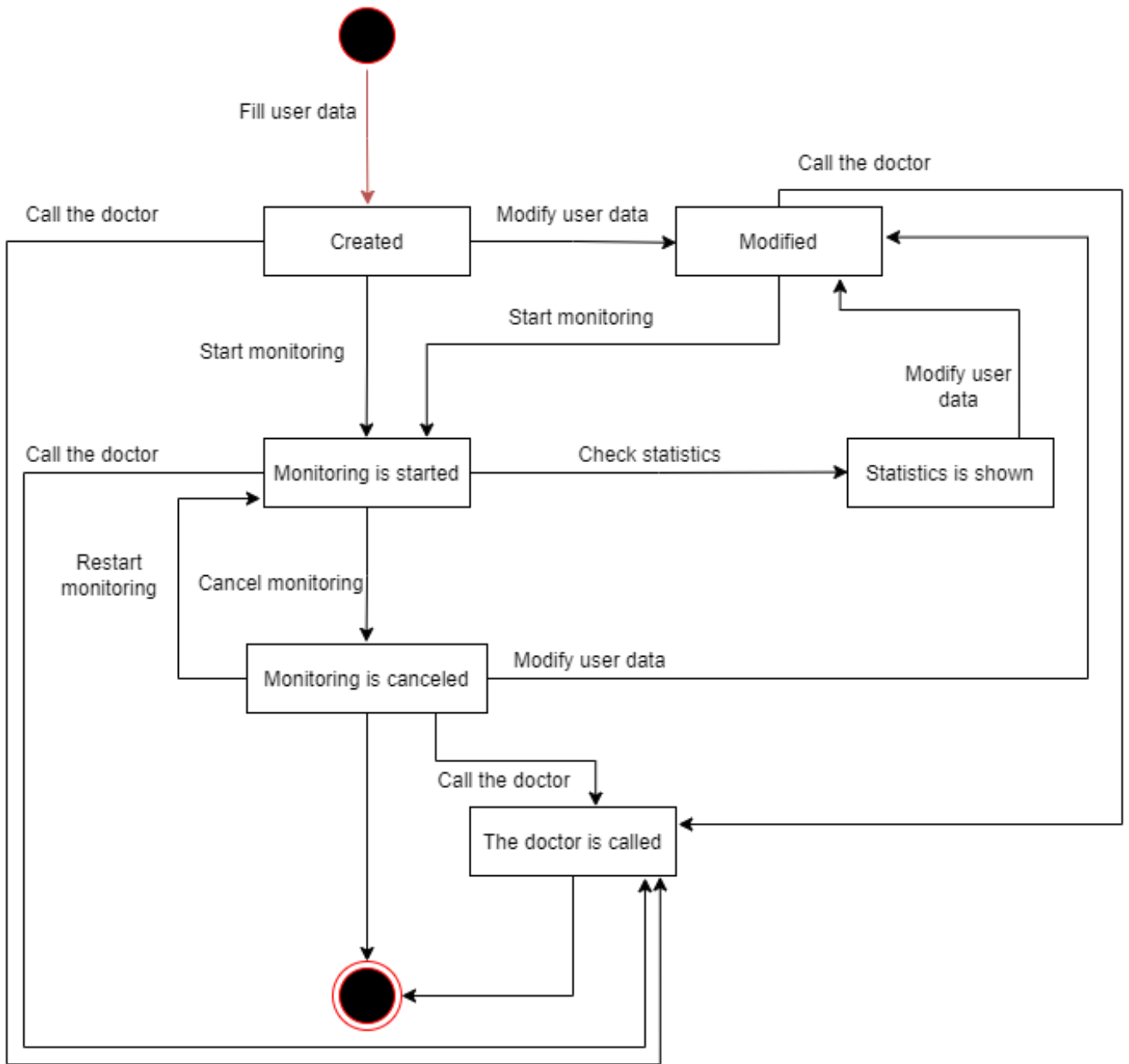


Рисунок 4.4 – Діаграма станів для класу Patient

Нижче, на рисунку 4.5, продемонстровано діаграму станів системи моніторингу стану здоров'я для класу DataManager.

State diagram for DataManager class

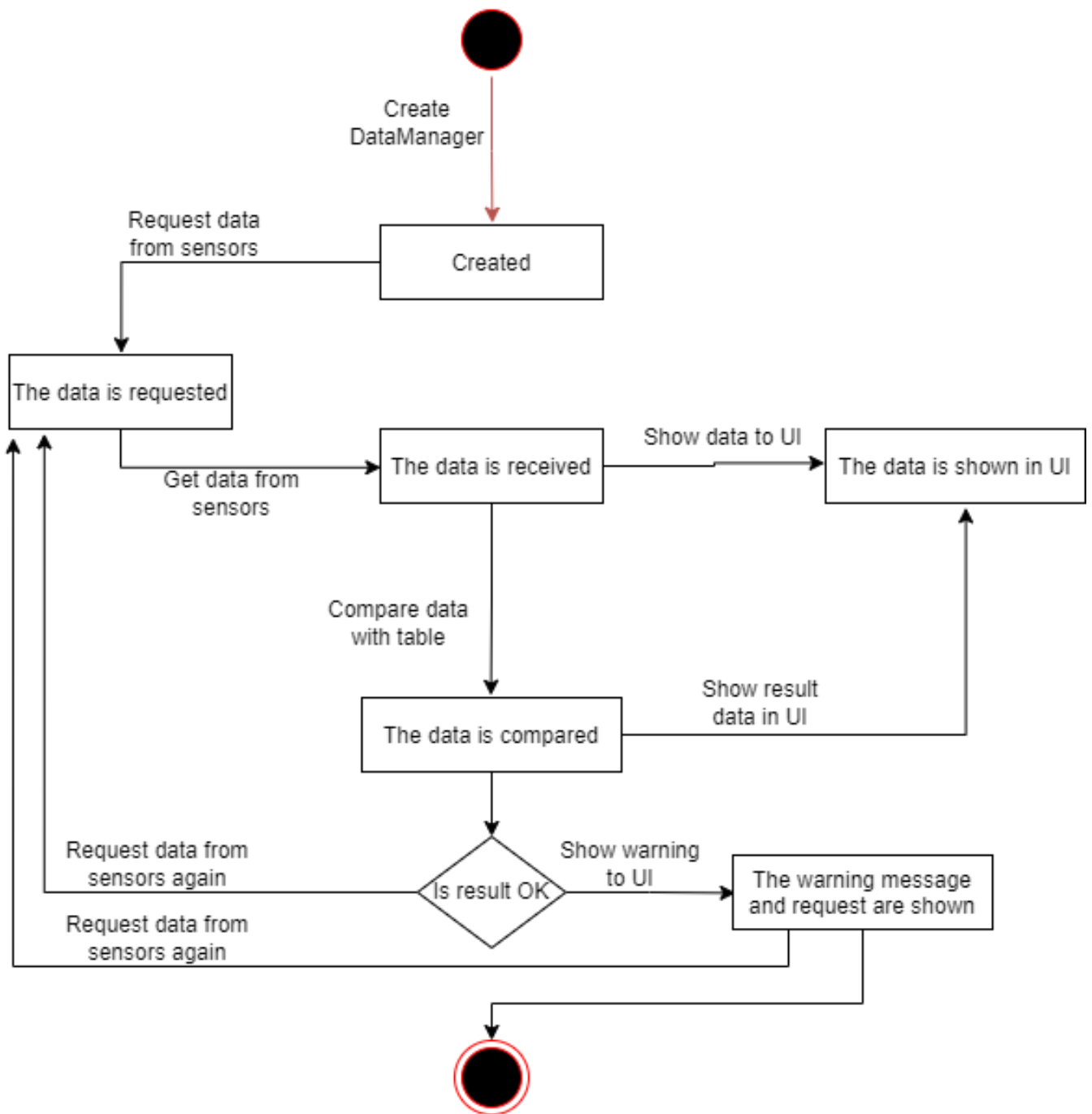


Рисунок 4.5 – Діаграма станів для класу DataManager

Нижче, на рисунку 4.6, продемонстровано діаграму станів системи моніторингу стану здоров'я для класу Comparer.

State diagram for Comparer class

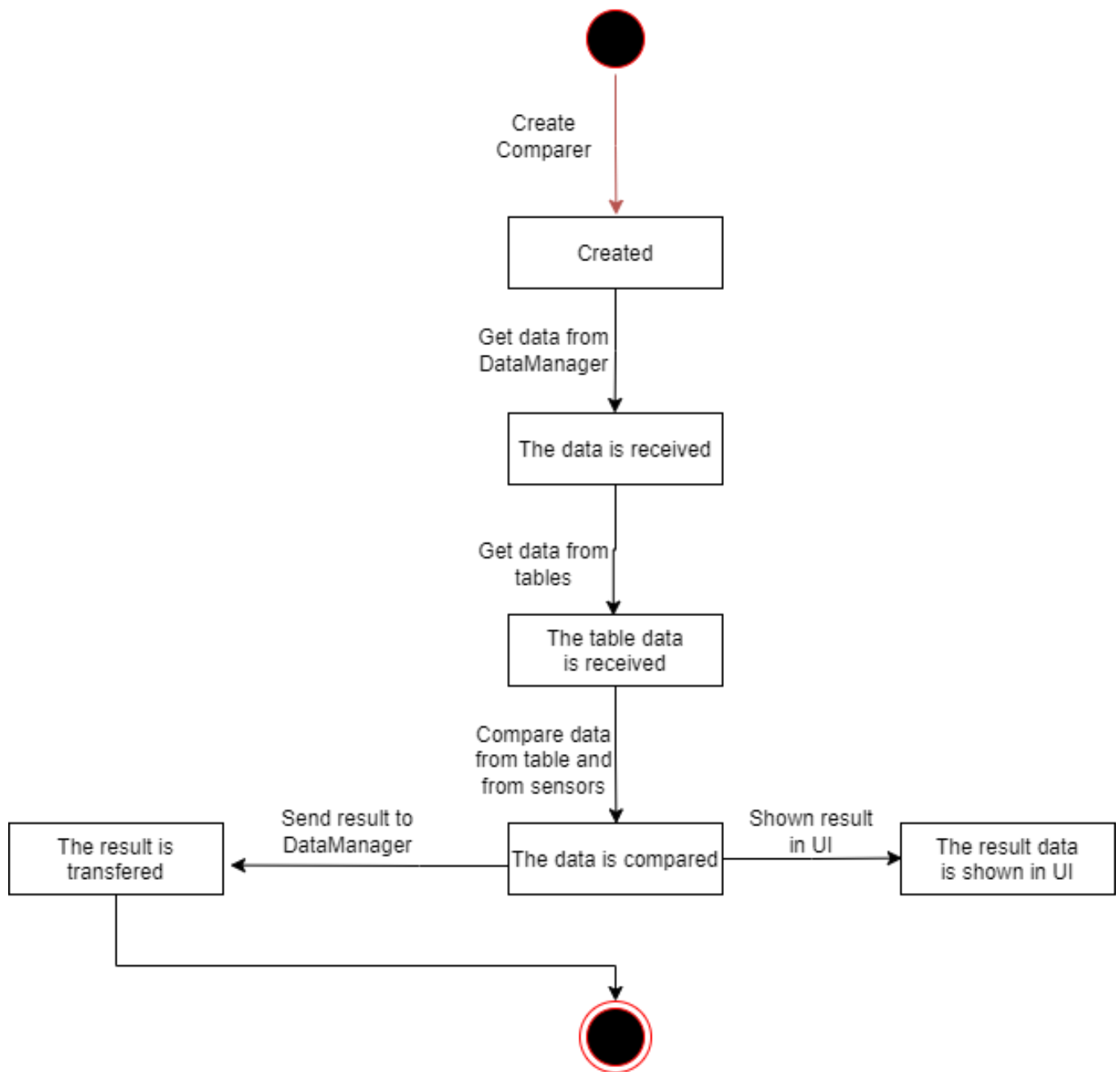


Рисунок 4.6 – Діаграма станів для класу Comparer

Нижче, на рисунку 4.7, продемонстровано діаграму станів системи моніторингу стану здоров'я для класу UIInterface.

State diagram for UIInterface class

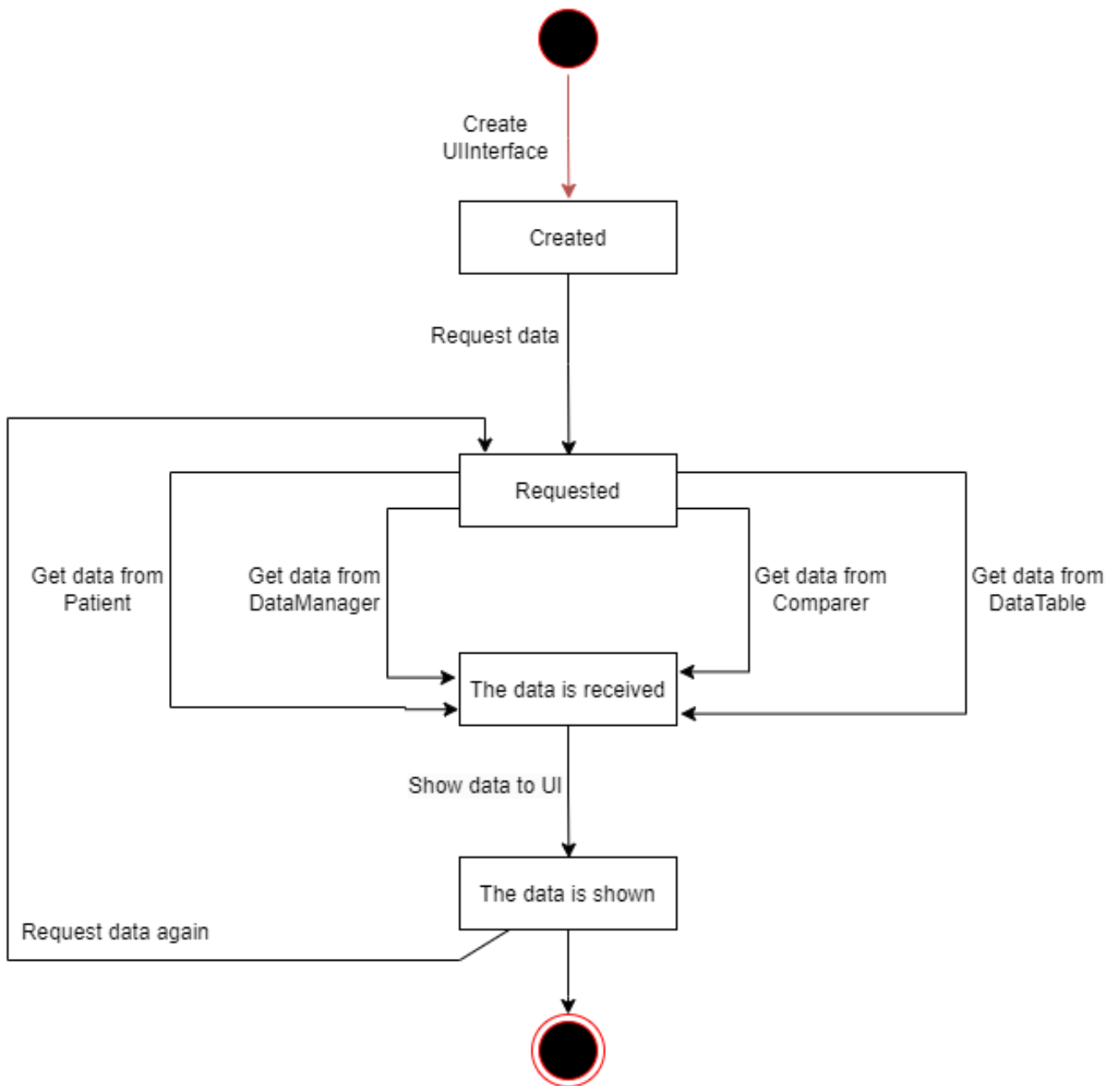


Рисунок 4.7 - Діаграма станів для класу UIInterface

4.3.2 Інтерфейс системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Для розроблюваної системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями було розроблено наступний інтерфейс для мобільного додатку, який зображено на рисунках 4.8-4.12.

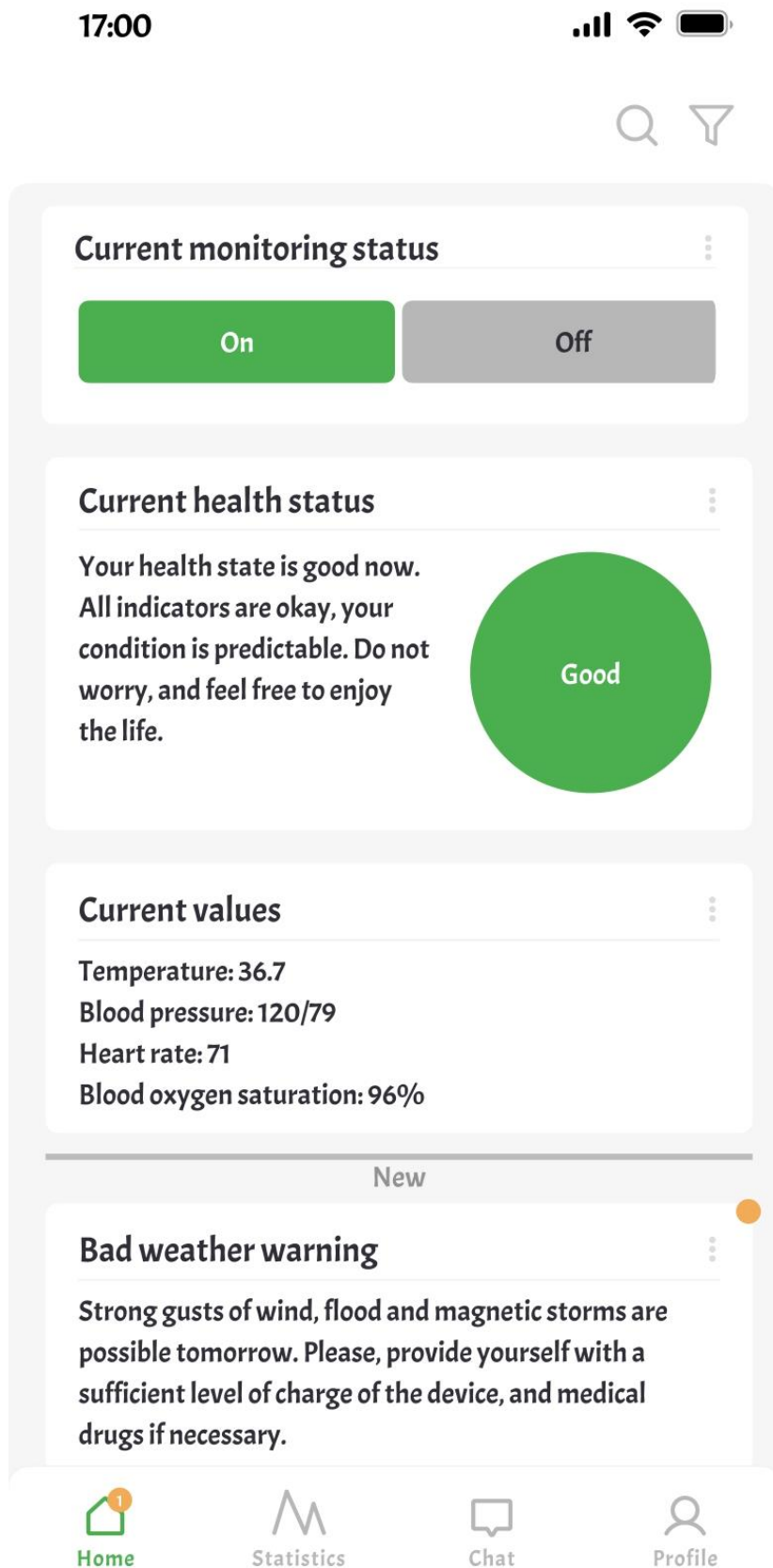


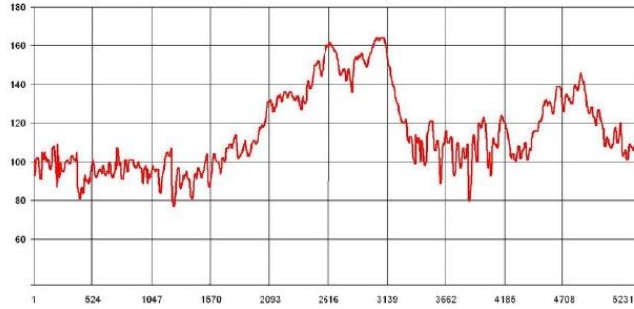
Рисунок 4.8 – Інтерфейс додатку, сторінка Home

17:00



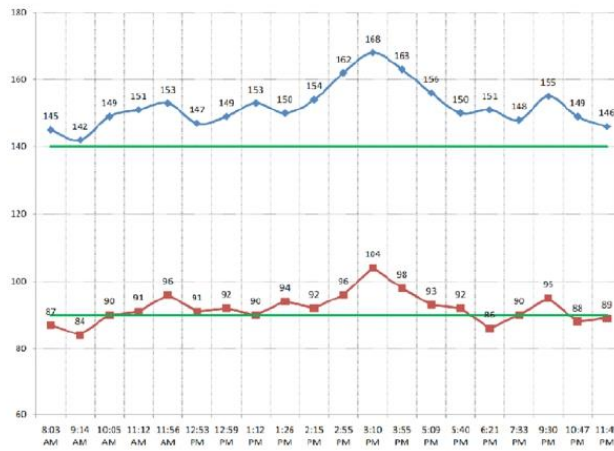
Heart rate

Current: 112



Arterial pressure

Current: 120/79



Temperature

Current: 36.7



Рисунок 4.9 – Інтерфейс додатку, сторінка Statistics

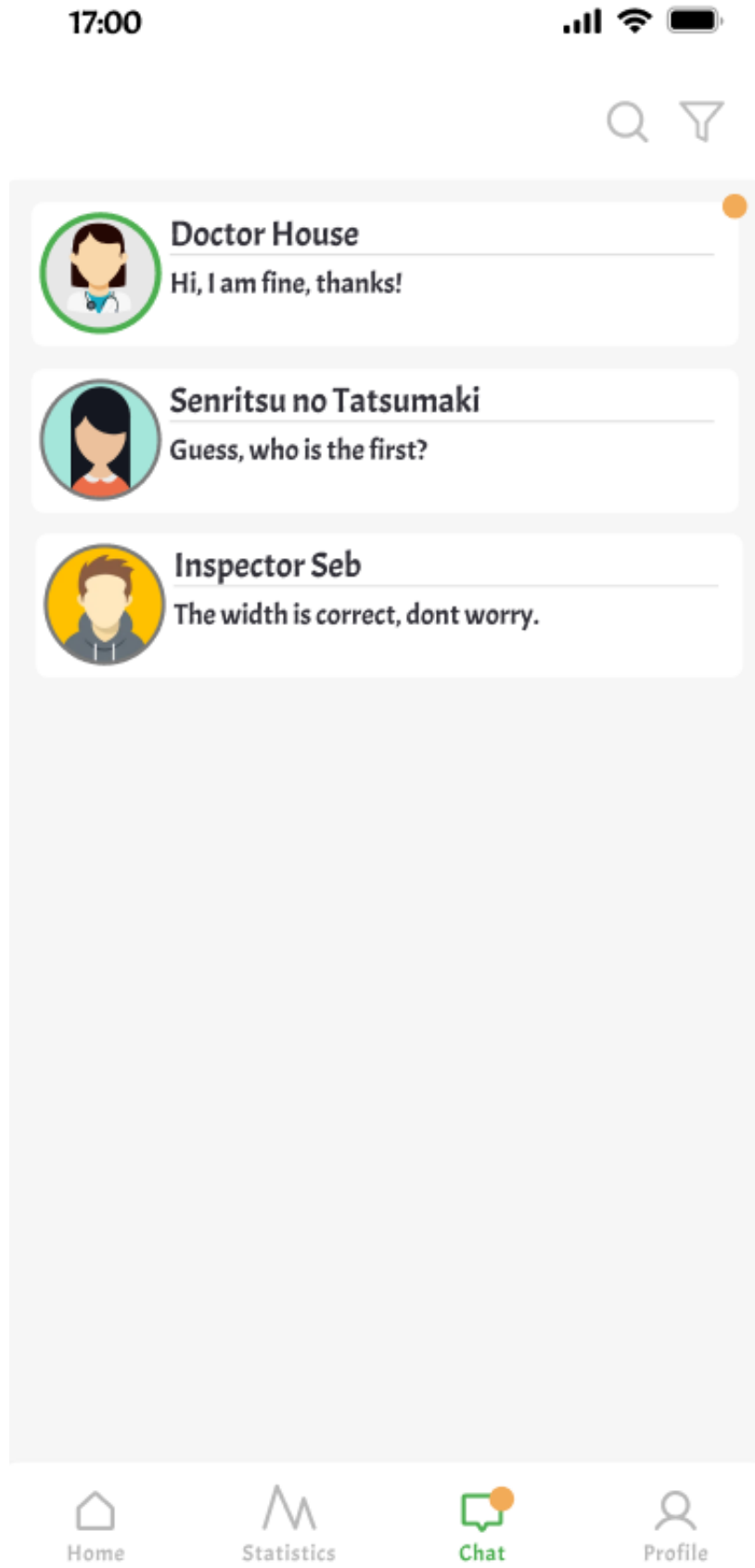


Рисунок 4.10 – Інтерфейс додатку, сторінка Chat

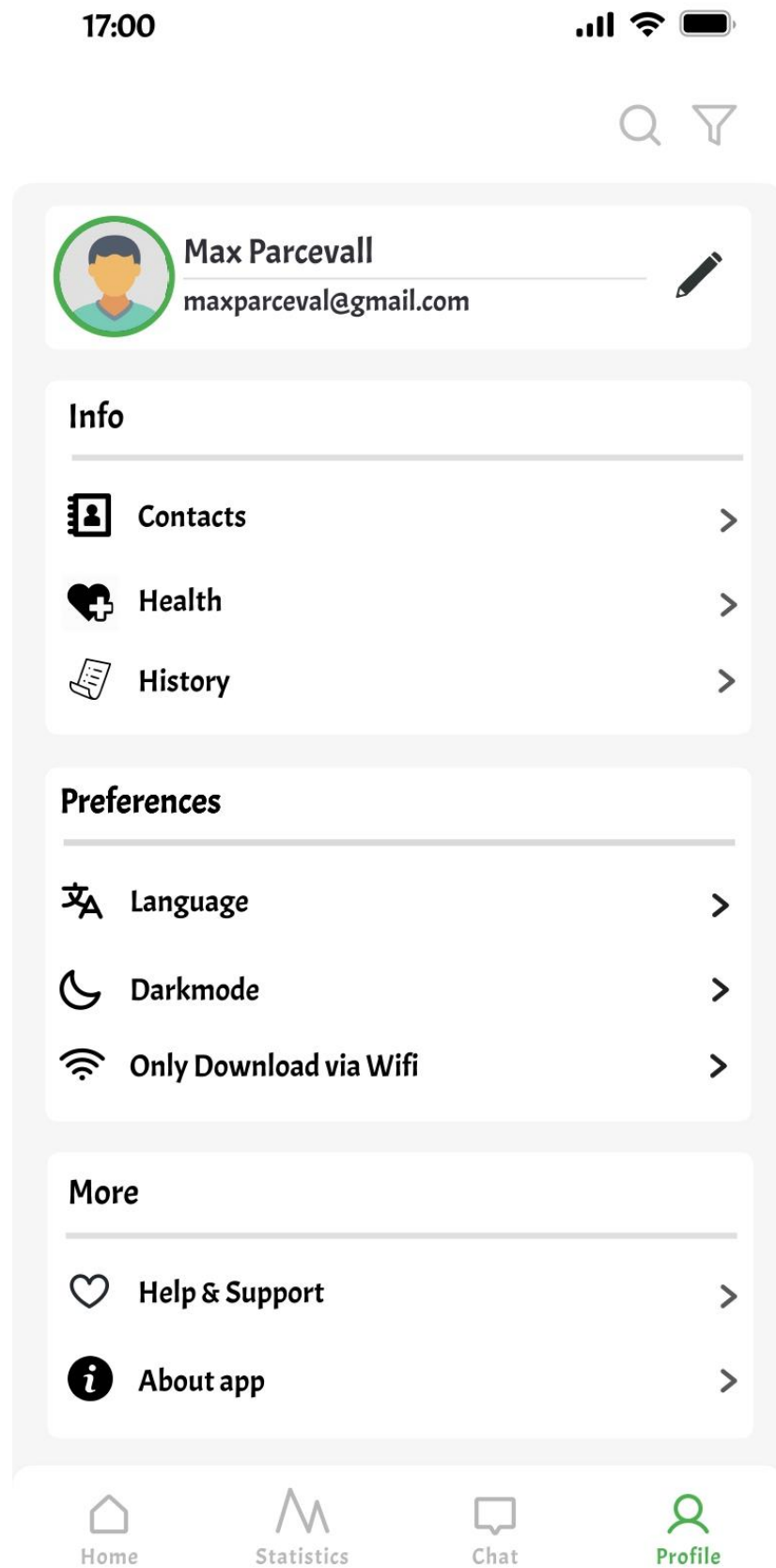


Рисунок 4.11 – Інтерфейс додатку, сторінка Profile

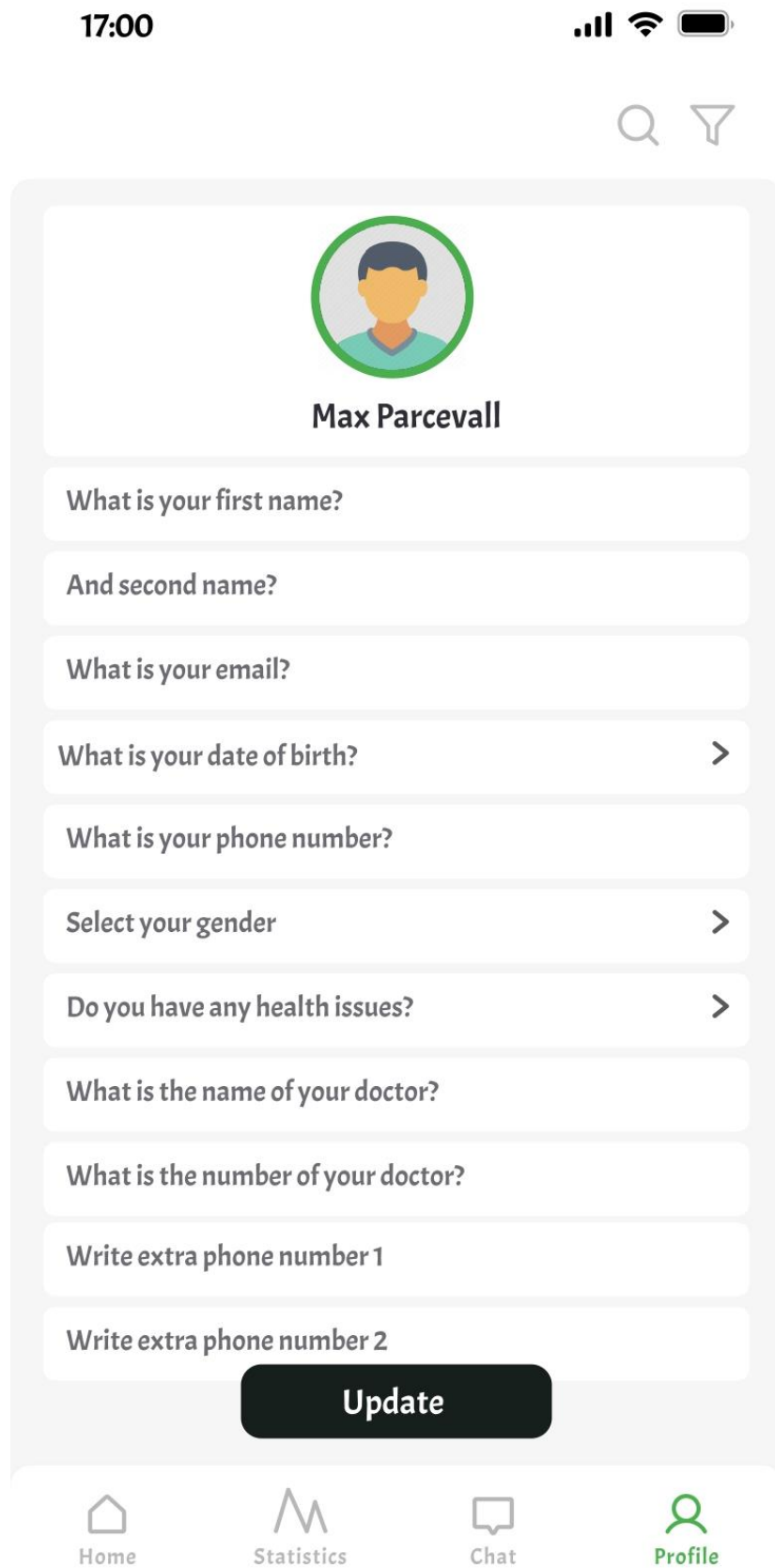


Рисунок 4.12 – Інтерфейс додатку, сторінка Edit

4.3.3 Опис основних функцій системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Для більш детального розуміння роботи усіх нюансів та тонкощів програмного забезпечення - опис основних функцій розроблюваної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями подано в зведеній таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис основних функцій розроблюваної системи моніторингу стану здоров'я

№ п.п	Назва функції	Опис функції
1	loadMainData()	Функція завантажує основні дані про пацієнта, його порівняльні таблиці, та номери
2	setupUi()	Функція здійснює налаштування створеного вікна
3	setMinValue()	Функція встановлює мінімальне значення для параметру
4	setMaxValue()	Функція встановлює максимальне значення для параметру
5	getMinValue()	Функція повертає мінімальне значення для параметру
6	getMaxValue()	Функція повертає максимальне значення для параметру
7	getValue()	Функція повертає екземпляр класу Value
8	setValue()	Функція встановлює значення для поля типу Value
9	getAge()	Функція повертає значення віку пацієнта
10	setAge()	Функція встановлює значення віку пацієнта

Продовження таблиці 4.1 – Опис основних функцій розроблюваної системи моніторингу стану здоров'я

№ п.п	Назва функції	Опис функції
11	getGender()	Функція повертає значення статі пацієнта
12	setGender()	Функція встановлює значення статі пацієнта
13	getDesease()	Функція повертає вказані хвороби пацієнта
14	setDesease()	Функція встановлює хвороби пацієнта
15	getName()	Функція повертає значення імені
16	getType()	Функція повертає значення типу
17	setName()	Функція встановлює значення імені
18	setType()	Функція встановлює значення типу
19	getDataFromSensors()	Функція робить запит на отримання значень з усіх сенсорів
20	CompareDataWithTable()	Функція робить порівняння отриманих даних з сенсорів і табличних даних
21	registerSensor()	Функція додає сенсор до системи
22	removeSensor()	Функція видаляє сенсор з системи
23	getDataFromTable()	Функція отримує значення таблиць з граничними значеннями для порівняння
24	compare()	Функція виконує порівняння отриманих даних з сенсорів і табличних даних
25	setHR()	Встановлює значення серцевого ритму до порівняльної таблиці
26	setAP()	Встановлює значення тиску до порівняльної таблиці
27	setBOS()	Встановлює значення рівня сатурації кисню до порівняльної таблиці

Кінець таблиці 4.1 – Опис основних функцій розроблюваної системи моніторингу стану здоров'я

№ п.п	Назва функції	Опис функції
28	setTemperature()	Встановлює значення температури до порівняльної таблиці
29	getData()	Функція повертає значення даних з порівняльної таблиці
30	showStatistics()	Функція показує статистику моніторингу стану здоров'я пацієнта
31	showData()	Функція показує дані пацієнта
32	startMonitoring()	Функція розпочинає моніторинг стану здоров'я пацієнта
33	stopMonitoring()	Функція зупиняє моніторинг стану здоров'я пацієнта
34	setUserData()	Функція встановлює дані про пацієнта
35	callDoctor()	Функція робить повідомлення для лікаря
36	callAdditional1()	Функція робить повідомлення на додатковий номер 1
37	callAdditional2()	Функція робить повідомлення на додатковий номер 2
38	readLogData()	Функція читає статистичні дані про пацієнта
39	writeLogData()	Функція записує статистичні дані про пацієнта
40	showPatientWarning()	Функція показує повідомлення про можливі помилки для пацієнта
41	showPatientExtraWarning()	Функція показує повідомлення про небезпеку для пацієнта

4.4 Висновки

Під час роботи над даним розділом магістерської роботи, було опрацьовано наступні пункти системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями:

- 1) розроблено та обґрунтовано архітектуру системи;
- 2) продемонстровано приклади використання та експерименти для розроблюваної системи;
- 3) вибрано та обґрунтовано тип архітектури програмного засобу;
- 4) розроблено архітектуру програмного засобу системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 5) створено діаграму варіантів використання;
- 6) створено діаграму класів;
- 7) створено діаграми станів для основних класів;
- 8) розроблено інтерфейс системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 9) описано основні функції системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Отже, актуальною наразі є успішно розроблена та впроваджена мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Під час розробки мобільної кіберфізичної системи моніторингу за станом здоров'я розв'язано наступні задачі:

- 1) розроблено правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 2) розроблено метод мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями;
- 3) спроектовано архітектуру мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

В основі архітектури мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями лежать розроблені метод та правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Пропонована мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями допоможе багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допоможе цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

Усі поставлені завдання на четвертий етап є успішно виконаними, отже ціль даного розділу досягнута.

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень розроблено мобільну кіберфізичну систему моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

У першому розділі було проаналізовано відомі методи та рішення для моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями як віддалено, так і на місці. Також, було зачеплено найближчі напрямки розвитку цієї галузі, зокрема моніторинг стану здоров'я у тварин, адже найновіші розробки спочатку тестуються таким чином. Розглянуто перспективні напрямки розвитку моніторингу стану здоров'я у цій сфері.

У другому розділі відбулось моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Зібрано статистичні дані, та створено математичну модель стосовно захворюваності серцево-судинної системи, а також смертності від серцево-судинних хвороб в Україні, Європейському Союзі, та Сполучених Штатах Америки. Зроблено порівняння отриманих результатів у різних країнах, та сформовано висновок, що Україні у цій сфері значно відстає від інших учасників порівняння. Також, у даному розділі було розглянуто завдання цієї роботи, досліджено мету, зроблено відповідний аналіз, створено схему моделі процесу моніторингу, розглянуто можливі проблеми та особливості моделювання розроблюваної мобільної кіберфізичної системи моніторингу за станом здоров'я. Досліджено фактори виникнення проблем у пацієнтів із серцево-судинними захворюванням, та сформовано відповідну модель процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

У третьому розділі розроблено правила для обробки даних від системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, а саме: правила обробки даних, та правила сповіщення пацієнта у разі ускладнення його стану здоров'я. А також правила роботи окремих датчиків системи. Ці всі розроблені правила послугували базою для створення методу моніторингу за

станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Розроблений метод створений для забезпечення стабільності стану здоров'я пацієнта, та вчасного реагування на негативні зміни у стані здоров'я. Якщо якісь з відслідковуваних показників перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які спрацювали, та запит на підтвердження протягом 30 секунд стану користувача. Якщо ж користувач не підтвердить свій стан, то відбувається передача даних користувача разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря або члена родини, зазначені зарання в системі.

У четвертому розділі було розроблено мобільну кіберфізичну систему моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. Розроблено усі необхідні діаграми, інтерфейси, розглянуто основні функції та методи ПЗ, розроблено архітектуру програмного засобу, та описано проведені експерименти, які були виконані під роботи над розробкою мобільної кіберфізичної системи.

У підсумку можна сказати, що проходження усіх вищеперелічених кроків безумовно посприяло розробці мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. Мета даної кваліфікаційної роботи досягнута, а поставлені завдання вирішені.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у отриманні метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилине та щоп'ятихвилине формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача, а також архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та щоп'ятихвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям

свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю.

Практична значущість отриманих результатів полягає у отриманні мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників, та працює за таким принципом: якщо якісь з відслідковуваних показників перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилами, які спрацювали, та запит на підтвердження стану пацієнта протягом 30 секунд. Якщо ж користувач не виконує підтвердження, то відбувається передача даних користувача разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря та/або члена родини, щоб вони могли оперативно прийняти необхідні міри стосовно здоров'я пацієнта.

За темою дипломної роботи опублікована стаття «Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями» у журналі «MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES» Volume 1. Р.р. 13–16 за авторства Грищук І., Кисіль Т., Рей К.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Puneet Kumar Jain, Anil Kumar Tiwari. Heart monitoring systems—A review. *Computers in Biology and Medicine*. 2014. Volume 54. Pp 1-13.
2. A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac Patients Using Smartphone and Wearable Sensors: National library of medicine. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4692989/> (дата звернення 03.19.2023).
3. Chao Li, Xiangpei Hu, Lili Zhang. The IoT-based heart disease monitoring system for pervasive healthcare service. *Procedia Computer Science*. 2017. Volume 112. Pp 2328-2334.
4. Krishna Munagala, Lakshmi Rajeswara Rao Langoju, A. Daisy Rani, D.V. Rama Koti Reddy. A smart IoT-enabled heart disease monitoring system using meta-heuristic-based Fuzzy-LSTM model. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 2022. Volume 42. issue 4. Pp 1183-1204.
5. Nagendra Singh, S.P. Sasirekha, Amol Dhakne, B.V. Sai Thrinath, D. Ramya, R. Thiagarajan. IOT enabled hybrid model with learning ability for E-health care systems. *Measurement: Sensors*, 2022. Volume 24.
6. Bhaskar Kapoor, Bharti Nagpal, Meshal Alharbi. Secured healthcare monitoring for remote patient using energy-efficient IoT sensors. *Computers and Electrical Engineering*, 2023. Volume 106.
7. Ali M.M., Haxha S., Alam M.M. Design of Internet of Things (IoT) and Android Based Low Cost Health Monitoring Embedded System Wearable Sensor for Measuring SpO₂, Heart Rate and Body Temperature Simultaneously. *Wireless Pers Commun*. 2020. Volume 111, P.p. 2449–2463.
8. Nisha Raheja, Amit Kumar Manocha. An IoT enabled secured clinical health care framework for diagnosis of heart diseases. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2023. Volume 80. part 2.
9. Waheb A. Jabbar, Thanasrii Subramaniam, Andre Emelio Ong, Mohd Iqmal Shu'ib b, Wenyan Wu, Mario A. de Oliveira. LoRaWAN-Based IoT System

Implementation for Long-Range Outdoor Air Quality Monitoring. *Internet of Thing*. 2022. Volume 19.

10. Kakumanu Vamsi Sree Sai Ganesh, S.P. Shibu Jeyanth, A. Ruhan Bevi. IOT based portable heart rate and SpO2 pulse oximeter. *HardwareX*, 2022. Volume 11.

11. Rajkumar G., Gayathri Devi T., Srinivasan A.. Heart disease prediction using IoT based framework and improved deep learning approach: *Medical application. Medical Engineering & Physics*. 2023. Volume 111.

12. Souleyman Hassan, Elijah Mwangi, Peter Kamita Kihato. IoT based monitoring system for epileptic patients. *Heliyon*. 2022. Volume 8. Issue 6.

13. Грищук І., Кисіль Т., Рей К. Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES*. 2023. Volume 1. Р.р. 13–16.

14. Діаграма станів (UML). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B2_\(UML\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B2_(UML)) (дата звернення: 26.04.2023).

15. Архітектура програмного забезпечення. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/arhitektura-programmnogo-obespecheniya> (дата звернення: 26.04.2023).

16. Class diagram. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Class_diagram (дата звернення: 26.04.2023).

17. Діаграма прецедентів. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2 (дата звернення: 26.04.2023).

18. Норма пульсу по віковим групам: таблиця для дорослої людини. URL: <https://starstudio.org.ua/9973/%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%83-%D0%BF%D0%BE-%D0%B2%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC-%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0%D0%BC->

%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86/ (дата звернення: 26.04.2023).

19. Яка норма тиску людини залежно від віку — таблиця показників. URL: <https://diagnoza.net.ua/narodna-medicina/tisk/yaka-norma-tisku-lyudini-zalezhno-vid-viku-tablicya-pokaznikiv.html> (дата звернення: 26.04.2023).

20. Dittrich K., Riesenberг A. A model of the human circulatory system with an extended pulse simulator as a basis for artificial heart monitoring. *Biomed Eng.* 1996. Vol. 30. P.p. 359–361.

21. Dori G., Schliamser J.E., Lichtenstein O. A novel system for continuous, real-time monitoring of heart motion signals. *Eur J Med Res.* 2017. Vol. 22, P.p. 13.

22. Lomaliza JP., Park H. A highly efficient and reliable heart rate monitoring system using smartphone cameras. *Multimed Tools Appl.* 2017. Vol. 76. P.p. 21051–21071.

23. Alarifi A., Tolba A., Hassanein A.S. Visualization process assisted by the Eulerian video magnification algorithm for a heart rate monitoring system: mobile applications. *Multimed Tools Appl.* 2020. Vol. 79. P.p. 5149–5160.

24. Suh Mk., Chen CA., Woodbridge J. A Remote Patient Monitoring System for Congestive Heart Failure. *J Med Syst.* 2011. Vol. 35. P.p. 1165–1179.

25. Suzuki Y., Musashi H., Tazawa H. Noninvasive heart rate monitoring system for avian embryos based on the ballistocardiogram. *Med. Biol. Eng. Comput.* 1989. Vol. 27. P.p. 399–404.

26. Sato S., Yamada K., Inagaki N. System for simultaneously monitoring heart and breathing rate in mice using a piezoelectric transducer. *Med Bio Eng Comput.* 2006. Vol. 44. P.p. 353–362.

27. Brabetz S., Weidl R., Klemm F. Development of a heart monitoring system with high-Tc DC-SQUID gradiometers. *J Low Temp Phys.* 1997. Vol. 106. P.p. 527–532.

28. Guidi G., Pollonini L., Dacso C.C. A multi-layer monitoring system for clinical management of Congestive Heart Failure. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2015. Vol. 15. Num. S5.

29. Lo Presti D., Santucci F., Massaroni C. A multi-point heart rate monitoring using a soft wearable system based on fiber optic technology. *Sci Rep.* 2021. Vol. 11. 21162.

30. Pugachev V.I., Baevsky R.M., Berseneva A.P. Long-term eco-medical monitoring using the Heart Wizard Mars-500 system in North America. *Hum Physiol.* 2015. Vol. 41. P.p. 802–807.

31. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. URL: <https://www.healthdata.org/node/7843> (дата звернення: 26.04.2023).

32. Kibos A., Knight B., Essebag V., Fishberger SB., Slevin M., Țintoiu I.. Cardiac Arrhythmias: From Basic Mechanism to State-of-the-Art Management. *Springer.* 2014.

33. Ginks M., Lane D., Lip G. Cardiac arrhythmias. *Oxford Textbook of Medicine.* 2020. Chapter 16.4. –2020. Pp. 3350–C16.4.P230.

34. BasicArrhythmias (7th Edition). URL: <https://medsyndicate.com/2018/08/05/basic-arrhythmias-7th-edition-free-pdf-download/> (дата звернення: 26.04.2023).

35. Solomon B. Blood Pressure Management: Hypertension and Hypotension: A Guide for Patients, Nurses and other Healthcare Professionals. *CreateSpace Independent Publishing Platform.* 2013.

36. Bakris G., Sorrentino M. Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease. *Springer.* 2017.

37. M. Alexander. Hypertension. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/241381-overview> (дата звернення: 26.04.2023).

38. Leclercq C., Witt H., Hindricks G., Katra R., Albert D., Belliger A., Cowie M., Deneke T., Friedman P., Haschemi M., Lobban T., Lordereau I. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure. Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: *Journal of the working groups on cardiac*

pacings, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology. 2022. Vol.24(9). Pp.1372–1383.

39. СЕРЦЕВО-СУДИННІ ЗАХВОРЮВАННЯ — ГОЛОВНА ПРИЧИНА СМЕРТІ УКРАЇНЦІВ. ВИСНОВКИ З ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ТЯГАРЯ ХВОРОБ У 2019 РОЦІ. URL: <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya> (дата звернення: 26.04.2023).

40. День серця. URL: <http://khoz.com.ua/29-veresnja-2021-roku-vsesvitnij-den-sercja/> (дата звернення: 26.04.2023).

41. День серця: інфаркти та інсульти значно "помолодшали". URL: <https://life.pravda.com.ua/columns/2020/09/29/242489/> (дата звернення: 26.04.2023).

42. Di Rienzo M., Vaini E., Castiglioni P., Merati G., Meriggi P., Parati G., Faini A., Rizzo F. Wearable seismocardiography: Towards a beat-by-beat assessment of cardiac mechanics in ambulant subjects. *Autonomic Neuroscience*. 2013. Vol. 178. P.p. 50–59.

43. Almasi A., Bagher Shamsollahi M., Senhadji L. Bayesian denoising framework of phonocardiogram based on a new dynamical model. *IRBM*. 2013. Vol. 34. P.p. 214–225.

44. Що таке «пульсоксиметрія» та чому необхідно знати рівень сатурації кисню в крові? URL: <https://ivanofrankivsk.oxford-med.com.ua/media-center/publikacii/shcho-akepulsoximetriya-ta-chomu-neobhidno-znaty-riven-satyraciyi-kysnu/> (дата звернення: 26.04.2023).

45. Naseri H., Homaeinezhad M.R., Pourkhajeh H. Noise/spike detection in phonocardiogram signal as a cyclic random process with non-stationary period interval. *Computers in Biology and Medicine*. 2013. Vol. 43. P.p. 1205–1213.

46. Samjin Choi, Zhongwei Jiang. Comparison of envelope extraction algorithms for cardiac sound signal segmentation. *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 34. P.p. 1056–1069.

47. Huang MJ., Chen MY., Lee SC. Integrating data mining with case-based reasoning for chronic diseases prognosis and diagnosis. *Exp Syst Appl*. 2007. Vol. 32 P.p. 856–867.
48. Basheer S., Alluhaidan A.S., Bivi A. Real-time monitoring system for early prediction of heart disease using Internet of Things. *Soft Comput* 25. 2021. P.p 12145–12158.
49. Predrag Klasnja, Wanda Pratt. Healthcare in the pocket: Mapping the space of mobile-phone health interventions. *Journal of Biomedical Informatics*. 2012. Vol. 45. P.p. 184-198.
50. Babaoglu I., Baykan OK., Aygul N., Ozdemir K., Bayrak M. Assessment of exercise stress testing with artificial neural network in determining coronary artery disease and predicting lesion localization. *Exp Syst Appl*. 2009. Vol. 36. P.p. 2562–2566.
51. Austin PC., Tu JV. Using methods from the data-mining and machine-learning literature for disease classification and prediction: a case study examining classification of heart failure subtypes. *J Clinic Epidemiol*. 2013. Vol. 66. P.p. 398–407.
52. Babu GC., Shantharajah SP. Remote health patient monitoring system for early detection of heart disease. *Int J Grid High Perform Comput (IJGHPC)*. 2021. Vol. 13. P.p. 118–130.
53. Babu GC., Shantharajah SP. Survey on data analytics techniques in healthcare using IOT platform. *Int J Reason-Based Intell Syst*. 2018. Vol. 10. P.p. 183–196.
54. Gokulnath CB., Shantharajah SP. An optimized feature selection based on genetic approach and support vector machine for heart disease. *Clust Comput*. 2019. Vol. 22. P.p. 14777–14787.
55. Garbhapu VV., Gopalan S. IoT based low cost single sensor node remote health monitoring system. *Procedia Comput Sci*. 2017. Vol. 113. P.p. 408–415.
56. Karsdorp PA., Kindt M., Rietveld S., Everaerd W., Mulder BJ. False heart rate feedback and the perception of heart symptoms in patients with congenital heart disease and anxiety. *Int J Behav Med*. 2009. Vol. 16. P.p. 81–88.

57. Guidi G., Pettenati MC., Melillo P., Iadanza E. A machine learning system to improve heart failure patient Assistance. *IEEE J Biomed Health Inf.* 2014. Vol. 18. P.p. 1750–1756.
58. Babu GC., Shantharajah SP. Optimal body mass index cutoff point for cardiovascular disease and high blood pressure. *Neural Comput Appl.* 2019. Vol. 31. P.p. 1585–1594.
59. Kumar PM., Lokesh S., Varatharajan R., Babu GC., Parthasarathy P. Cloud and IoT based disease prediction and diagnosis system for healthcare using Fuzzy neural classifier. *Futur Gener Comput Syst.* 2018. Vol. 86. P.p. 527–534.
60. Eom JH, Kim S. AptaCDSS-E: A classifier ensemble-based clinical decision support system for cardiovascular disease level prediction. *Exp Syst Appl.* 2008. Vol. 34. P.p. 2479–2008.
61. Manogaran G., Shakeel PM., Hassanein AS., Kumar PM., Babu GC. Machine learning approach-based gamma distribution for brain tumor detection and data sample imbalance analysis. *IEEE Access.* 2018. Vol. 7. P.p. 12–19.
62. Nahar J., Imam T. Association rule mining to detect factors which contribute to heart disease in males and females. *Expert Syst Appl.* 2013. Volume 40. P.p. 1086–1093.
63. Melillo P., Luca ND., Bracale M., Pecchia L. Classification tree for risk assessment in patients suffering from congestive heart failure via long-term heart rate variability. *IEEE J Biomed Health Inf.* 2013. Volume 17. P.p. 727–733.
64. Parthiban G., Srivatsa SK. Applying machine learning methods in diagnosing heart disease for diabetic patients. *Int J Appl Inf Syst.* 2012. Volume 3. P.p. 25–30.
65. Manogaran G., Varatharajan R., Lopez D., Kumar PM., Sundarasekar R., Thota C. A new architecture of Internet of Things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system. *Future Gen Comput Syst.* 2018. Volume 82. P.p. 375–387.
66. Son C., Kim Y. Decision-making model for early diagnosis of congestive heart failure using rough set and decision tree approaches. *J Biomed Inform.* 2012. Volume 45. P.p. 999–1008.

67. Perl L., Soifer E., Bartunek J. A Novel Wireless Left Atrial Pressure Monitoring System for Patients with Heart Failure, First Ex-Vivo and Animal Experience. *J. of Cardiovasc. Trans. Res.* 2019. Volume 12. P.p. 290–298.
68. Panigrahy D., Rakshit M., Sahu P.K. FPGA Implementation of Heart Rate Monitoring System. *J Med Syst.* 2016. Volume 40, P.p. 49.
69. Go A.S., Mozaffarian D., Roger V.L., Benjamin E.J., Berry J.D., Blaha M.J. Heart disease and stroke statistics—2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2014. Volume 129, P.p. e28–e292.
70. Ravanshad N., Rezaee-Dehsorkh H., Lotfi R., Lian Y. A level-crossing based QRS-detection algorithm for wearable ECG sensors. *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 2014. Volume 18. P.p. 183–192.
71. Daamouche A., Hamami L., Alajlan N., Melgani F. A wavelet optimization approach for ECG signal classification. *Biomed. Signal Process. Control.* 2012. Volume 7. P.p. 342–349.
72. Silipo R., Marches C. Artificial neural networks for automatic ECG analysis. *IEEE Trans. Signal Process.* 1998. Volume 46. P.p. 1417–1425.
73. Kew H.-P., Jeong D.-U. Variable threshold method for ECG R-peak detection. *J. Med. Syst.* 2011. Volume 35. P.p. 1085–1094.
74. Cho G.-Y., Lee S.-J., Lee T.-R. An optimized compression algorithm for real-time ECG data transmission in wireless network of medical information systems. *J. Med. Syst.* 2015. Volume 39. P.p. 161.
75. Abraham W.T. Remote Heart Failure Monitoring. *Curr Treat Options Cardio Med.* 2013. Volume 15. P.p. 556–564.
76. Whellan DJ., Ousdigian KT., Al-Khatib SM., Pu W., Sarkar S., Porter CB. Combined heart failure device diagnostics identify patients at higher risk of subsequent heart failure hospitalizations: results from PARTNERS HF study. *J Am Coll Cardiol.* 2010. Value 55 P.p.1803–1813.
77. Tsuji H., Larson MG., Venditti Jr FJ., Manders ES., Evans JC., Feldman CL. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events: the Framingham Heart Study. *Circulation.* 1996. Value 94. P.p. 2850–2855.

78. Klersy C., De Silvestri A., Gabutti G., Regoli F., Auricchio A. A meta-analysis of remote monitoring of heart failure patients. *J Am Coll Cardiol.* 2009. Value 54. P.p. 1683–1693.

79. Roger VL., Go AS., Lloyd-Jones DM., Adams RJ., Berry JD., Brown TM. Heart disease and stroke statistics - 2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2011. Value 123. P.p. e18–209.

80. Emani S. Remote Monitoring to Reduce Heart Failure Readmissions. *Curr Heart Fail Rep.* 2017. Value 14. P.p. 40–47.

81. Ting Li, Tianshuang Qiu, Hong Tang. Optimum heart sound signal selection based on the cyclostationary property. *Computers in Biology and Medicine.* 2013. Vol. 43. P.p. 607–612.

ДОДАТОК А (обов'язковий)

КОПІЯ ПУБЛІКАЦІЇ «МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ» У ЖУРНАЛІ «MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES»

Міжнародний науково-технічний журнал
«Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»

ISSN 2219-9365

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-2>

УДК 004.9: 004.031.43 : 004.78

Ілля ГРИЩУК

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8105-9562>

e-mail: ilia hryshchuk@gmail.com

Тетяна КИСІЛЬ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-1091-3327>

e-mail: kysil_tanya@ukr.net

Костянтин РЕЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9658-3148>

e-mail: kostia.rei@gmail.com

МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО- СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Серцево-судинні захворювання є основними причинами смертності й одними з основних факторів інвалідності в усьому світі. Стандартизований за віком показник серцево-судинних захворювань почав рости в деяких країнах із високим рівнем доходу, де раніше він знижувався. Виявлення випадків серцево-судинних захворювань майже подвоїлося з 271 мільйона в 1990 році до 523 мільйонів у 2019 році, а кількість смертей від серцево-судинних захворювань неухильно збільшувалася з 12,1 мільйона в 1990 році до 18,6 мільйона у 2019 році. Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людини на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріального тиску в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, актуальною задачею наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде метою даного дослідження. Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

Ключові слова: моніторинг стану здоров'я пацієнтів, частота серцевих скорочень, діастолічний тиск, систолічний тиск, пацієнти із серцево-судинними захворюваннями.

Ілля HRYSHCHUK, Tetiana KYSIL, Kostiantyn REI

Khmelnitskyi National University

METHOD FOR MONITORING THE HEALTH OF CARDIOVASCULAR PATIENTS

Cardiovascular disease is a leading cause of death and a major contributor to disability worldwide. The age-standardised rate of cardiovascular disease has started to rise in some high-income countries where it had previously been falling. The number of cases of cardiovascular disease almost doubled from 271 million in 1990 to 523 million in 2019, and the number of deaths from cardiovascular disease steadily increased from 12.1 million in 1990 to 18.6 million in 2019.

Given the fact that there is currently a trend towards automation in the medical field, which increases the efficiency of using modern medical resources, and given the importance of constant self-diagnosis and monitoring of the health of cardiovascular patients, such measurements and monitoring should be automated and made permanent as much as possible. In this case, a method of monitoring the health status of cardiovascular patients can be used to automate and continuously measure a person's heart rate and blood pressure, which will provide continuous monitoring of a person's heart rate and blood pressure in real time and notify a person of a heart disorder or a deviation from the person's normal pressure as soon as these deviations occur. Thus, the current challenge is to continuously monitor the health status of cardiovascular patients by developing an appropriate method for monitoring the health status of cardiovascular patients, which will be the purpose of this study.

The developed method of monitoring the health status of cardiovascular patients provides: every minute and every five minutes formation of a set of indicators of the user's health status, analysis of indicators using the developed rules and issuance of a user risk alert or issuance of a user risk alert with sending data on the existing risk to the user's family doctor and/or family member.

Keywords: patient health monitoring, heart rate, diastolic pressure, systolic pressure, cardiovascular patients.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В Україні серцево-судинні захворювання є головною причиною смертності населення. За цим показником Україна залишається одним зі світових лідерів. Згідно з даними ранжування, складеного на основі

International Scientific-technical journal
«Measuring and computing devices in technological processes» 2023, Issue 1

кількості смертей населення в Україні, найчастішими причинами є: 1) Серцево-судинні захворювання (64,3 %); 2) Новоутворення (14,1 %); 3) Хвороби органів травлення (4,3 %); 4) Неврологічні розлади (3,1 %); 5) Самоушкодження та міжособистісне насильство (2,7 %) [1].

Серед серцево-судинних хвороб, які призводять до летальних наслідків як чоловіків, так і жінок, є аритмія та гіпертонія. Аритмії серця – група порушень діяльності серця, пов'язаних з розладом ритмічності, послідовності та сили скорочень серцевого м'яза. Основними формами аритмій серця є прискорення скорочень серця більше 100 ударів на хвилину (тахікардія), сповільнення скорочень серця менше 60 ударів/хвилину (брадикардія) [2-4].

Артеріальна гіпертензія – хронічне захворювання, під час якого головною діагностичною ознакою є стійке підвищення гідравлічного тиску в артеріальних судинах великого кола кровообігу. Для вимірювання артеріального тиску використовують два показники: систолічного та діастолічного тиску, залежно від того, стискається серцевий м'яз між ударами (систола) чи розслабляється (діастола). Нормальний кров'яний тиск у стані спокою перебуває в межах 100—139 мм рт. ст. систолічного тиску (верхнє значення) і 60-89 мм рт. ст. діастолічного тиску (нижнє значення). Кров'яний тиск вважається високим, якщо він постійно тримається на рівні 140/90 мм рт. ст. або вище [5-7].

Ще одним серцево-судинним захворюванням, яке спричиняє дискомфорт людині, є артеріальна гіпотензія. Артеріальна гіпотензія – стан, що визначається зниженням систолічного артеріального тиску нижче 100 мм ртутного стовпа, діастолічного – нижче 60 мм рт. ст. [5, 6].

Оскільки серцево-судинні захворювання є хронічними захворюваннями системи кровообігу, то слід виявляти та запобігати їм у режимі реального часу, щоб мінімізувати шкоду для здоров'я людини. Життєві показники пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями слід контролювати з метою виявлення аномальних подій до виникнення будь-яких критичних станів, що можуть призвести до смерті. Для оцінки неправильного серцебиття (аритмії) в домашніх умовах використовується пульсоксиметр або тонометр. Для визначення підвищеного/пониженого артеріального тиску в домашніх умовах використовується тонометр. Діагностика серцево-судинних розладів потребує постійного довготривалого безприв'язного моніторингу осіб. Тобто людина повинна мати при собі ці прилади постійно, щоб виміряти пульс або тиск, і їй потрібно робити це навмисно і постійно. Крім цього, людина повинна знати референтні значення частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, щоб правильно діагностувати наявну проблему. Враховуючи невизначеність, пов'язану з місцем і часом, коли можуть знадобитися негайна діагностика та лікування, єдиним практичним рішенням є постійний моніторинг частоти серцевих скорочень і артеріального тиску. Інструменти для моніторингу параметрів, пов'язаних зі здоров'ям, суттєво полегшують догляд за пацієнтами та дозволяють людям виявляти проблеми, що ведуть до кращого управління власним здоров'ям [8].

Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, *актуальною задачею* наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде *метою даного дослідження*.

Правила та метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Розробимо правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями:

- 1) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$ одночасно) більше 100 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Тахікардія» та $j=j+1$;
- 2) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$ одночасно) менше 60 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Брадикардія» та $j=j+1$;
- 3) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$ одночасно) більше 140 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та $j=j+1$;
- 4) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$ одночасно) більше 90 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та $j=j+1$;
- 5) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$ одночасно) менше 100 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та $j=j+1$;

6) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$ одночасно) менше 60 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та $j=j+1$;

7) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$ одночасно) більше 150 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про тахікардію, то повідомлення «Тахікардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

8) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$ одночасно) менше 45 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про брадикардію, то повідомлення «Брадикардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

9) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$ одночасно) більше 180 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

10) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$ одночасно) більше 120 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

11) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$ одночасно) менше 80 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$;

12) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$ одночасно) менше 55 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$.

Тоді метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями складається з наступних кроків:

1) обнулення лічильника використаних правил: $j=0$;

2) щохвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача (множина HCP): частота серцевих скорочень (показник ss), систолічний тиск (показник st), діастолічний тиск (показник dt): $HCP=\{ssi, sti, dti\}, i=1..n$;

3) формування множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множина $HCP5$): $HCP5=\{ssi, sti, dti, ssi1, sti1, dti1, ssi2, sti2, dti2, ssi3, sti3, dti3, ssi4, sti4, dti4\}, i=1..n$;

4) аналіз множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множини $HCP5$) – з використанням кожного з розроблених правил моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;

5) якщо після проведеного аналізу $j=0$, то стан користувача – нормальний, і жодних дій не відбувається, інакше відбуваються дії (видача повідомлення про виниклий ризик або видача повідомлення про виниклий ризик та відправлення даних сімейному лікарю та/або члену родини користувача) згідно із правилом(и), яке(і) спрацювало.

Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1) Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями,

який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, актуальною задачею наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде метою даного дослідження.

2) Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

Література

1. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. URL: <https://www.healthdata.org/node/7843>.
2. Kibos A. Cardiac Arrhythmias: From Basic Mechanism to State-of-the-Art Management / A. Kibos, B. Knight, V. Essebag, SB. Fishberger, M. Slevin, I. Țintoiu // Springer, 2014.
3. Ginks M. Oxford Textbook of Medicine / Ginks M., Lane D., McGavigan A., Lip G. // Chapter 16.4 Cardiac arrhythmias. – 2020. – Pp. 3350–C16.4.P230.
4. Basic Arrhythmias (7th Edition). URL: <https://medsyndicate.com/2018/08/05/basic-arrhythmias-7th-edition-free-pdf-download/>.
5. Solomon B. Blood Pressure Management: Hypertension and Hypotension: A Guide for Patients, Nurses and other Healthcare Professionals / B. Solomon // CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
6. Bakris G. Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease / G. Bakris, M. Sorrentino // Springer, 2017.
7. M. Alexander. Hypertension. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/241381-overview>.
8. Leclercq C. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure / C. Leclercq, H. Witt, G. Hindricks, R. Katra, D. Albert, A. Belliger, M. Cowie, T. Deneke, P. Friedman, M. Haschemi, T. Lobban, I. Lordereau // Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: Journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology. – 2022. – Vol. 24 (9). – Pp. 1372 – 1383.

References

1. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. URL: <https://www.healthdata.org/node/7843>.
2. A. Kibos, B. Knight, V. Essebag, SB. Fishberger, M. Slevin, I. Țintoiu. Cardiac Arrhythmias: From Basic Mechanism to State-of-the-Art Management. – Springer, 2014.
3. M. Ginks, D. Lane, A. McGavigan, G. Lip. Oxford Textbook of Medicine. Chapter 16.4 – Cardiac arrhythmias. – 2020. – Pp. 3350–C16.4.P230.
4. Basic Arrhythmias (7th Edition). URL: <https://medsyndicate.com/2018/08/05/basic-arrhythmias-7th-edition-free-pdf-download/>.
5. B. Solomon. Blood Pressure Management: Hypertension and Hypotension: A Guide for Patients, Nurses and other Healthcare Professionals. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
6. G. Bakris, M. Sorrentino. Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease. – Springer, 2017.
7. M. Alexander. Hypertension. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/241381-overview>.
8. C. Leclercq, H. Witt, G. Hindricks, R. Katra, D. Albert, A. Belliger, M. Cowie, T. Deneke, P. Friedman, M. Haschemi, T. Lobban, I. Lordereau. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure // Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: Journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology. – 2022. – Vol. 24 (9). – Pp. 1372 – 1383.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів
із серцево-судинними захворюваннями

виконав: студент групи КІ2м-21-1 Гришук І.І.
науковий керівник: к.т.н., доц. Медзатий Д.М.

Хмельницький 2023

Мета, об'єкт і предмет дослідження

- Мета дослідження – забезпечення автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями для постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я
- Об'єкт дослідження – процес моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями
- Предмет дослідження – метод та кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Актуальність теми та завдання роботи

Актуальність теми даної роботи полягає у необхідності детального розгляду та розробки системи моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, що дозволить більш глибоко аналізувати стан пацієнта, завчасно помічати ускладнення, та спростити життя пацієнта, який страждає на серцево-судинні захворювання.

Завданням роботи є:

- Аналіз методів і рішень для моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями
- Моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями
- Розробка правил і методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Наукова новизна отриманих результатів

- Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із ССЗ, який забезпечує: кожні 1 та 5 хвилин формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик та можливість відправлення даних сімейному лікарю та/або члену родини користувача
- Архітектура мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із ССЗ, яка кожні 1 та 5 хвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам стежити за здоров'ям свого серця, а також допомагає цим людям отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю та здоров'ю

Практичне значення отриманих результатів

- Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка буде реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників, та яка буде працювати на основі розроблених правил та методу. Взаємодія з користувачем буде реалізована через мобільний додаток.

Сенсори розробленої системи

Призначення датчика	Назва датчиків
Вимірювання частоти серцевих скорочень	ssi1, ssi2, ssi3, ssi4
Вимірювання систолічного тиску	sti, sti1, sti2, sti3
Вимірювання діастолічного тиску	dti, dti1, dti2, dti3, dti4

Правила моніторингу розробленої системи. Приклад правил для ЧСС

- Якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) більше 100 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Тахікардія» та лічильник спрацьовує $j=j+1$
- Якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники ssi , $ssi1$, $ssi2$, $ssi3$, $ssi4$ одночасно) більше 150 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про тахікардію, то повідомлення «Тахікардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та $j=j+1$

Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями складається з наступних кроків:

1. Обнулення лічильника використаних правил:

$$j=0$$

2. Щохвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача:

$$HCP=\{ssi, sti, dti\}, i=1..\infty$$

3. Формування множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин:

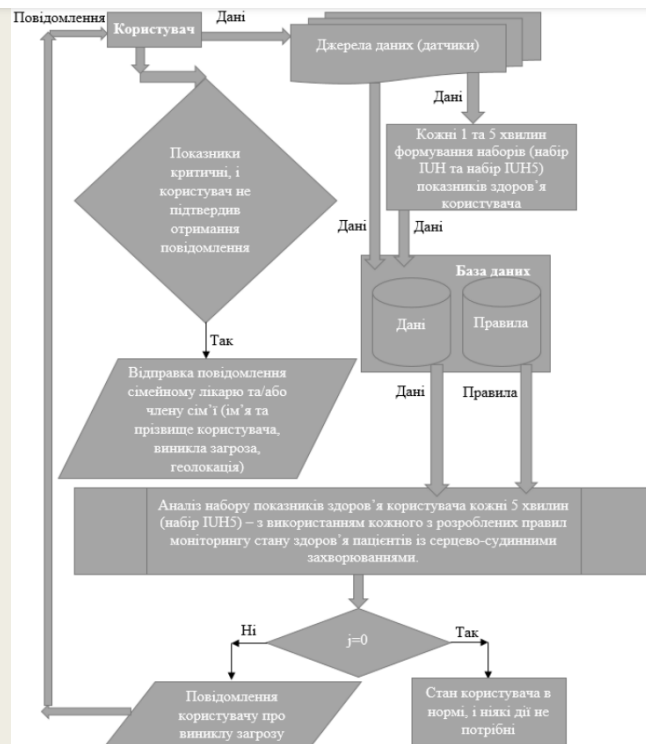
$$HCP5=\{ssi, sti, dti, ssi1, sti1, dti1, ssi2, sti2, dti2, ssi3, sti3, dti3, ssi4, sti4, dti4\},$$

$$i=1..\infty$$

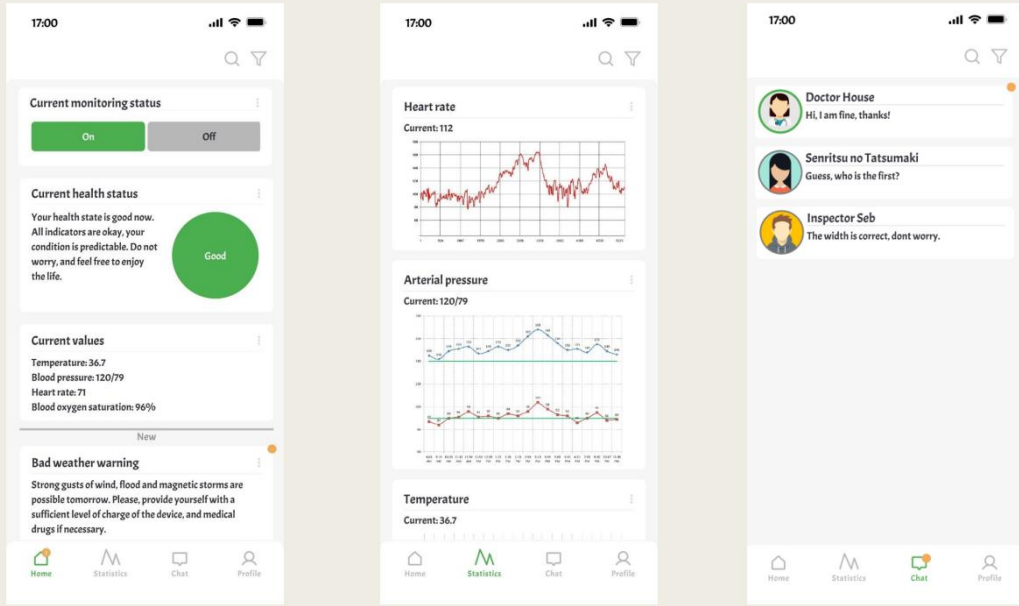
Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

4. Аналіз множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множини НСР5) – з використанням кожного з розроблених правил моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями
5. Якщо після проведеного аналізу стан користувача – нормальний, то жодних дій не відбувається, інакше відбувається видача повідомлення про виниклий ризик або видача повідомлення про виниклий ризик та відправлення даних сімейному лікарю та/або члену родини користувача - згідно із правилами, які спрацювали

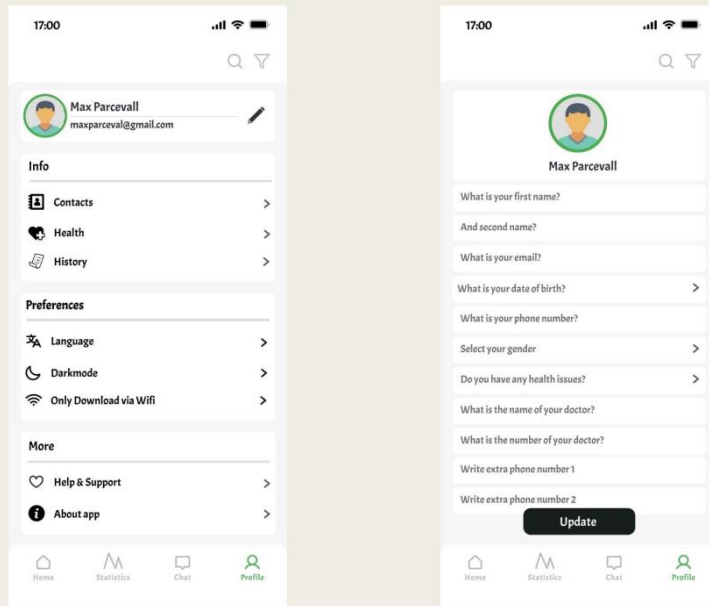
Архітектура розроблюваної системи:



Інтерфейс мобільного додатку



Інтерфейс мобільного додатку



Застосування розробленої системи

- Інформація про пацієнта: 73-річна жінка, пацієнтка амбулаторії сімейної медицини, страждає на часті приступи тахікардії та артеріальну гіпертензію
- Виконані дії: жінка одягнула браслет із давачами мобільної кіберфізичної системи та встановила розроблений мобільний додаток на смартфон. Сімейний лікар допомогла пацієнтці виконати реєстрацію в мобільному додатку
- Ситуація: через три дні носіння браслету сімейному лікарю та сину пацієнтки на телефони надійшло повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники»
- Дії: сімейний лікар одразу викликає швидку за зазначеною геолокацією – лікарі вчасно допомагають пацієнтці
- Результат: в даному випадку розроблена мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ допомогла врятувати пацієнтку та запобігти інсульту

Висновки

- Досліджено існуючі рішення систем моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ
- Проведено моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ
- Розроблено правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ
- Розроблено метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ
- Розроблено архітектуру системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів з ССЗ
- Проведено експериментальні дослідження стосовно ефективності розробленої системи

Публікації

- Гришук І., Кисіль Т., Рей К. Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями. MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES. 2023. Volume 1. P.p. 13–16.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1014947565

Дата перевірки:
06.05.2023 07:52:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
06.05.2023 07:52:35 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Гришук_Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-су...

Кількість сторінок: 100 Кількість слів: 17180 Кількість символів: 130510 Розмір файлу: 2.17 MB ID файлу: 1014640776

16.7% Схожість

Найбільша схожість: 9.93% з Інтернет-джерелом (<https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/download/97/89/...>)

15.8% Джерела з Інтернету

194

Сторінка 102

1.56% Джерела з Бібліотеки

96

Сторінка 103

0% Цитат

Цитати

1

Сторінка 104

Посилання

1

Сторінка 104

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 113064 Назва: Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями Додано в БД: 2023-05-06 Автора: Гришук І.І. Керівники: Медзатий Д.М. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	103465	769	2534 (2%)	32 (4%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Грищук Ілля Ігорович

Тема: Мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 85

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями для постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі проведено аналіз відомих методів та рішень для моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, зокрема, проаналізовано загальні поняття про системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, способи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, а також інноваційні розробки у сфері моніторингу стану пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. В другому розділі проведено моделювання процесу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. В третьому розділі розроблено правила і метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Вперше розроблено метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувачу про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача. В четвертому розділі розроблено мобільну кіберфізичну систему

моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Вперше розроблено архітектуру мобільної кіберфізичної системи моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, яка щохвилини та кожні п'ять хвилин формує множини показників стану здоров'я користувача та аналізує ці показники на основі розробленого методу, та допомагає багатьом серцево-судинним пацієнтам отримати невідкладну допомогу в разі серйозної загрози їх життю.

Варто відзначити практичну значущість даної роботи. Пропонована мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями буде реалізована у вигляді браслету із вмонтованими датчиками для вимірювання необхідних показників (датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, тощо). Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску перевищують референтні значення, то користувач отримує на смартфоні в мобільному додатку повідомлення про відповідний ризик згідно із правилом(и), яке(і) спрацювало. Користувач повинен протягом 30 секунд на смартфоні підтвердити, що він отримав повідомлення. Якщо частота серцевих скорочень та/або показники артеріального тиску критичні, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив отримання повідомлення про відповідний ризик на смартфоні, то відбувається передача даних користувача (ІІІІ та виникла загроза) разом із геолокацією на телефон сімейного лікаря та/або члена родини.

4. Позитивні сторони роботи: отримання двох пунктів наукової повизни.

5. Негативні сторони роботи:

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому науково-технічному рівні.

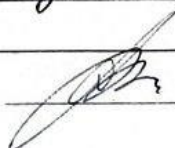
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно.

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

д.т.н., проф., зав. кафедри ТМІТ Гурченко С.К.

“ 5 ” 05 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС
· д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.


ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2м-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

10.05.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: мобільна кіберфізична система моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Автор: Гришук Ілля Ігорович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Медзатий Д.М., к.т.н., доц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 16.7% і адресується до 194 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСч





Д.М. Медзатий

О. С. Савенко

Т. О. Говорущенко