

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Науковий магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз та розробка інформаційної системи моніторингу пацієнтів у
групах ризику для надання невідкладної медичної допомоги

Виконав: студент VI курсу, групи СНм-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

_____ Гетманюк Р. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Дмитроца Л. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Мацюк О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Стухляк П.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
 (повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
 (повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«_____» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Науковий магістр
 (назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
 (шифр і назва спеціальності)

Студенту Гетманюк Ростислав Ігорович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз та розробка інформаційної системи моніторингу пацієнтів у групах ризику для надання невідкладної медичної допомоги

Керівник роботи Дмитроца Леся Павлівна, д.н.с.к., доцент кафедри КН
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» жовтня 2021 року № 4/7-909

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 травня 2022

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про серцево-судинні захворювання та методи їх аналізу.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Аналіз систем моніторингу пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

2 Пошук аналогів систем моніторингу та вирішень існуючих задач. 3 Практична реалізація системи моніторингу за пацієнтами з серцево-судинними захворюваннями. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 27 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	27.09.2021-30.09.2021	Виконано
2.	Підбір наукових джерел щодо аналізу даних, техніки роботи існуючих мобільних систем моніторингу	01.10.2021-20.10.2021	Виконано
3.	Опрацювання та аналіз наукових джерел щодо питань висвітлених у кваліфікаційній роботі	21.10.2021-23.10.2021	Виконано
4.	Обґрунтування виконаного дослідження	24.10.2021-27.10.2021	Виконано
5.	Виконання практичних завдань магістерського дослідження щодо удосконалення методів опрацювання даних за допомогою системи моніторингу	30.10.2021-25.02.2022	Виконано
6.	Оформлення розділу «Аналіз систем моніторингу пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями»	26.02.2022-03.03.2022	Виконано
7.	Оформлення розділу «Пошук аналогів систем моніторингу та вирішень існуючих задач»	04.03.2022-24.03.2022	Виконано
8.	Оформлення розділу «Практична реалізація системи моніторингу за пацієнтами з серцево-судинними захворюваннями»	25.03.2022-30.03.2022	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	01.04.2022-09.04.2022	Виконано
10.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	10.04.2022-22.04.2022	Виконано
11.	Оформлення кваліфікаційної роботи	23.04.2022-30.04.2022	Виконано
12.	Нормоконтроль	02.05.2022-04.05.2022	Виконано
13.	Перевірка на плагіат	09.05.2022	Виконано
14.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.05.2022	Виконано
15.	Захист кваліфікаційної роботи	26.05.2022	

Студент

(підпис)

Гетманюк Р. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дмитроца Л. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Аналіз та розробка інформаційної системи моніторингу пацієнтів у групах ризику для надання невідкладної медичної допомоги // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Науковий магістр» // Гетманюк Ростислав Ігорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2022 // С. 69, рис. - 16, додат. - 17, бібліогр. - 51 .

Ключові слова: моніторинг, алгоритми, аналіз, технології, діагностування, розумна система електрокардіограм, медицина, метод, модель, навчання, перша допомога, догляд, хвороба.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці моніторингової системи пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями для спостереження за хворими на відстані. Хронічні захворювання важко вилікувати, у зв'язку з цим період лікування зазвичай довгий. Саме тому потрібен тривалий моніторинг стану пацієнта в режимі реального часу

У першому розділі кваліфікаційної роботи описано проблематику серцево-судинних захворювань та перші аналоги систем моніторингу. Досліджено переваги і недоліки систем моніторингу.

У другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано існуючі аналоги мобільних систем. Крім цього знайдено та описано вирішення основних задач даної технології.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи розроблено інформаційну систему моніторингу фізичного стану пацієнта, яка на відмінну від існуючих, має можливість спостереження стану хворого 24/7, а також негайно реагувати на екстрені випадки. Крім цього, було враховано недоліки та усунуено їх шляхом автоматизації системи аналізу отриманих даних для діагностики стану пацієнта з розпізнаванням фізичних активностей та іншої діяльності, вдосконалення алгоритмів збереження даних, розробкою доступного та простого інтерфейсу програми.

ANNOTATION

Analysis and development of information system for monitoring patients at risk for emergency medical care // Qualification work of the educational level "Master" // Hetmaniuk Rostyslav Ihorovych// Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering , Department of Computer Science, SNNM-61 Group // Ternopil, 2022 // Pages – 69, Fig. - 16, Annexes - 17, References - 51.

Key words: monitoring, algorithms, analysis, technologies, diagnostics, intelligent system of electrocardiograms, medicine, method, model, training, first aid, care, disease.

Qualification work is devoted to the development of a monitoring system for patients with cardiovascular disease to monitor patients at a distance. Chronic diseases are difficult to cure, so the treatment period is usually long. That is why long-term real-time monitoring of the patient's condition is required so that he can seek medical help in time after the development of the disease.

The first section of the qualification work describes the problems of cardiovascular diseases and the first analogues of monitoring systems. The advantages and disadvantages of monitoring systems are investigated.

The second section of the qualification work analyzes the existing analogues of mobile systems. In addition, solutions to the main problems of this technology have been found and described.

In the third section of the qualification work, a system for monitoring the patient's physical condition has been developed, which, unlike the existing ones, has the ability to monitor the patient's condition 24/7, as well as respond immediately to emergencies. In addition, shortcomings were taken into account and eliminated by automating the data analysis system to diagnose the patient's condition with recognition of physical activities and other activities, improving data storage algorithms, developing an accessible and simple program interface.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕКГ – електрокардіограма.

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей.

ССЗ – серцево-судинні захворювання.

ЕКГ – електрокардіограма.

ШІ – штучний інтелект.

ВООЗ – Всесвітньої організації охорони здоров'я.

СМЗ – системи моніторингу здоров'я.

ЄС – Європейський союз.

WBSN – бездротових мереж датчиків тіла

ACC – Американський коледж кардіології.

EMR – електронна медична карта.

IT – інформаційних технологій.

NN – нейронна мережа.

MCU – мікроконтролери.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПАЦІЄНТІВ З СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	11
1.1 Проблематика серцево-судинних захворювань	11
1.2 Поява алгоритмів розумної системи ЕКГ-моніторингу	13
1.3 Системи моніторингу стану здоров'я	14
1.4 Переваги систем ЕКГ-моніторингу	15
1.5 Загальний вид структури системи моніторингу та його складові	17
1.6 Принцип роботи віддаленого моніторингу	18
1.7 Основні недоліки систем моніторингу ЕКГ	19
1.7.1 Використанням пристроїв моніторингу	19
1.7.2 Якістю сигналу в системі моніторингу.....	20
1.7.3 Недоліки довговічності моніторингу.....	20
1.7.4 Недоліки розміру даних сигналу ЕКГ	20
1.7.5 Тип та конструкція електрода/ датчика у системі моніторингу.....	21
1.7.6 Недоліки візуалізації.....	21
1.7.7 Недоліки іншого характеру.....	22
1.8 Висновки до розділу 1	22
2 ПОШУК АНАЛОГІВ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА ВИРІШЕНЬ ІСНУЮЧИХ ЗАДАЧ.....	23
2.1. Існуючі мобільні системи.....	23
2.1.1 Аналоги пристрою, що не створюють дискомфорт в повсякденному житті.....	24
2.2 ІОТ в системі охорони здоров'я	26
2.2.1 Система моніторингу здоров'я на основі сенсорів.....	26
2.2.2 Система моніторингу здоров'я на основі смартфонів	27
2.2.3 Система моніторингу здоров'я на основі мікроконтролера	28
2.3 Удосконалене покоління технологій дистанційного моніторингу ЕКГ ...	30

	8
2.3.1 Вирішення задачі щодо точності аналітики	30
2.3.2 Запис ЕКГ в режимі реального часу 24/7 і їх приклади	31
2.4 Вирішення задачі про втрати пакетів при дистанційній передачі	33
2.5 Автоматизований аналіз ЕКГ	34
2.6 Автоматизована розширена звітність	35
2.7 Висновки до розділу 2	37
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗА ПАЦІЄНТАМИ З СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ	38
3.1 Висновки щодо проведеного аналізу	38
3.2 Архітектура програмного забезпечення	38
3.3 Опис бази даних системи	40
3.4 Опис роботи мікросервісів	41
3.5 Опис мікросервісів	43
3.6 Опис інтерфейсу	47
3.7 Висновки до розділу 3	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1 Фактори ризику і можливості порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі	52
4.1.1 Травми, пов'язані з поставою від використання комп'ютера	53
4.1.2 Пов'язані з комп'ютером травми кисті	54
4.1.3 Напруга очей від роботи за комп'ютером	55
4.2 Вплив інформаційних технологій на охорону праці медичних працівників	55
4.3 Висновки до розділу 4	60
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

ВСТУП

Актуальність теми. За останнє десятиліття в усіх країнах світу зросла кількість смертей від хронічних та серцево-судинних захворювань (ССЗ). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), серцево-судинні захворювання є причиною смерті номер один у всьому світі: щорічно помирає 17,9 мільйона людей. Це залишається причиною номер один для усього населення планети.

Постійний моніторинг частоти серцевих скорочень і негайне виявлення серцевого ритму є основними проблемами сучасної охорони здоров'я. Експериментальні дані показали, що багато серцево-судинних захворювань можна краще діагностувати, контролювати та запобігати за допомогою постійного моніторингу, а також аналізу сигналів електрокардіограми (ЕКГ).

За даними служби обробки інформації, до 2020 року понад чотири мільйони пацієнтів будуть дистанційно стежити за своїм станом здоров'я.

Пацієнти з серцево-судинними захворюваннями піддаються ризику розвитку захворювання в будь-який момент. Постійне спостереження за станом здоров'я допоможе пацієнтам вчасно звертатися за медичною допомогою до лікарів. А так як динамічний моніторинг стану здоров'я пацієнта підтримується в режимі реального часу, чим допомагає зменшити ризик для життя.

Мета і задачі дослідження. Метою цієї магістерської роботи є спроектувати рішення для моніторингу стану здоров'я пацієнтів в реальному часі для зменшення фатальних випадків зв'язаних з серцево-судинними захворюваннями.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі основні задачі досліджень:

1. Проаналізувати існуючі системи моніторингу та перспективи розвитку такої технології.

2. Удосконалити методи опрацювання даних за допомогою системи моніторингу.

3. Розробити нові та удосконалити вже існуючі підходи спостереження за пацієнтами із серцево-судинними захворюваннями.

4. Навести приклад практичної реалізації системи моніторингу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому:

1. Удосконалення алгоритмів отримання даних.

2. Розроблена нова система для моніторингу пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

3. Вирішення задачі складності інтерфейсу в використанні.

Практичне значення: розроблено комп'ютерну програму, що містить вдосконалені алгоритми опрацювання даних та покращений і спрощений інтерфейс для користувачів.

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПАЦІЄНТІВ З СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

1.1 Проблематика серцево-судинних захворювань

У сучасному суспільстві все більше і більше мешканців ведуть нездоровий спосіб життя, наприклад, пізно не спати, надмірна втрата ваги, переїдання, малорухлива звичка тощо.

Декілька століть тому люди вмирили насамперед через війни, епідемії або ж низький рівень життя та такий самий низький рівень медичної допомоги. Проте часи змінилися, і головною загрозою довголіття тепер є хронічні захворювання. Як результат, все більше людей страждають на хронічні захворювання, такі як високий кров'яний тиск, ішемічна хвороба серця, інсульт тощо.

ССЗ – це захворювання, що вражають кровоносні судини та серце. ССЗ із залученням кровоносних судин відомі як судинні захворювання, такі як ішемічна хвороба серця. До тих, що вражають серце, належать серцева недостатність, кардіоміопатія, ревматичні захворювання серця, інсульт, серцевий напад та аритмії.

Наприклад, якщо взяти до уваги дослідження центру громадського здоров'я МОЗ України, то проблема ССЗ є головною причиною смерті населення[1]. У 2019 році це призвело до гибелі 18.6 мільйонів українців. І тому наша країна залишається одним із лідерів за цим показником.

Серцево-судинні захворювання та злоякісне зростання є основними джерелами як перебігу, так і тяжкості захворювання, а схильність до факторів небезпеки висока: понад 300 мільйонів людей палять сигарети, а 160 мільйонів дорослих страждають на гіпертонічну хворобу.

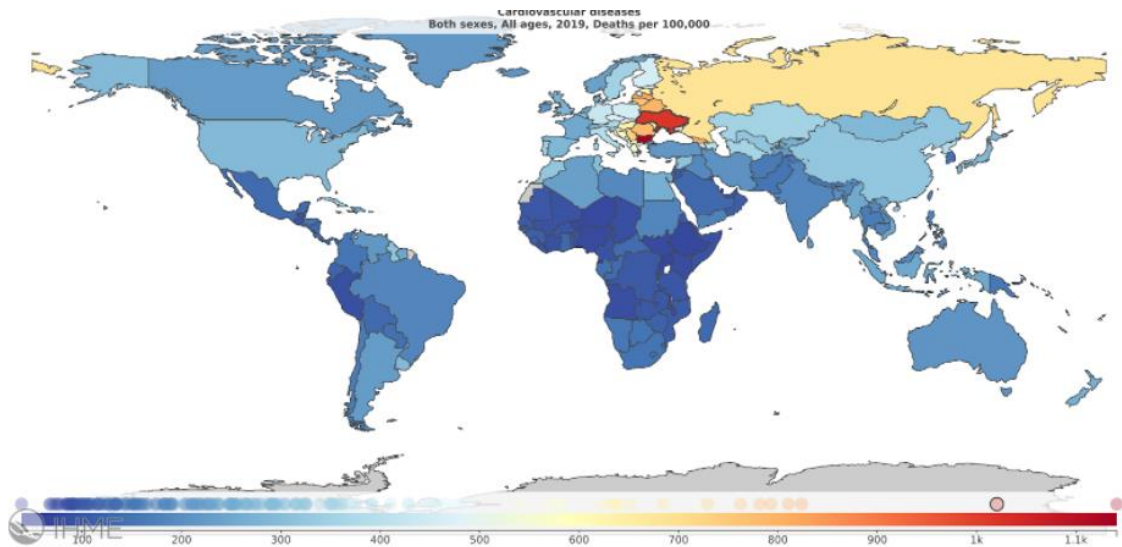


Рисунок 1.1 – Карта складена на основі кількості смертей від ССЗ.

Хронічні захворювання важко вилікувати, тому період лікування зазвичай довгий. Саме тому потрібен тривалий моніторинг стану пацієнта в режимі реального часу, щоб він міг вчасно звернутися за медичною допомогою після розвитку захворювання. Проте реальність така, що через роботу багато членів сім'ї не можуть супроводжувати пацієнта та піклуватися про нього в режимі реального часу, через що хворий стикається з величезним ризиком не отримати своєчасну допомогу при виникненні захворювання.

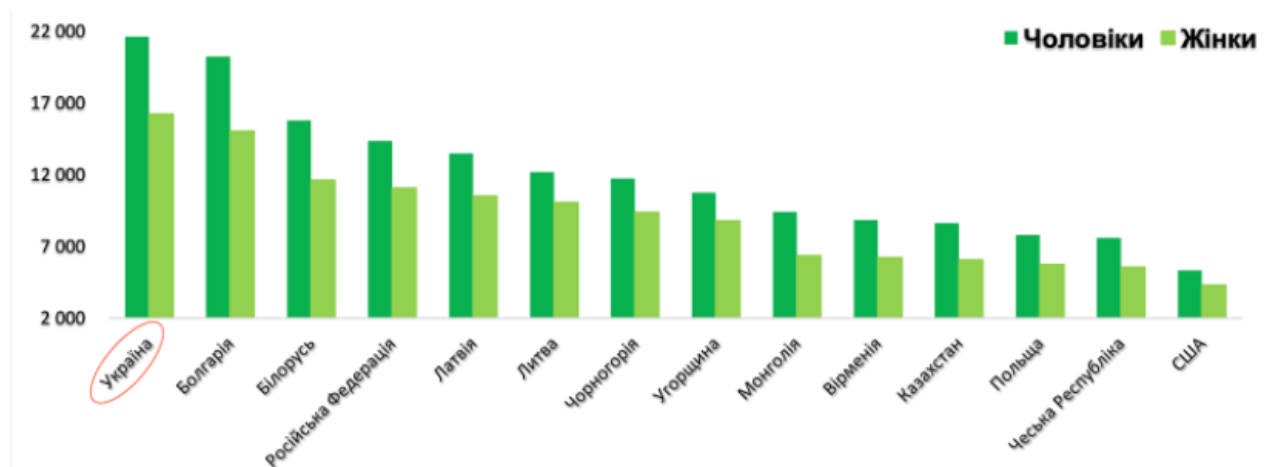


Рисунок 1.2 – Роки життя, що втратили люди через передчасну смерть від ССЗ у 2019 році

Розвиток технологій не є основною причиною продовження тривалості життя і не є чарівною пігулкою для лікування хронічних захворювань. Проте технологічні розробки можуть значно полегшити охорону здоров'я пацієнтів та роботу лікарів. Класичним прикладом використання сучасних технологій у лікарні є система моніторингу здоров'я (СМЗ).

1.2 Поява алгоритмів розумної системи ЕКГ-моніторингу

Наприкінці 1990-х і на початку 2000-х років кілька постачальників представили розумні алгоритми першого покоління для автоматичного виявлення аритмії за допомогою внутрішньолікарняних систем моніторингу пацієнтів. Були великі надії, що ця технологія усуне потребу в ЕКГ-моніторингу даних людьми. Але, хоча ці системи добре працювали в демонстраційних версіях продуктів, вони не завжди працювали так добре в реальному житті. Однак за останнє десятиліття ця технологія значно вдосконалилася, і зараз вона використовується з моніторами подій, холтерами, мобільними пристроями та моніторами ЕКГ на базі смартфонів.

Розумні алгоритми, інтегровані в більшість систем холтерівського моніторингу, мають ретроспективний характер і добре справляються з визначенням передчасних шлуночкових скорочень, тахікардії, брадикардії, пауз і нормальних ритмів, але фібриляція передсердь була проблемою для деяких алгоритмів.

Зовсім недавно деякі постачальники розробили програмне забезпечення на основі штучного інтелекту. Приклади цього включають моніторинг подій TeleSense WIFI від ScottCare та програмне забезпечення для аналізу HolterCare. AliveCor, який пропонує ЕКГ-пристрій клінічного класу на базі смартфона з одним відведенням, також розробив у своєму додатку алгоритм, щоб допомогти виявити передчасні шлуночкові скорочення, тахікардію, брадикардію. Інші виробники також нещодавно представили програмне забезпечення для виявлення фібриляції передсердь.

Більшість постачальників дистанційних серцевих подій і холтерів сучасного покоління пропонують інтелектуальне програмне забезпечення, яке може автоматично генерувати повні статистичні звіти з графічним представленням аритмій, пауз, частоти серцевих скорочень та інших параметрів у легкому для читання діагностичному звіті.

Розширені алгоритми зараз виходять на ринок. Вони працюватимуть у фоновому режимі програмного забезпечення для моніторингу, постійно переглядаючи потокові дані пацієнтів у режимі реального часу або швидко переглядаючи дні чи тижні записаних даних за секунди. Це, ймовірно, стане великою допомогою в сортуванні серцевих подій. Однак такі алгоритми моніторингу не є ідеальним універсальним рішенням. Вони можуть бути надзвичайно корисним, але лікарі повинні розуміти його обмеження. Крім того, не всі пацієнти мають однакові клінічні прояви, які точно вписуються в попередньо визначені категорії програмного забезпечення.

На сьогодні системи моніторингу ЕКГ використовуються в лікарнях, вдома, амбулаторних умовах та у віддалених умовах. Вони також використовують широкий спектр технологій.

Крім того, вони реалізують різні обчислювальні налаштування в частині частот обробки, а також схеми моніторингу. Вони також еволюціонували, щоб служити іншим цілям, а не лише діагностиці та контролю захворювань, включаючи повсякденну діяльність, спорт і навіть цілі, пов'язані з режимом.

1.3 Системи моніторингу стану здоров'я

Моніторинг здоров'я та усі пов'язані з ним технології є привабливою сферою для досліджень. Електрокардіограма завжди була популярною схемою вимірювання для діагностики та оцінки серцево-судинних захворювань. Кількість систем ЕКГ моніторингу у літературі збільшується все більше з кожним днем. Тому експертам і дослідникам із охорони здоров'я дуже важко вибрати, порівняти та оцінити системи, які відповідають їхнім потребам і

відповідають вимогам ЕКГ моніторингу. Це підкреслює потребу в перевіреному довіднику, який керуватиме класифікацією, розробкою та аналізом систем моніторингу ЕКГ, що обслуговує як науковців, так і професіоналів у цій галузі.

Система моніторингу здоров'я — це досить складна технологія і альтернатива традиційному веденню та спостереженню пацієнтів, їх здоров'я. Вона складається з мобільного бездротового пристрою із датчиками, які поєднані з програмою для лікаря для доступу до медичної інформації.

Такі системи надають декілька варіантів зміни традиційного ведення пацієнтів. Крім того, це рішення значно знижує вартість медичної допомоги та допомагає лікарні покращити процес лікування, а також забезпечує хорошу систему дистанційного моніторингу здоров'я.

1.4 Переваги систем ЕКГ-моніторингу

Реальність сучасної медицини така, що пацієнтів набагато більше, ніж лікарів, які здатні їм допомогти. Нещодавня пандемія довела, що світ не готовий до надзвичайних ситуацій такого роду і що існує велика потреба в кваліфікованих лікарях. Технологія може підтримати наявний медичний персонал і полегшити тягар роботи.

Що стосується вже моніторингу здоров'я, то існує два основних способи, завдяки яким технології можуть зробити роботу лікарів більш ефективними.

З такими системами немає необхідності обробляти великий обсяг даних вручну. Система з штучним інтелектом надсилає сигнал тривоги, якщо показники пацієнта починають погіршуватися або якщо є прогнозована загроза того, що ситуація стає небезпечною. За допомогою систем спостереження лікарі можуть заощадити час і сили.

Програмне забезпечення моніторингу стану здоров'я також може звільнити більше ліжок у лікарнях, які можуть бути зайняті пацієнтами, які потребують термінової допомоги. Після аналізу показників здоров'я за допомогою системи може запропонувати, що певного пацієнта можна виписати,

та отримавши медичну консультацію віддалено. Це дозволяє лікарям зосередитися на людях, чиє життя під загрозою.

Крім того, система спостереження може допомогти пацієнтам відновитися після операції або серцевих нападів, залишаючись вдома і на зв'язку з лікарем.

Моніторинг серця можна проводити в будь-який час вдома, а самі вимірювання доступні та записані протягом певного часу. Портативний апарат ЕКГ компактний і легкий. Використовувати його простіше, ніж вимірювати артеріальний тиск.

Виконуючи домашній моніторинг ЕКГ, стан можна зняти та зберегти для аналізу лікарем пізніше. Коли пацієнт почувається погано, можна негайно зняти показання за допомогою приладу для моніторингу ЕКГ, оцінити ситуацію та вжити відповідних заходів.

Ручний моніторинг ЕКГ може зменшити ймовірність помилкового серцевого нападу, який може викликати масу стресу та занепокоєння, і, у свою чергу, може спровокувати справжній серцевий напад.

Персональний монітор ЕКГ добре підходить для будинків престарілих і постачальників послуг домашнього догляду, щоб контролювати стан і прогрес своїх пацієнтів. Оскільки портативні монітори ЕКГ є доступними та якісними, та для проведення вимірювань потрібно всього лиш невелике навчання, ця послуга може бути загальнодоступною для пацієнтів. Завдяки певній підготовці персонал центрів охорони здоров'я може навчитися виявляти ненормальні показання, і в екстрених випадках дані можуть бути негайно передані лікарю або лікарні.

Мобільні системи моніторингу ЕКГ надають виняткові можливості для кардіологічних пацієнтів, яким не доведеться постійно прив'язуватися до клінічних установ або часто відвідувати медичні заклади.

Крім цього пацієнти можуть подорожувати та вести активний спосіб життя із дистанційним моніторингом, інтегрованим у їхній щоденний розпорядок.

1.5 Загальний вид структури системи моніторингу та його складові

Системи дистанційного моніторингу електрокардіограми (ЕКГ) стають надзвичайними медичними пристроями для дистанційного моніторингу серця. В останні роки системи дистанційного ЕКГ-моніторингу застосовуються для моніторингу різного роду захворювань серця, при цьому якість передачі та прийому ЕКГ-сигналів під час дистанційного процесу постійно покращується.

Що ж таке загальна структура апарату? Це загальна ідея проектування системи, яка пов'язана із загальним описом того, яка система буде складена і які функції будуть реалізовані.

Основне обладнання системи включає апаратні засоби для отримання фізіологічних показників пацієнта, апаратні засоби передачі зв'язку, апаратні засоби обробки даних, апаратні засоби бездротової передачі та апаратні засоби мобільного терміналу

Тому загальна структурна структура системи динамічного моніторингу приблизно поділена на чотири модулі.

1. Набуття різноманітних фізіологічних показників. Хоча існує багато типів хронічних захворювань, коли пацієнт захворів, це неминуче спричинить зміни деяких показників здоров'я, тому фізіологічні показники можуть ефективно відображати зміни в стані пацієнта.

2. Бездротовий зв'язок - після обробки та обчислення отримані параметри індексу передаються на мобільний термінал, щоб користувач міг вчасно їх переглянути.

3. Відображення через мобільний термінал – це коли користувачі входять у мобільні термінали для відображення змін фізіологічних показників.

А сама система складається в основному з трьох основних компонентів:

- 1) мобільний шлюз, розгорнутий на мобільному пристрої пацієнта, який отримує сигнали ЕКГ у 12 відведеннях від будь-якого датчика ЕКГ;

- 2) компонент віддаленого сервера, який містить алгоритми для точної анотації та аналізу ЕКГ-сигналу;

3) пристрій точки надання допомоги, щоб лікар отримував діагностичний звіт від сервера на основі аналізу сигналів ЕКГ.

Різні бездротові вузли збору фізіологічної інформації мережі будуть підключені до портативного терміналу пацієнта, такого як персональний цифровий помічник, смартфон або інший пристрій зв'язку, для надсилання даних. У той же час він також зможе завантажувати, аналізувати, робити резервне копіювати та повертати дані до віддаленого центру медичних послуг через Інтернет або мережу мобільного зв'язку.

1.6 Принцип роботи віддаленого моніторингу

На практиці система медичного моніторингу працює за складними алгоритмами. Технічно система моніторингу здоров'я має чотири рівні.

Чутливий шар: цей шар відповідає за зчитування інформації про пацієнта. Виникнення хронічних захворювань буде проявляти різні реакції на різні фізіологічні показники. Як тільки певний індекс виходить за межі встановленого значення безпеки, пацієнт буде піддаватися ризику ускладнень. Тому отримання фізіологічних показників пацієнта в реальному часі є дуже важливим. Фізіологічні індекси, розроблені в цій системі, включають пульс, температуру тіла, частоту серцевих скорочень, насичення крові киснем, кров'яний тиск тощо.

Наприклад, можна запрограмувати його таким чином, щоб лікар міг відстежувати географічне розташування пацієнта (важливо для пацієнтів з амнезією), а також артеріальний тиск і рівень цукру.

Мережевий рівень: після отримання інформації від пацієнта її необхідно передати. Ось тут вступає в гру мережевий рівень. Ця частина відповідає за швидку передачу даних від пристрою про пацієнта до лікаря.

Рівень обробки даних: на цьому етапі відбувається аналіз інформації. Система може зробити швидкий висновок про стан пацієнта і швидко повідомити лікаря, якщо пацієнт потребує негайної допомоги. Більше

того, зі штучним інтелектом, вбудованим у пристрій, можна прогнозувати, що пацієнтові може погіршитися, навіть якщо здається, що все нормально.

Прикладний рівень: після обробки даних лікар отримує повідомлення в програмі, встановленій на його смартфоні, планшеті або ПК. Дізнавшись про все, що відбувається з пацієнтом, лікар може прийняти обґрунтоване рішення про подальше лікування, дозволивши пацієнту піти додому або змінити курс лікування, якщо це необхідно. Більше того, найсучасніша система моніторингу здоров'я може працювати на основі глибокого машинного навчання, щоб лікар також міг отримувати на основі штучного інтелекту пропозиції щодо діагнозу та курсу дій.

1.7 Основні недоліки систем моніторингу ЕКГ

При аналізі стало зрозуміло, що системи моніторингу ЕКГ включають багато компонентів, різноманітні контексти та різні зацікавлені сторони та охоплюють різноманітні технології. Ця різноманітність і мінливість контекстів і компонентів системи моніторингу ЕКГ накладає ряд задач.

У наступних розділах буде описано проблеми моніторингу ЕКГ, пов'язані з використанням пристроїв моніторингу, якістю сигналу, дизайном датчика, довговічністю, розміром даних, візуалізацією та інтеграцією.

1.7.1 Використанням пристроїв моніторингу

При пошуку та аналізі даних про використання мобільних пристроїв моніторингу, стало зрозуміло, що ручний статичний скринінг (тобто традиційний моніторинг) має серйозні обмеження при проведенні в домашніх умовах, оскільки пацієнти повинні навчитися керувати пристроями моніторингу, а також володіти достатніми знаннями щодо використання додатків для моніторингу серця для смартфонів, що іноді може бути проблемою для літніх та неписьменних людей. Також можна підкреслити, що пацієнти можуть забути виконувати завдання моніторингу в умовах спеціального моніторингу в

домашніх умовах, зменшуючи прибуток від регулярного моніторингу. Таким чином, при розробці систем ручного моніторингу необхідно враховувати нагадування про тривогу та скринінг.

1.7.2 Якістю сигналу в системі моніторингу

Під час моніторингу в режимі реального часу пацієнти можуть насолоджуватися діяльністю в реальному житті, включаючи фізичні вправи та біг, які зазвичай призводять до артефактів руху, шуму сигналу та погіршення стану. Тому звідси впливає важливість поєднання ефективних методів фільтрації для налаштувань моніторингу в реальному часі з видаленням артефактів руху під час бігу або фізичних вправ людини.

Висока точність дуже важлива для постійного моніторингу реанімації. Однак ЕКГ-сигнал є шумним і вимірюється в мілівольтах, що підкреслює необхідність хорошої техніки фільтрації та посилення.

1.7.3 Недоліки довговічності моніторингу

Для моніторингу в режимі реального часу важливо використовувати енергоефективні пристрої та комунікаційні технології, щоб забезпечити довготривалий моніторинг. На цю задачу звертали увагу багато дослідників.

Як варіант, можна використовувати Bluetooth як низькоенергетичний протокол зв'язку. Крім того, методи зменшення розмірності даних можуть бути використані для зменшення розміру даних, таким чином полегшуючи їх обробку, що підтримуватиме довговічність моніторингу.

1.7.4 Недоліки розміру даних сигналу ЕКГ

Скринінг у режимі реального часу зазвичай проводиться протягом відносно більшого проміжку часу в порівнянні з традиційним скринінгом (наприклад, дні або навіть місяці). Як наслідок, обсяг даних генерованого сигналу ЕКГ зазвичай великий, а іноді й величезний. Згодом процес аналізу та інтерпретації сигналів перетворюється на досить складне завдання. Це

підкреслює необхідність автоматичного аналізу та інтерпретації даних сигналу для цих установок моніторингу, щоб генерувати корисні повідомлення для пацієнтів, а також для медичних працівників. Тому для налаштувань віддаленого моніторингу в реальному часі вкрай важливо реалізувати інтелектуальні алгоритми вилучення ознак, щоб вибирати інформаційні часові вікна лише з сигналів і, врешті-решт, передавати їх на віддалену станцію для інтерпретації.

1.7.5 Тип та конструкція електрода/ датчика у системі моніторингу

Окрім проблем, пов'язаних із розміром та якістю даних сигналу ЕКГ, деякі проблеми пов'язані з конструкцією електродів, кількістю відведень та типом використовуваного провідника. Наприклад, запис сигналу ЕКГ дещо відрізняється в залежності від типу та кількості використовуваних електродів. Тому необхідно додатково вивчити придатність цього принципу запису для цілей діагностики захворювань. Різні захворювання вимагають різних типів записів, які повинні підтримуватися обраним електродом.

1.7.6 Недоліки візуалізації

В основному, проблеми пов'язані з обробкою різних вимог до швидкості оновлення через кілька платформ, встановлених на пристроях відображення з низькими вимогами до обробки.

Довгостроковий аналіз даних ЕКГ може бути складним, оскільки він має тенденцію до надмірного спрощення візуалізованої інформації, що призводить до втрати значущих компонентів.

Адаптація та налаштування дисплея є ще одним складним питанням для системи моніторингу ЕКГ. Включно налаштування відображення звітності даних для кожної зацікавленої сторони, наприклад лікаря, медсестри, особи, яка доглядає, і пацієнта. Кожній зацікавленій стороні потрібен інший контекст звітності. Відображення в режимі реального часу також необхідно автоматично налаштовувати відповідно до розміру екрана пристрою візуалізації і навіть рівня заряду акумулятора пристрою.

1.7.7 Недоліки іншого характеру

Інші недоліки, пов'язані з системами моніторингу ЕКГ, які відрізняються від згаданих раніше, включають проблеми, пов'язані зі складними обчислювальними вимогами, накопиченням енергії та стійкістю пацієнта/користувача до участі в його/її моніторингу за допомогою різних технологій та датчиків. Залучення мобільних пристроїв до безперервного моніторингу ЕКГ робить їх менш ефективними для обчислювальної обробки інтенсивних даних. Хоча мобільний пристрій покращує деяку гнучкість процесу моніторингу, недоліки, пов'язані зі споживанням акумулятора та обмеженими можливостями обробки пристрою, все ще не вирішені повністю.

1.8 Висновки до розділу 1

Під час аналізу літературних джерел про системи моніторингу пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями було виявлено, що більша частина цих технологій використовує мобільні застосунки для зручності користування хворим. Значна частина систем використовує також програмне забезпечення для персонального комп'ютера, щоб полегшити етап спостереження та діагностики для лікарів.

У результаті дослідження також було виявлено, що деякі з них мають незручний користувацький інтерфейс, погану довговічність даних та недоліки з високою якістю сигналу. Дизайн таких застосунків не лаконічний, важкий для сприйняття користувачем, особливо старшого покоління. А погана довготривалість даних призводить до проблем з діагностуванням та подальшим контролем хвороби. Недоліки з високою якістю сигналу приводить до поганої фільтрації даних при будь-яких фізичних навантаженнях, що може подавати неправдиві повідомлення про потребу надання першої невідкладної медичної допомоги.

Це є вагомим обґрунтуванням для розробки якісного, зручного та багатофункціонального застосунку для моніторингу даних пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

2 ПОШУК АНАЛОГІВ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА ВИРІШЕНЬ ІСНУЮЧИХ ЗАДАЧ

2.1. Існуючі мобільні системи

Система моніторингу здоров'я, яку можна носити, може бути заснована на мікропроцесорі та платформі налаштування, розумних текстилях, мережі тіла, комерційному датчику Bluetooth або мобільному телефоні тощо. Однак змінні, які беруть участь у роботі цих систем, зазвичай антагоністичні, і тому проектування придатних для носіння систем у реальних клінічних застосуваннях тягне за собою ряд проблем, які ще не вирішуються, включаючи контакт датчиків, розташування, обертання, кореляцію сигналів і комфорт пацієнта, а також дві цільові функції, включаючи функціональність і зручність носіння.

Ці змінні оптимізовані за допомогою лінійної та нелінійної моделей для одночасної максимізації цільових функцій. Методологія та результати продемонстрували, що можна подолати більшість дизайнерських бар'єрів, які до цього часу не дозволяли використовувати мобільні сенсорні системи в повсякденній клінічній практиці.

Крім того, майбутні переносні пристрої повинні покладатися на власну енергію організму для роботи. Як підвищити довговічність, не знижуючи продуктивність або не збільшуючи розмір пристрою, — це недолік розробки мобільного пристрою.

Отже, моніторинг фізіологічних сигналів, таких як сигнали електрокардіограми (ЕКГ), пропонує нову цілісну парадигму для оцінки ССЗ, підтримуючи контроль та профілактику захворювань. Завдяки досягненню сенсорних технологій, комунікаційної інфраструктури, обробки даних і моделювання, а також алгоритмів аналітики ризик серцево-судинних захворювань можна було б зменшити краще, ніж будь-коли раніше. Це, у свою чергу, започаткувало б нову еру розумного, активного медичного обслуговування, особливо в умовах обмежених медичних ресурсів.

Як наслідок, системи моніторингу ЕКГ були розроблені та широко використовуються в секторі охорони здоров'я протягом останніх кількох десятиліть і значно розвинулися з часом завдяки появі розумних технологій.

2.1.1 Аналоги пристрою, що не створюють дискомфорт в повсякденному житті

Прикладом новітнього покоління недорогих кардіомоніторів, що можна носити, і які все частіше використовують у повсякденному житті – це пристрій Cardiac Insight Cardea Solo. Після завершення періоду моніторингу цей патч, що можна носити, розривається, щоб отримати модуль даних, який вставляється в пристрій для зчитування та завантаження даних. Програмне забезпечення автоматично створює звіти на основі даних із формами сигналів для різних кардіологічних показників.



Рисунок 2.1 – Вигляд портативного носія системи.

На виставкових залах на засіданні Американського коледжу кардіології (ACC) 2018 у березні та в Товаристві серцевого ритму (HRS) були представлені численні постачальники, які пропонували невеликі, прості у використанні, недорогі безвиводні кардіомонітори.

Вони пропонуються заміну громіздким, дорогим моніторам Холтера або моніторів подій, які пацієнти носять на поясі і вимагають, щоб дротяні проводи були прикріплені до кількох точок на їх тілі. Ці нові монітори можуть фіксувати тривалі періоди серцевої діяльності і зазвичай мають кнопку, яку пацієнти можуть використовувати, коли вони хочуть позначити подію. Їх можна носити під душем і під час сну, і вони мають багато практичних переваг перед старими стандартними технологіями моніторингу подій.

Рух до простіших у використанні технології Холтера та смартфонів нещодавно підтримала GE Healthcare, представивши свою систему Seer 1000. Цей керований додатком реєстратор Холтера використовує програму, яка допомагає користувачам і клініцистам правильно налаштувати, а потім підключається до iPhone, iPad або ПК з підтримкою Bluetooth для віддаленої передачі даних пацієнта. Він має менший, гладкий профіль у порівнянні з традиційними холтерами, і має спрощений вигляд нових кардіомоніторів, які можна носити, і лише одну кнопку, яку пацієнт може натиснути, щоб позначити серцеві події.

Нове покоління пристроїв також принесло з собою швидке збільшення кількості записаних даних. У той час як реєстратори подій зазвичай записують події лише тоді, коли пристрій запускається пацієнтом, а Холтери записують дані лише за один або два дні, деякі новітні системи клінічної оцінки записують всі дані ЕКГ 24/7 протягом днів або тижнів. Деякі дозволяють негайно аналізувати ці дані за допомогою автоматизованих алгоритмів.

Однією з таких технологій є онлайн-система моніторингу RocketECG від Medicalgorithmics. Система здатна сортувати велику кількість даних і витягувати конкретну інформацію, необхідну для своєчасної діагностики.

Велике питання полягало в тому, як об'єднати великі обсяги нових даних моніторингу з цих рішень в електронну медичну карту пацієнта (EMR) і як своєчасно та значуще сортувати зростаючу кількість даних моніторингу. Цю роль управління даними вже вирішують більш просунуті алгоритми аналізу, і вона може стати однією з нових ролей для штучного інтелекту в найближчі

роки. Можливість записувати ці дані та діяти на основі цих даних може знадобитися, щоб відповідати майбутнім залученням пацієнтів, дистанційному моніторингу та іншим обов'язковим стандартам взаємодії ІТ у сфері охорони здоров'я.

Очікується, що на додаток до збільшення даних моніторингу серця клінічного рівня від цих пристроїв клінічного рівня, монітори ЕКГ на основі програм для споживачів, які безпосередньо взаємодіють зі смартфоном пацієнта, також будуть відігравати все більшу роль у моніторингу здоров'я серця. Ці споживчі пристрої пропонують новий метод залучення пацієнтів до кардіології. Системам інформаційних технологій (ІТ), які в цей час обробляють керування ЕКГ, може знадобитися включати дані, записані цими нетрадиційними типами дистанційно записаних ЕКГ.

2.2 ІОТ в системі охорони здоров'я

Інтернет речей у системі моніторингу здоров'я дав нам великий успіх в розвитку сучасного лікування[14]. Завдяки прогресу в технологій, датчики стають меншими, що створило можливості розробки мобільних та зручних рішень. Завдяки постійному підключенню до інтернету, пристрої стають все більш ефективними та потужнішими. На основі ІоТ пристрої моніторингу стану здоров'я спостерігають за пацієнтом 24/7. Завдяки тому, що пристрої на основі ІоТ постійно підключені до інтернету, пацієнти можуть дистанційно контролюватися свої показники та вжити необхідних заходів у випадку надзвичайної ситуації.

2.2.1 Система моніторингу здоров'я на основі сенсорів

Такого роду система моніторингу здоров'я збирає усю інформацію про стан здоров'я пацієнта через електронний сигнал даних, після чого сповіщає пацієнта за допомогою звукового сигналу.

Вчені, Ву та ін. [18], запропонували нову архітектуру переносимої на зап'ясті мережі тіла (WBAN) з використанням хмарних обчислень. Проте недостатком розробленої системи є те, що вона підключається за допомогою дроту. Можливо виготовлення пристрою з бездротовим зв'язком підвищило б гнучкість системи і зробило використання комфортнішим.

Декілька вчених [19] запропонували систему засновану на радіочастотній ідентифікації (RFID). Перевагою такої системи є те, що вона збирає медичні дані в системі реального часу. Складається з трьох рівнів – фізичного, логічного і прикладного. Перший рівень розроблений з датчиків, що використовуються для збору даних. Отримані дані на фізичному рівні обробляються на логічному. Своєю чергою цей рівень обробляє завдання щодо керування доступом до міжсенсорного зв'язку. А останній рівень виконує дії на основі оброблених даних, згенерованих логічним рівнем. Дана система дає точні дані, без затримки й проблем з сигналами.

2.2.2 Система моніторингу здоров'я на основі смартфонів

Смартфони є одним з найкорисніших ресурсів у світі. Смартфон зазвичай містить 14 типів датчиків[20]. Система голосового моніторингу в пристрої є важливою особливістю. Багато апаратних систем було розроблено, використовуючи гнучкість цієї функції. Крім цього, є ще одна перевага – це місткість для зберігання даних як смартфон. Сучасні смартфони можуть легко зберігати дані пацієнта в сховищі, що сприяє хорошій та чіткій діагностиці.

Мехта та ін. [22] розробили нову мобільну систему моніторингу здоров'я голосу за допомогою смартфона, який використовує датчик акселерометра. У цій системі мініатюрний акселерометр використовують як голосовий датчик, а пристрій використовується як платформа для збору даних. Система розміщується на шиї пацієнта для якісного збору інформації. Пропри те, що така мобільна версія моніторингу здоров'я використовує вокальні параметри, необроблені дані отримані за допомогою акселерометра також можна використовувати для моніторингу.

Науковці Гао та ін. [23] запропонували вдосконалену систему моніторингу здоров'я ЕКГ з кількома відведеннями на основі смартфона. У цій системі для отримання сигналу використовується ЕКГ у реальному часі з семи відведень. Через те, що таким способом отримується велика кількість даних ЕКГ, лікарям досить важко виявити відхилення. І для розв'язання цієї задачі використовується автоматична сигналізація. Це будильник, який вмикається, якщо система виявляє аномальні дані ЕКГ. Єдиною вадою такої системи є те, що відбувається середня затримка тривоги, що складає приблизно 13,37 секунди, тим самим знижує рівень точності і якості діагностики.

Мозер і Мелліар-Сміт [4] запропонували систему персонального моніторингу здоров'я за допомогою смартфона під назвою WellPhone. Даний пристрій використовує технологію синтезу і розпізнавання мовлення для спілкування з користувачем. Він зберігає запис великих даних, які пов'язані з даними, отриманими з вимірювального пристрою. Дані також зберігаються на мобільному телефоні. Проте дані WellPhone не є клінічними.

2.2.3 Система моніторингу здоров'я на основі мікроконтролера

Мікроконтролери є одними з найбільш часто використовуваних пристроїв в системах моніторингу здоров'я в усьому світі. Вони мають дуже маленькі розміри, тому стали дуже корисними для швидкої обробки даних датчиків.

Платформа Raspberry Pi є однією з найбільш поширених у використуванні на основі мікроконтролерів у сфері систем моніторингу здоров'я. Вчені Триведі та Черан [25] запропонували систему моніторингу параметрів здоров'я на основі Arduino. Керувати нею можна через додаток в смартфоні, що є дуже зручно. Самі дані надсилаються на окрему плату Arduino Uno. За допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача аналогові значення, що отримала система, перетворюються в цифрові. У системі використовувався модуль Bluetooth, який не охоплює велику площу, і за допомогою нього цифрові значення передаються на смартфон.

Sabbir та ін. [26] розробив рішення m-Health для хворих на цукровий діабет. Дана система використовується для домашнього середовища. Розроблений пристрій дозволяє хворому на цукровий діабет контролювати стан свого здоров'я, контролювати дієту, фізичні навантаження, дозу інсуліну та навіть має можливість консультиватися з лікарями. Недоліком є лише те, що розроблена система не має клінічного підтвердження. Проте її можна взяти до уваги при створенні дистанційного моніторингу пацієнтів з ССЗ.

Кумар та інші.[9] запропонував удосконалений інтелектуальний моніторинг здоров'я на основі IoT. Додаток чимось нагадує систему моніторингу на основі сенсорів, проте поступається за точністю даних у дослідженнях. Системний додаток поділено на три шари – рівнем виявлення, прикладним рівнем і транспортним рівнем. У розділі виявлення використовується датчик для визначення температури тіла та датчик пульсу. На транспортному рівні інформація завантажується в хмару з Arduino через Wi-Fi module і Ethernet shield. Після цього прикладний рівень збирає інформацію з сервера. Одним з недоліків є те, що мікроконтролер в Arduino Uno не підходить для роботи з великою кількістю датчиків одночасно, що може затримувати час роботи для аналізу отриманої інформації.

Penmatsa і Reddy [10] розробили систему, яка може виявляти відхилення в ЕКГ і після цього передає сигнал через Bluetooth. Це недорогий пристрій, що збільшує доступність для пацієнтів. Однак модуль Bluetooth має невеликий діапазон, що призводить до певного обмеження системи. Як альтернатива, використання модулів Wi-Fi або IR може подолати обмеження діапазону.

Кумар і Раджасекаран [12] – вчені, що запропонували систему моніторингу пацієнтів на основі IoT. У системі є основний логічний блок – Raspberry Pi. До нього надходять сигнали датчиків через схему підсилювача. Великим досягненням є те, що використовуючи Інтернет, дані Raspberry Pi можна отримати з будь-якої точки світу. Але система працює лише в умовах приміщень.

Десаї та Тораві [13] розробили розумний дім і систему моніторингу серцевого ритму з використанням бездротової сенсорної мережі (WSN). Система

використовувала Spartan 3 з архітектурою FPGA для паралельних обчислень даних. Всі датчики підключені до мікроконтролера, а на РК-дисплеї зображається результат, наданий MCU. Мінусом даної системи є те, що всі компоненти не вбудовані в один пристрій.

2.3 Удосконалене покоління технологій дистанційного моніторингу ЕКГ

Раніше більшість пристроїв записували лише сегменти даних під час подій або коли пацієнт ініціював запис на пристрої. Холтери записували дані максимум протягом кількох днів. В обох випадках пацієнт повинен був повернути лікарю, а дані завантажити та проаналізувати. Якщо протягом періоду запису не відбулося жодних серцевих подій або не були симптомами, тому пацієнт не розпочав запис, діагноз не може бути поставлений. Крім того, більшість із цих систем реєстрували лише моментальний знімок серцевої діяльності і не давали повної картини того, що відбувається з серцем пацієнта. Навіть якщо подія зафіксована, багато станів неможливо діагностувати на основі однієї ЕКГ короткочасної події. Для точної діагностики може знадобитися тривалий моніторинг протягом днів або тижнів.

Сучасне покоління технологій дистанційного моніторингу ЕКГ тепер дозволяє записувати дані 24/7. Деякі системи також забезпечують бездротовий аналіз даних у реальному часі, що пропонує переваги у порівнянні з старим процесом перегляду записаних даних після того, як пацієнт передає пристрій.

2.3.1 Вирішення задачі щодо точності аналітики

Запис усіх серцевих даних 24/7 дає змогу отримати повну картину серцевої діяльності пацієнта для встановлення кращого діагнозу, а не залежати від невеликої вибірки короткочасних смужок для запису. Деякі періодичні менші події, які не можуть бути зафіксовані, можуть бути ознакою основного захворювання і їх можна пропустити лише за допомогою невеликого знімка

записів. Монітори подій, які записують лише короткий період даних під час події, покажуть, що є аритмія, але вони не можуть показати серйозність проблеми через відсутність додаткових даних. Постачальники, що пропонують монітори безперервного запису, посилаються на збільшення діагностичних можливостей наявності додаткових даних.

Для систем моніторингу, які використовують досконаліші алгоритми, ці додаткові дані з безперервного запису забезпечують кращий статистичний аналіз. Це може включати реєстрацію повної кількості серцевих скорочень, середньої частоти серцевих скорочень пацієнта та кількості незначних і значущих подій за певний проміжок часу, щоб розрахувати кращі, піддані кількісному виміру оцінки. Порівняння статистичної точності можна зробити з клінічними випробуваннями, в яких брали участь лише 50 пацієнтів, на відміну від того ж дослідження, що проводилося з 10 000 пацієнтів.

Деякі мобільні системи серцевої телеметрії використовують дані тенденції ЕКГ, записані у зразках кожні 10 хвилин протягом 30 секунд. Це може допомогти розрахувати такі речі, як навантаження на фібриляцію передсердь (ФП або афіб), але глибина даних є періодичною, а події або серцеві дані, які можуть бути корисними для цих оцінок, можуть бути пропущені протягом довгих періодів між взяттям проб.

2.3.2 Запис ЕКГ в режимі реального часу 24/7 і їх приклади

Необхідно розрізняти системи, що пропонують безперервний запис і безперервний моніторинг. Якщо система не має бездротового з'єднання з моніторинговою компанією, клініцисти не отримають сповіщення про критичні події. Крім того, якщо зібрано достатньо даних для постановки діагнозу, пацієнта можна повідомити про те, щоб він повернувся до кабінету лікаря для консультації, а не чекав дні чи тижні на майбутній графік приймання. Це може прискорити терапію пацієнта та потенційно скоротити час, необхідний для спостереження за пацієнтами.

Системи пропонують цілодобовий моніторинг у режимі реального часу, постійний запис і пересилання даних до сторонніх служб. Програмне забезпечення системи моніторингу відстежує важливі серцеві події та позначає їх, а також може сповіщати лікарів електронною поштою. Лікарі в будь-який час можуть отримати доступ до даних пацієнта через Інтернет.

Лікарі, які використовують систему Medicalgorithmics, можуть отримати доступ до повних даних ЕКГ та повних статистичних звітів онлайн на будь-якому пристрої через інтернет-браузер. Використовуючи PocketECG як Холтер, лікарі можуть дистанційно продовжити час моніторингу, якщо зібрані дані ще не є остаточними.

Дистанційний монітор серцевого ритму TeleSense від ScottCare пропонує мобільну серцеву телеметрію, стільникові події та функції Холтера. Його можна використовувати протягом 30 днів безперервного моніторингу. Він використовує Wi-Fi або стільниковий віддалений бездротовий доступ, щоб забезпечити негайну передачу подій аритмії. Він використовує програмне забезпечення для аналізу даних, яке дозволяє сортувати події. Система автоматично запускає та автоматично передає будь-які важливі події.

Під час тривалого моніторингу ЕКГ враховуйте тривалість роботи акумулятора та кількість компонентів. Одним з найбільших обмежувальних факторів для систем безперервного моніторингу нового покоління є термін служби акумулятора. Хоча пристрій може записувати безперервні дані протягом тривалого періоду, постачальники зазвичай не афішують той факт, що акумулятор пристрою потрібно замінити лише через кілька днів роботи.

Наприклад, Chroma2 Holter пропрацює до 72 годин від однієї батареї ААА. Система novi+ Patch може працювати протягом семи днів, перш ніж пацієнту потрібно буде підключити вбудований акумулятор. Акумулятор системи Telesense розрахований на 50 годин, перш ніж його потрібно буде зарядити.

Інша річ, про яку слід думати при оцінці цих пристроїв, - це те, скільки компонентів потрібно. Єдиний пристрій, який записує та передає дані, є

ідеальним, оскільки він спрощує пацієнтам використання/дотримання та обслуговування. Якщо для завантаження даних пристрою потрібен базовий блок у домі, пристрій не надсилатиме дані в режимі реального часу, але це може не бути проблемою для більшості пацієнтів. Якщо пацієнту необхідно мати при собі окремий пристрій стільникового зв'язку, це означає, що між пристроями запису та передачі необхідно встановити бездротове з'єднання (наприклад, створення пари Bluetooth). Крім того, батареї потрібно буде замінити у двох окремих пристроях, а не в одному.

2.4 Вирішення задачі про втрати пакетів при дистанційній передачі

Використання бездротових мереж датчиків тіла (WBSN) в медицині має на меті забезпечення постійного моніторингу фізіологічних даних пацієнтів. Однак дефіцитні ресурси у вузлах WBSN обмежують їх здатність справлятися з великими обсягами трафіку під час кількох одночасних передач даних.

Це створить високу тенденцію до перевантажень, що спричинить серйозне погіршення продуктивності. Перевантаження може призвести до великої кількості втрат і затримок пакетів, що небезпечно і може призвести до неправильних діагнозів. Тому потрібно намагатися покращити це обмеження, використовуючи нову техніку уникнення скупчення, щоб уникнути втрати в реальному часі та критично важливих для життя медичних даних (наприклад, електрокардіограма та електроенцефалографія), які є життєво важливими для діагностики.

Основна ідея полягає у тому, щоб інтегрувати існуючу схему регулювання швидкості теорії релаксації з методом для досягнення кращої продуктивності. Тоді буде виконано процес з використанням алгоритму прогресивного заповнення, який зменшив надмірні швидкості відправлення, які могли перевантажити обмежений буфер.

2.5 Автоматизований аналіз ЕКГ

На сьогодні застосування технології автоматичної діагностики ЕКГ не є дуже широким. Йому все ще бракує повного набору відповідних алгоритмів. Тому необхідні великі дослідження в області автоматичного аналізу ЕКГ.

Аномальні зміни морфології є важливим показником серцевих захворювань, особливо ішемії міокарда. Автоматична класифікація морфології надає цінну інформацію для лікарів у діагностиці ішемії міокарда, особливо в умовах тривалого та віддаленого моніторингу ЕКГ.

Оскільки довгострокові пристрої запису ЕКГ продовжують зростати в нормі, частково завдяки простоті технології дистанційного моніторингу, потреба в автоматичному аналізі ЕКГ також продовжує зростати.

У дослідженнях Остера був застосований підхід до ЕКГ-фільтрації на основі моделі до даних ЕКГ здорових суб'єктів, щоб полегшити точну онлайн-фільтрацію та аналіз фізіологічних сигналів. Було запропоновано розширення цього підходу, яке моделювало не тільки нормальне та шлуночкове серцебиття, а й морфології, які раніше не зустрічалися. Було запроваджено підхід з перемикаючим фільтром Калмана, щоб забезпечити автоматичний вибір найбільш вірогідного режиму (типу удару), одночасно фільтруючи сигнал з використанням відповідних попередніх знань. Виявлення новизни також стало можливим завдяки включенню третього режиму для виявлення невідомих (не спостережуваних раніше) морфологій, позначених як Х-фактор.

Wrobel та інші вчені представили систему домашнього телемоніторингу плода з розумним підбором алгоритмів аналізу сигналу. Новизна запропонованого підходу ґрунтується на розумній підгонці алгоритмів аналізу абдомінальних сигналів у мобільних приладах, а також на контролі сеансу моніторингу плода з центру спостереження. Ці дії виконувались автоматично на основі безперервного аналізу якості сигналу та оцінки достовірності кількісних описових параметрів, визначених для записаних сигналів. Використовуючи цей

підхід, можна контролювати кількість і вміст даних, що передаються через віддалені канали до центру спостереження, щоб забезпечити найнадійнішу оцінку самопочуття плода при найменшій пропускну здатності даних.

У обмежених ресурсах телемедичних систем, складні алгоритми, затримка обмежень і часове вікно пошуку розташування характерної хвилі повинні бути належним чином зменшені для обробки динамічних сигналів ЕКГ в реальному часі. Будуть вилучені сигнали ЕКГ у часовій, частотній та вейвлет-доміні інформації про ознаки.

Людино-машинний інтерфейс буде дружнім і простим у використанні. Алгоритм попередньої обробки продемонструє ефективне видалення шуму, точне виявлення хвилі QRS, сильну протиінфекцію та надійність при використанні для виявлення надзвичайно високих зубців Р та інтервалів RR у великому діапазоні аномальних хвиль, а також успішно пригнічує ефекти високих зубців Т, помилкового виявлення зубців R великого зубця Р, шлуночкової тахікардії та фібриляції шлуночків.

2.6 Автоматизована розширена звітність

Хорошим прикладом компанії, яка розробила передове автоматизоване програмне забезпечення для перегляду в реальному часі, є рішення PocketECG від Medicalgorithmics. Він пропонує алгоритмічно вдосконалену систему, яка поєднує програмне, апаратне та телекомунікаційне забезпечення в одній платформі. Лікарі можуть отримати доступ до повних даних ЕКГ та повних статистичних звітів онлайн на будь-якому пристрої через стандартний веббраузер. Він також має вбудований акселерометр для співвіднесення фізичної активності пацієнта з аритмією та симптомами. Продавець сказав, що це може бути корисно для контролю швидкості в управлінні AFib.

Технологія PocketECG розпізнає морфологію кожного окремого серцебиття та дозволяє розрізняти нормальне та аномальне серцебиття, включаючи ектопію шлуночків, надшлуночкову ектопію, аберовані

надшлуночкові удари та артефакти форми хвилі. Ця функція контролює безперервний потік даних ЕКГ віддаленого моніторингу в реальному часі протягом кількох тижнів. Він розраховує статистику варіабельності серцевого ритму (BCP) протягом тривалого періоду моніторингу. Система також має можливість розраховувати детальну статистику аритмії для розширеного моніторингу та ідентифікувати зміни BCP та морфологію кожного окремого комплексу QRS.

Програмне забезпечення для автоматизованого аналізу дозволяє створювати кілька різних звітів. Він пропонує аналіз частоти та ритму, а також звіти про співвідношення синусового ритму та миготливої аритмії за хвилину, записаних у день. Система також визначає морфологію кожного удару, щоб допомогти аналізувати частоту шлуночкових і передсердних ектопічних ударів за хвилину, годину, день, тиждень або місяць. Він також може виявляти шлуночкову та надшлуночкову тахікардію та складні аритмії, такі як шлуночкова та надшлуночкова богемінія та тригемінія. Це може допомогти виміряти провідність варіабельності серцевого ритму та турбулентності серцевого ритму.

Система моніторів Cardea Solo від Cardea Solo продається постачальникам як спосіб усунути додаткові кроки та збори, пов'язані з використанням сторонньої компанії для перегляду та запису даних. Замість цього постачальник витягує блок даних із мобільного пристрою та підключає його до зчитувача, а програмне забезпечення автоматично завантажує безперервно записані дані пацієнта. Вичерпні дані можна отримати в кабінеті лікаря для аналізу за допомогою надійного набору програмного забезпечення ЕКГ-алгоритмів та інтерактивних інструментів перегляду повного розкриття слідів.

Портативний монітор ЕКГ розвивається в напрямку багатоканального, нового цифрового, інтелектуального, мережевого пристрою для спільного використання, який використовуватиме цифрові технології для підвищення ефективності роботи та прискорення своєчасності. Це значно підвищить точність клінічних діагнозів. Тенденції досліджень і розробок систем виявлення

та аналізу ЕКГ в основному включають такі аспекти: компактний прилад і синхронізація збору даних 12 каналів.

2.7 Висновки до розділу 2

На основі детального аналізу роботи та апаратних складових існуючих системи моніторингу пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями було обґрунтовано доцільність ширшого застосування технології автоматичної діагностики електрокардіограм.

Також за результатами проведеного аналізу сформульовано розв'язання задач, що ми знайшли в існуючих моделях. А саме використання бездротових мереж датчиків тіла (WBSN) в медицині, що на меті забезпечення постійного моніторингу фізіологічних даних пацієнтів і покращення отримання даних.

Запис усіх серцевих даних 24/7 дає змогу отримати повну картину серцевої діяльності пацієнта для встановлення кращого діагнозу, а не залежати від невеликої вибірки короточасних смужок для запису. А повноцінна удосконалена база даних зможе утримувати велику кількість даних та протягом довго часу зберігати їх.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗА ПАЦІЄНТАМИ З СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

3.1 Висновки щодо проведеного аналізу

Під час аналізу існуючих систем моніторингу дійшли до таких висновків, що потрібно покращити систему збору даних про фізіологічний стан пацієнта. Крім цього автоматизувати систему аналізу отриманих даних для автоматичної діагностики стану пацієнта з розпізнаванням фізичних активностей та іншої діяльності. Для зручності користувача вдосконалити мобільність зчитувального пристрою для використання пацієнтом в повсякденному житті. До того потрібно збільшити швидкість реагування на екстрені ситуації на основі отриманої діагностики стану пацієнта.

На основі цих висновків було спроектовано систему моніторингу для вирішення поточних задач.

3.2 Архітектура програмного забезпечення

Для побудови архітектури даної системи був використаний мікросервісний підхід проектування програмних застосунків.

Однією з причин використання даного підходу є те, що на етапі розробки програмного продукту можна простіше вносити зміни в програмний код відповідно до вимог.

Причиною вибору даного підходу є самодостатність, незалежність не тісно зв'язаних сервісів, які спілкуються за допомогою таких механізмів як HTTP, gRPC, AMQP. Кожен сервіс спроектований для вирішення визначених бізнес потреб. Розгортаються сервіси незалежно один від одного з використанням автоматизованого середовища управління Kubernetes.

У процесі роботи з даним підходом було виявлено такі переваги:

- сервіси розгортаються швидше, що збільшує продуктивність розробників;
- кожен сервіс може масштабуватись окремо від інших;
- при правильному використанні даного підходу недолік одного сервісу не завадить роботі всієї системи;
- мікросервіси краще організовані, кожен виконує специфічну роботу і не займається роботою інших сервісів, а отже, простіший для розуміння, підтримки і тестування.

Крім переваг, було виявлено ще й негативну сторону роботи:

- додаткові витрати на комунікацію між сервісами та базою даних;
- з кожним мікросервісом зростають витрати на комплект тестів, інструкцій з розгортання, інфраструктуру хостингу, інструменти моніторингу та інші.

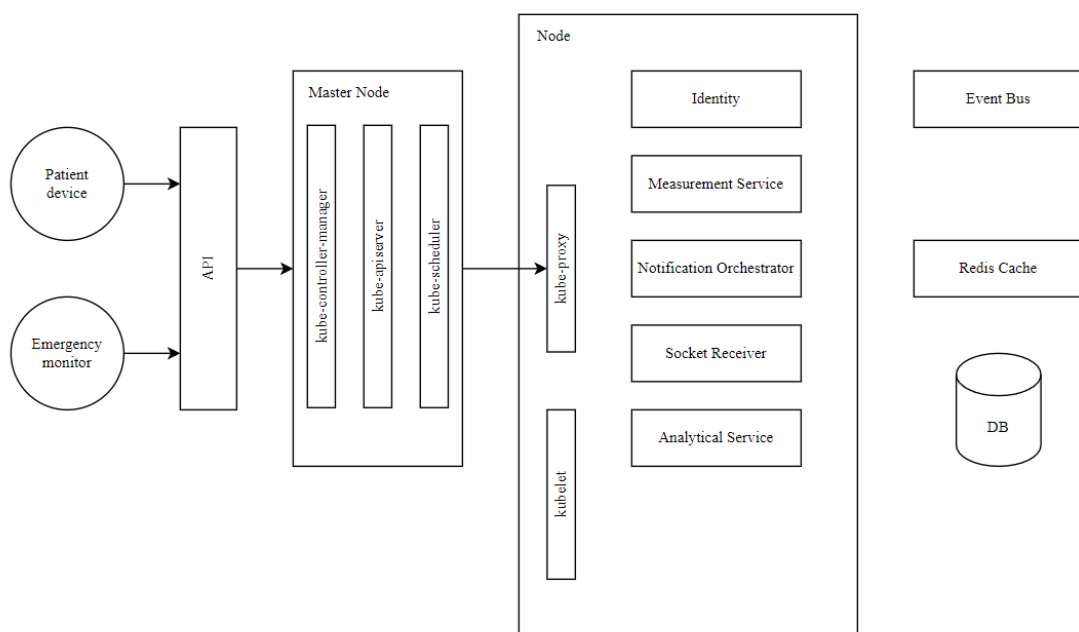


Рисунок 3.1 – Схема спроектованої інфраструктури.

На рисунку зображена високорівнева схема, де зображені ключові елементи системи для автоматизованої та безперебійної роботи.

3.3 Опис бази даних системи

Для зберігання даних було розроблено базу даних за допомогою системи управління MS SQL – Server.

Перевагами MS SQL – Server є надійність та масштабування, веб орієнтованість і можливість взаємодіяти з хмарним середовищем Azure.

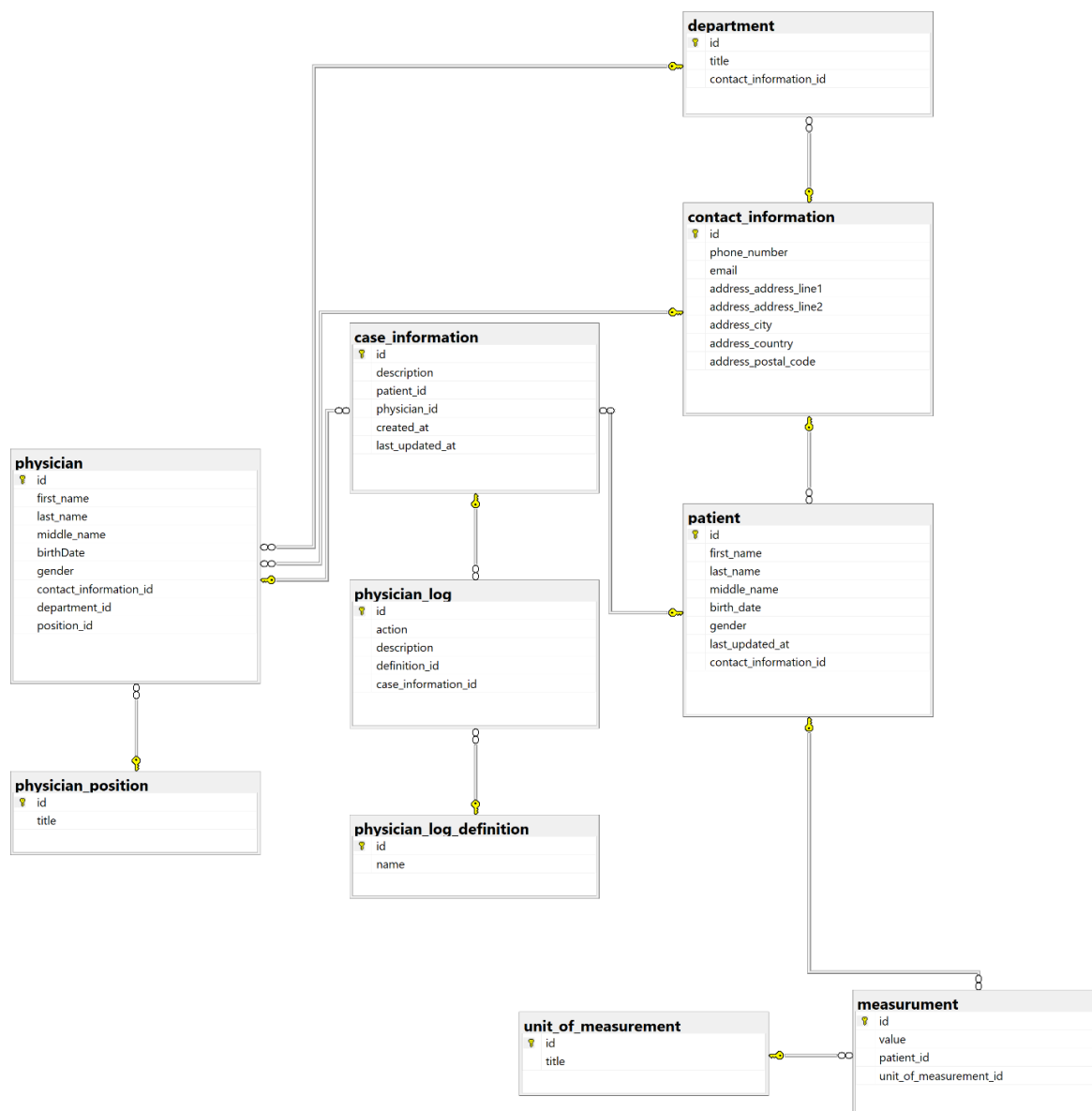


Рисунок 3.2 – Схема бази даних.

Для оперування базою даних на програмному рівні будемо використовувати набір технологій на основі ADO.NET — EntityFramework.

3.4 Опис роботи мікросервісів

Щоб розробити мікросервіси ми використовуємо технологію ASP.NET Core. Він може бути використаний для розробки різних видів програмного забезпечення таких як веб, мобільних та хмарних додатків, а також для машинного навчання та інтернету речей. Основними перевагами цієї технології є відкритість коду, підтримка компанією Microsoft, кросплатформність, завдяки якій може працювати на операційних системах Windows, macOS та Linux. Можливість використання різних мов програмування таких як C#, F# та Visual Basic. ASP.NET Core підтримує модульний підхід проектування з використанням готових збірок NuGet.

Для внутрішньої комунікації між мікросервісами будуть використовуватись такі протоколи передачі даних , як HTTP, gRPC, AMQP.

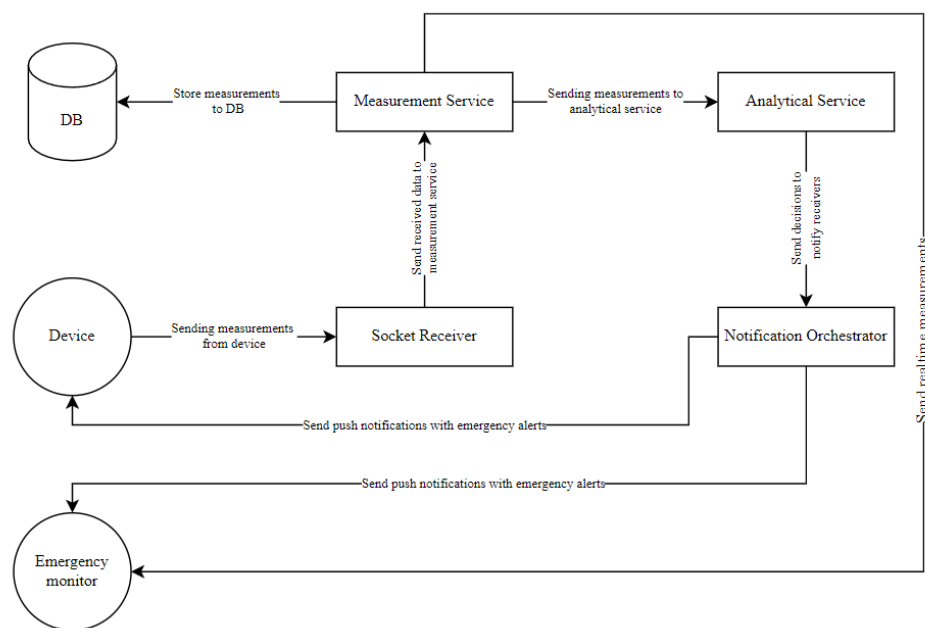


Рисунок 3.4 – Схема взаємодії мікросервісів.

На рисунку 3.4 схематично зображені шляхи передачі отриманих вимірювань для їх аналізу та збереження в базу даних.

```

public async Task InvokeAsync(HttpContext context)
{
    if (!context.WebSockets.IsWebSocketRequest)
        return;

    string connectionId;
    long userId;

    var cancellation_token = context.RequestAborted;

    if (TryGetCookieTokenParam(context, out string accessToken))
    {
        var isValid = await ValidateAccessTokenAsync(accessToken, cancellation_token);
        if (!isValid)
        {
            context.Response.StatusCode = (int)HttpStatusCode.Forbidden;
            return;
        }

        userId = GetUserId(accessToken);
        if (userId == default)
        {
            context.Response.StatusCode = (int)HttpStatusCode.Forbidden;
            return;
        }

        connectionId = Guid.NewGuid().ToString();
    }
    else
    {
        if (!TryGetConnectionIdQueryParam(context, out connectionId))
        {
            context.Response.StatusCode = (int)HttpStatusCode.Forbidden;
            return;
        }

        if (!_connectionManager.TryGetUserId(connectionId, out userId))
        {
            context.Response.StatusCode = (int)HttpStatusCode.Forbidden;
            return;
        }
    }

    var webSocket = await context.WebSockets.AcceptWebSocketAsync();
    await _connectionManager.ConnectAsync(connectionId, userId, webSocket, cancellation_token);
}

```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду ініціалізації з'єднання між пристроєм та сервером.

Рисунок 3.5 являє собою опис лістингу коду, що відповідає за встановлення з'єднання між пристроєм та сервером за допомогою протоколу WebSocket для обміну даними в режимі реального часу.

3.5 Опис мікросервісів

```

1 reference
public virtual void ConfigureServices(IServiceCollection services)
{
    services.AddLogging(options => options.AddSerilog());
    AddSerilog();

    services.AddOptions();
    services.AddHttpContextAccessor();
    services.Configure<BaseOptions>(Configuration);
    services.AddSwagger(BaseOptions.ApiName, BaseOptions.IdentityUrl);
    services.AddSerializerOptions();
    services.AddIdentityServerAuthorization();
    services.AddIdentityServerAuthentication(BaseOptions.ApiName, BaseOptions.IdentityUrl);
    services.AddRequestReporformanceBehaviour();
    services.AddSingleton<IJsonSerializer, DefaultJsonSerializer>();
    services.AddTransient<ISystemTextJsonSerializer, SystemTextJsonSerializer>();
    services.AddRedisServices(Configuration);
    services.AddSingleton<ISessionsRedisClient, SessionsRedisClient>();
    services.AddSingleton<ISessionBlackListService, SessionBlackListService>();

    services.AddGrpc(o =>
    {
        o.Interceptors.Add<ErrorHandlingInterceptor>();
    });

    var paths = Directory.GetFiles(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory, "*Application.dll").ToList();
    paths.AddRange(Directory.GetFiles(AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory, "*Infrastructure.dll"));

    Assembly[] assemblies = paths.Select(path =>
        Assembly.Load(AssemblyName.GetAssemblyName(path))
        .ToArray());

    services.AddAutoMapper(assemblies);
    services
        .AddMvc(action =>
        {
            action.Conventions.Add(new InternalAuthorizationConvention(services.GetOptions<TokenProviderOptions>()
                .Value
                .Enabled));
        })
        .AddJsonOptions(options =>
        {
            options.JsonSerializerOptions
                .Converters.Add(new JsonNonStringKeyDictionaryConverterFactory());
        })
        .AddFluentValidation(t =>
            t.RegisterValidatorsFromAssemblies(assemblies))
        .ConfigureApiBehaviorOptions([options =>
        {
            options.InvalidModelStateResponseFactory = c =>
            {
                var errors = string.Join(' ', c.ModelState.Values.Where(v => v.Errors.Count > 0)
                    .SelectMany(v => v.Errors)
                    .Select(v => v.ErrorMessage));

                return new BadRequestObjectResult(ResponseFactory.InvalidData(ErrorCode.InvalidData, errors));
            };
        }]);

    services.AddCors(options =>
    {
        options.AddPolicy("CustomPolicy",
            builder => builder.AllowAnyOrigin()
                .AllowAnyHeader()
                .AllowAnyMethod());
    });

    services.AddMediatR(assemblies);
}

```

Рисунок 3.6 – Базові налаштування мікросервіса.

У налаштуваннях ми налаштовуємо логування помилок для того, щоб в процесі розробки простіше відстежувати помилки з програмним кодом.

Далі ми налаштуємо авторизацію та автентифікацію користувача для перевірки автентичності та прав доступу до ресурсу.

Також ми налаштуємо CORS – це механізм захисту вебсторінок, який забороняє використання ресурсу, коли немає відповідності політики одного походження.

```

0 references
public virtual async Task<TResponse> Handle(TRequest request,
                                           CancellationToken cancellationToken,
                                           RequestHandlerDelegate<TResponse> next)
{
    if (!(request is ICommand<TResponse>))
        return await next();

    var response = default(TResponse);
    var typeName = request.GetGenericTypeName();

    if (DbContext.HasActiveTransaction)
    {
        return await next();
    }

    bool success = true;
    var strategy = DbContext.Database.CreateExecutionStrategy();

    await strategy.ExecuteAsync(async () =>
    {
        using (var transaction = await DbContext.BeginTransactionAsync())
        using (LogContext.PushProperty("TransactionContext", transaction.TransactionId))
        {
            Logger.LogInformation("----- Begin transaction {TransactionId} for {CommandName} ({@Command})",
                transaction.TransactionId, typeName, request);

            response = await next();

            if (response is IResponse r)
                success = r.IsSuccess;

            Logger.LogInformation("----- Commit transaction {TransactionId} for {CommandName}",
                transaction.TransactionId, typeName);

            if (success)
                await DbContext.CommitTransactionAsync(transaction);
        }

        if (success)
            await IntegrationEventService.PublishEventsThroughEventBusAsync();
    });

    return response;
}

```

Рисунок 3.7 – Механізм транзакційності запитів.

Механізм транзакційності запитів потрібен для того, щоб забезпечити атомарність логічних операцій. Тобто, якщо транзакція виконується повністю або не виконується взагалі, це забезпечується завдяки механізму відкату змін, також він служить для узгодженості цілісного стану в системі. У середині

транзакції цілісність може порушуватись, однак у кінці вона повинна повернутись в цілісний стан.

Для опрацювання великих потоків з вимірювальними даними було розроблено алгоритм, який розділяє дані між кількома виділеними процесами по принципу рівномірного навантаження.

```

/// <summary>
/// Handles incoming items. Adds new incoming item to the queue and start processing.
/// </summary>
/// <param name="queueItem"></param>
0 references
public void OnQueueItemReceived(T queueItem)
{
    bool startThread;

    lock (_queue)
    {
        startThread = _queue.Count == 0;
        _queue.Enqueue(queueItem);
    }

    if (startThread)
        ThreadPool.QueueUserWorkItem(ProcessQueue);
}

/// <summary>
/// Processes queue in the separated thread from the ThreadPool.
/// </summary>
/// <param name="state">Parameter of the WaitCallback.</param>
1 reference
private void ProcessQueue(object state)
{
    while (true)
    {
        T queueItem;
        lock (_queue)
        {
            if (_queue.Count == 0)
                return;

            queueItem = _queue.Peek();
        }

        try
        {
            if (queueItem != null)
            {
                _processQueueItem(queueItem).ConfigureAwait(false).GetAwaiter().GetResult();
            }
        }
        catch (Exception ex)
        {
            _logger.LogError(ex, ex.Message);
        }

        lock (_queue)
        {
            _queue.Dequeue();
            if (_queue.Count == 0)
                return;
        }
    }
}

```

Рисунок 3.8 – Лістинг коду.

Це забезпечує швидкодію та збалансоване навантаження на систему, що в такому випадку важливо через великі об'єми. Даний код алгоритму наведено нижче на рисунку 3.8: Для забезпечення цілісності даних відправлених з пристрою було розроблено алгоритм, завдяки якому дані, що не змогли

відправитись через зовнішні проблеми, будуть зберігатись в локальне сховище, і після відновлення з'єднання повторно надсилатимуться на сервер, як вказано на діаграмі нижче.

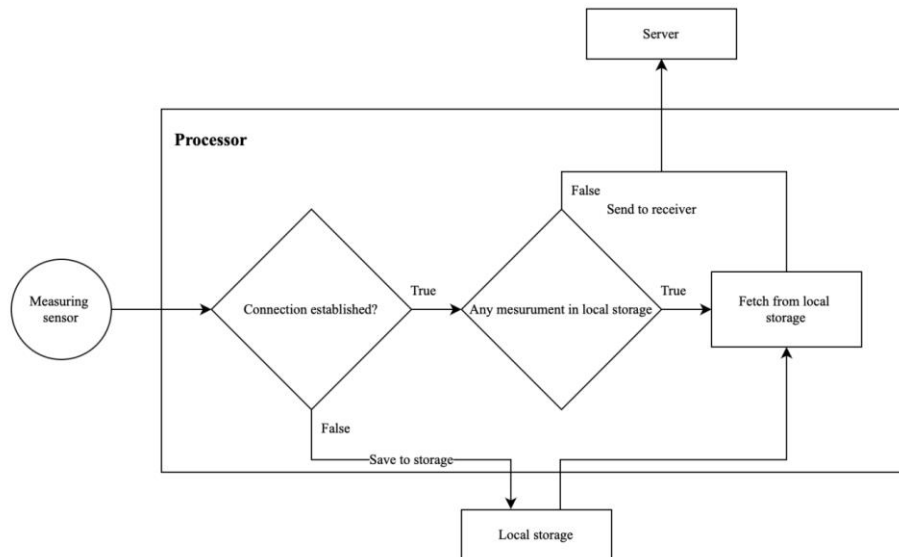


Рисунок 3.9 – Алгоритм збереження даних у зв'язку з перебоями мережі.

На рисунку 3.10 зображений програмний інтерфейс BaseDbContext – це базовий інтерфейс для взаємодії з базою даних. За допомогою нього можна оперувати всіма функціями бази даних. Даний компонент побудований за допомогою EntityFramework.

```

5 references
public abstract class BaseDbContext<TDbContext> : DbContext, IUnitOfWork
    where TDbContext : DbContext

3 references
protected readonly IMediator Mediator;

12 references
protected IDbContextTransaction CurrentTransaction;

1 reference
public bool HasActiveTransaction => CurrentTransaction != null;

1 reference
public BaseDbContext(DbContextOptions<TDbContext> options) : base(options) { }

1 reference
public BaseDbContext(DbContextOptions<TDbContext> options, IMediator mediator) : base(options) -

1 reference
private EntityEntry<IEntity>[] GetChangedEntities() =>
    {
        ChangeTracker
            .Entries<IEntity>()
            .Where(x => x.Entity.DomainEvents != null && x.Entity.DomainEvents.Count > 0)
            .ToArray();
    }

6 references
public virtual async Task<bool> SaveEntitiesAsync(CancellationToken cancellationToken = default(CancellationToken))
{
    var domainEntities = GetChangedEntities();

    var domainEvents = domainEntities
        .SelectMany(x => x.Entity.DomainEvents)
        .ToArray();

    foreach (var entity in domainEntities)
        entity.Entity.ClearDomainEvents();

    await Mediator.DispatchDomainEventsAsync(this);

    await base.SaveChangesAsync(cancellationToken);

    // After executing this line all the changes (from the Command Handler and Domain Event Handlers)
    // performed through the DbContext will be committed
    foreach (var domainEvent in domainEvents)
        await Mediator.Publish(domainEvent);

    return true;
}

0 references
public virtual async Task<IDbContextTransaction> BeginTransactionAsync() -

1 reference
public virtual async Task CommitTransactionAsync(IDbContextTransaction transaction) -

//MISSING: command!
public async virtual Task RollbackTransactionAsync() -

```

Рисунок 3.10 – Лістинг коду програми для оперування базою даних.

Він є зручним інструментом для побудови та оперування базами даних, завдяки абстрактній реалізації EntityFramework може керувати будь-якими реляційними базами даних такими як MSSQL, MySql, PostgreSQL та інші.

3.6 Опис інтерфейсу

Для досягнення поставлених цілей нам ще потрібно реалізувати інтерфейс користувача, де ми зможемо відстежувати поточні стани пацієнтів.

Для реалізації панелі користувача ми використали такі технології як Angular, HTML, CSS.

Дана панель повинна реалізовувати такі елементи як:

- авторизація для користувачів;

- панель моніторингу стану користувачів;
- панель для сповіщень екстрених ситуацій;
- панель для зображення статистичних даних;
- панель управління користувачами.

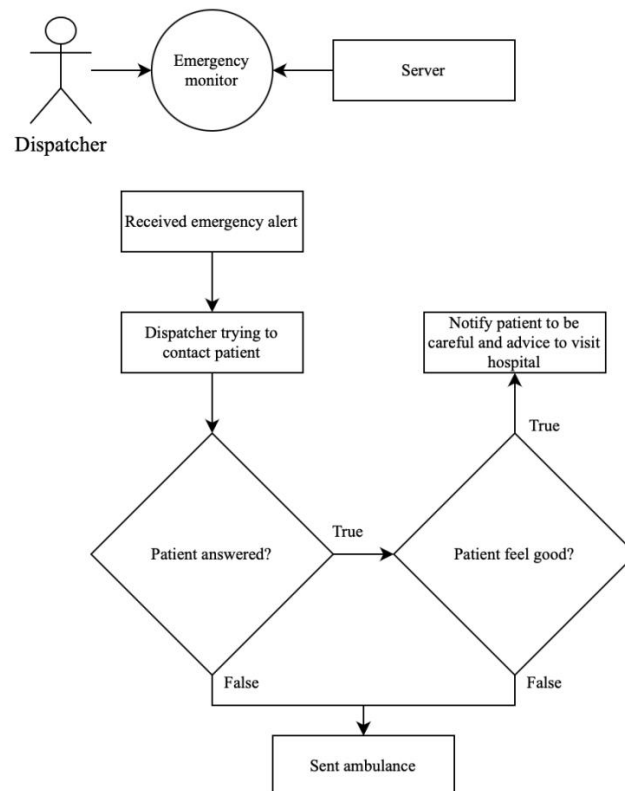


Рисунок 3.11 – Алгоритм реагування диспетчером на надзвичайну ситуацію.

Даний алгоритм показує план дій в разі надзвичайної ситуації з пацієнтом після отримання сигналу про різке погіршення стану, диспетчер пробує встановити зв'язок з пацієнтом для уточнення самопочуття, якщо користувачу дійсно погано або він не виходить на зв'язок, а його стан погіршується, то диспетчер відправляє швидку допомогу за GPS локацією пацієнта.

На даному рисунку зображена таблиця з пацієнтами, їх діагнозом та показниками з вимірювального пристрою.

NAME	DIAGNOS	HEARTRATE	SYSTOLIC	DIASTOLIC	TEMPERATURE	SATURATION	STATUS
Loki Odinson	Coronary heart disease	90	134	85	36,6C	94%	Stable
Harry Potter	Aortic aneurysms	130	151	100	36,8C	81%	Warning
Tony Stark	Cerebrovascular disease	50	168	112	35,3C	84%	Fatal
Brandon Stark	Carditis	65	134	90	36,7C	92%	Stable
Volodymyr Kant	Cerebrovascular disease	155	198	124	38,1C	80%	Fatal
Jan Snow(Targaryen)	Rheumatic heart disease	100	139	85	36,8C	89%	Warning
Naruto Uzumaki	Abnormal heart rhythms	80	125	85	36,4C	97%	Stable

Рисунок 3.12 – Графічний інтерфейс панелі моніторингу за пацієнтами(усі дані є штучно з генерованими)

З цього інтерфейсу оператор має можливість переглядати стан пацієнта, фільтрувати список пацієнтів по розташуванню, експортувати дані в Excel файл, реєструвати нових пацієнтів та викликати швидку допомогу за місцем розташування пацієнта.

На рисунку 3.12 зображається панель із зібраною статистикою роботи системи моніторингу.

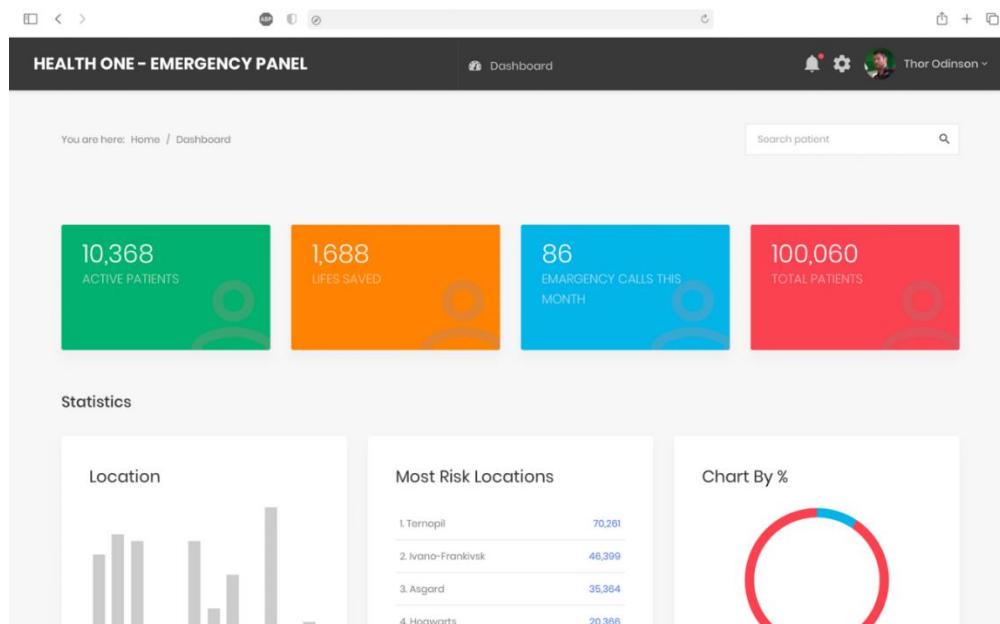


Рисунок 3.12 – Інтерфейс головного екрану зі статистичними даними(усі дані є штучно згенерованими)

Для швидкого сповіщення оператора панелі про зміну стану пацієнта чи про отримане повідомлення було розроблена система звукових сповіщень, також була розроблена візуалізація сповіщень як зображено на рисунку 3.13.

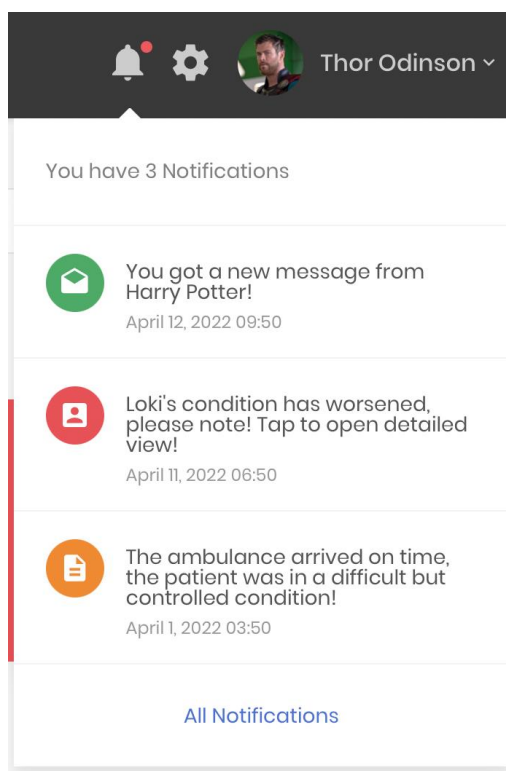


Рисунок 3.13 – Екран вхідних сповіщень.

3.7 Висновки до розділу 3

У даному розділі було виконано технічну реалізацію кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Науковий магістр». Досягнуто таких цілей:

- розроблено доступний та простий інтерфейс програми;
- описано алгоритми реагування диспетчером на надзвичайну ситуацію;
- автоматизовану систему аналізу отриманих даних для автоматичної діагностики стану пацієнта з розпізнаванням фізичних активностей та іншої діяльності;
- вдосконалено мобільність зчитувального пристрою для використання пацієнтом в повсякденному житті;
- збільшено швидкість реагування на екстрені ситуації на основі отриманої діагностики стану пацієнта;
- розроблено алгоритм збереження даних у зв'язку з перебоями мережі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Фактори ризику і можливості порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі

Комп'ютери стали частиною сучасного життя. Використання Інтернет-технологій надає доступ до усіх можливих знань у будь-якій точці світу, за доли секунд, просто клацанням миші.

Комп'ютер є важливим інструментом у багатьох різних видах діяльності, як для дорослих, так і для дітей. Але тривале використання комп'ютера може збільшити шанс отримати травму. Неналежне використання комп'ютера може спричинити біль у м'язах та суглобах, травми плеча, руки, зап'ястя чи кисті та перенапруження очей.

Кілька десятиліть тому, до появи комп'ютерів, офісна робота включала широкий спектр діяльності, починаючи з друкування тексту, заповнення форм, читання тощо. В епоху винаходу комп'ютера всі ці дії користувачі виконували без будь-яких потреб зміни пози або відводу очей під впливом комп'ютера.

Фактично техніка стала невід'ємною частиною людства, але, незважаючи на всю свою важливість, комп'ютери поставили негативний вплив на людей. Це, безумовно, покращило якість роботи і ефективність в певній мірі, але призвело до проблем з очима, таких як почервоніння, подразнення, сльозотеча через тривале напруження, тимчасове затуманення зору, чутливість до світла та проблеми з м'язами, які виникають внаслідок використання комп'ютерів. Це привернуло увагу дослідників, щоб провести дослідження можливого позитивного чи негативного впливу комп'ютера на суспільство.

Людський організм реагує на небезпеки робочого середовища через чотири системи – центральну нервову, автоматичну нервову, ендокринну та імунну – які постійно взаємодіють як складна мережа. Конструкція безпечного робочого місця зазвичай передбачає зменшення факторів фізичного перевантаження, таких як велика вага; часто інші небезпеки робочого середовища такі, як низькі температури, високий рівень шуму тощо, необхідно

ретельно враховувати. Ці небезпеки в робочому середовищі, які впливають на офісних працівників, вважаються факторами стресу, які змінюють функціонування організму та пошкоджують периферичну та центральну нервову систему.

У дітей можуть виникнути особливі фізичні та психологічні проблеми, якщо вони занадто багато грають у комп'ютерні ігри. Ви можете зменшити або уникнути цих ризиків за допомогою правильних меблів, кращої постави та корисних звичок, таких як перерви та обмеження часу, проведеного за комп'ютерними іграми.

Світова тенденція полягає в тому, щоб використовувати комп'ютери тривалий час щодня через збільшення кількості комп'ютерних завдань у своїх роботах, а також посилення комп'ютерної діяльності у дозвіллі.

Зростання використання персональних комп'ютерів вдома стало невід'ємною частиною життя корінного населення. У наш час комп'ютери легко доступні навіть у сім'ї середнього класу. Не тільки банки та державні установи, а й приватні органи, автономні установи та майже кожна організація комп'ютеризована для безперебійного та швидшого потоку даних та інформації.

Статична поза, пов'язана з роботою за комп'ютером було визначено як основний професійний фактор ризику. Різні опромінення під час роботи з комп'ютером може викликати захворювання опорно-рухового апарату в різних частинах тіла, в тому числі плечі, шия, зап'ястя і спина. Комп'ютерний зоровий синдром є однією з найпоширеніших скарг людей, які працюють з комп'ютерами.

4.1.1 Травми, пов'язані з поставою від використання комп'ютера

Біль у спині та шиї, головні болі, а також біль у плечах і руках є поширеними травмами, пов'язаними з комп'ютером. Такі проблеми з м'язами та суглобами можуть бути викликані або погіршені через погану конструкцію робочого місця (стола), погану позу та тривале сидіння. Хоча сидіння вимагає менше м'язових зусиль, ніж стояння, воно все одно викликає фізичну втому, і

вам потрібно тримати частини свого тіла в постійній формі протягом тривалого періоду часу. Це зменшує циркуляцію крові до м'язів, кісток, сухожилів і зв'язок, що іноді призводить до скутості та болю. Якщо робоча станція налаштована неправильно, ці стійкі положення можуть створити ще більше навантаження на ваші м'язи та суглоби.

Пошкодження поперекового відділу хребта і розтягнення (розриви м'язів або сухожилів) є поширеними у офісних працівників через високе навантаження на хребет під час сидіння.

Розтягнення можуть викликати біль у спині та стегнах, а також набряк м'язів і стиснення.

Травми диска, спричинені підвищеним навантаженням на хребет через тривалу і неправильну позу сидячи, може викликати розтягнення зовнішніх волокон міжхребцевих дисків. У більш запущених випадках м'який внутрішній матеріал диска може виступати всередину або навіть через кільцеві волокна диска, що призводить до грижі міжхребцевого диска.

Грижа міжхребцевих дисків може викликати біль у спині, біль у ногах та зміну чутливості до стопи, слабкість, труднощі при ходьбі або поєднання цих симптомів.

4.1.2 Пов'язані з комп'ютером травми кисті

М'язи і сухожилля можуть стати болючими при повторюваних рухах і незручних позах. Це відоме як «травма через надмірне навантаження» і зазвичай виникає в лікті, зап'ясті або руці користувачів комп'ютера. Симптоми цих травм від надмірного навантаження включають біль, набряк, скутість суглобів, слабкість і оніміння.

Тенісний лікоть є ще одним типом травми кисті. Це вражає сухожилля загального розгинача в зовнішній ділянці ліктя. Тенісний лікоть є дуже поширеною причиною болю в лікті та передпліччі. Це може викликати легкий або сильний біль у бічному ліктьовому суглобі і може посилюватися при

захопленні та надмірних рухах пальців. Біль також може іррадіювати вгору або вниз у передпліччя.

4.1.3 Напруга очей від роботи за комп'ютером

Фокусування очей на одній і тій самій відстані протягом тривалого періоду часу викликає втому. Людське око структурно вважає за краще дивитися на об'єкти на відстані більше ніж шість метрів, тому будь-яка робота, що виконується крупним планом, ставить додаткові вимоги до ваших очних м'язів. Освітлений екран комп'ютера також може викликати втому очей. Хоча немає доказів того, що втома очей шкодить вашому зору, користувачі комп'ютерів можуть мати такі симптоми, як затуманення зору, тимчасова неможливість зосередитися на віддалених об'єктах та головні болі.

4.2 Вплив інформаційних технологій на охорону праці медичних працівників

Програми інформаційних технологій охорони здоров'я використовуються в усьому світі і впливають на певні аспекти набору та утримання медичних працівників. На утримання медичних працівників впливають задоволеність роботою, відданість організації та намір залишитися, які взаємопов'язані один з одним і під впливом багатьох факторів, пов'язаних з роботою, особистими особами, організацією тощо.

У 1999 році Інститут медицини (ІОМ) привернув увагу світу до вразливості системи охорони здоров'я США щодо безпеки пацієнтів і наголосив на необхідності широкого впровадження електронних медичних карт як фундаментального компонента нової інформаційної технології охорони здоров'я. Інфраструктура призначена для покращення якості медичної допомоги.

Було проведено мало досліджень щодо впливу інформаційної технології охорони здоров'я на догляд за пацієнтами та безпеку.

Відносно невелика кількість досліджень оцінювали технології щодо їх впливу на клінічну роботу в порівнянні з більшим обсягом робіт щодо впливу технологічних систем на задоволеність лікаря або пацієнтів, зменшення помилок при лікуванні, дотримання клінічних рекомендацій, зниження ризику та результати пацієнтів.

З досліджень, в яких оцінювався вплив впровадження інформаційних технологій на клінічну роботу, було виявлено, що оцінювані системи підтримують діяльність як щодо замовлення, так і для створення діаграм, але дослідження не повідомляли про використання часу лише для клінічної документації. Крім того, незважаючи на те, що зростає кількість досліджень щодо впливу таких систем на діяльність медсестринського догляду, дуже мало досліджень зосереджено на тому, як технології впливають на кількість часу, який лікарі проводять у безпосередній діяльності з доглядом за пацієнтами.

Глобальний вплив технологій, таких як автоматизація, штучний інтелект (ШІ) та робототехніка, на роботу та робочу силу все частіше розглядається дослідниками, але дуже розбіжно. Одна точка зору полягає в тому, що технологія принесе менше роботи, зробить працівників зайвими або припинить роботу, замінивши працівників. Інша головна точка зору полягає в тому, що технології створять великі можливості для працівників і підвищать економіку.

Історично, оскільки технології змінили спосіб виконання роботи, кількість створених робочих місць перевищувала кількість звільнених. Також існує занепокоєння, що, хоча історія може бути правильною, майбутнє може повернути час назад, а переміщення працівників та безробіття через автоматизацію, штучний інтелект та робототехніку будуть широко поширені.

Існує занадто багато причин, щоб пояснити, чому впровадження ІТ неефективне. Опір з боку робочої сили виглядає особливо актуальною в охороні здоров'я через високу вартість адаптації та потенціал ризику для пацієнтів. Фрагментований характер системи охорони здоров'я США також притупляє стимули ділити безперебійну інформацію, хоча проблеми з впровадженням ІТ були настільки ж сильними у Сполученому Королівстві, в якому представлена

Національна служба охорони здоров'я, списана 16 мільярдів доларів через невдалу спробу у середині 2000-х років. Те, що це сталося в системі без плати за обслуговування та повністю інтегрованого страховика свідчить про більш глибокі проблеми, ніж особливості американської системи охорони здоров'я. Якщо охорона здоров'я йде за іншими галузями, продовжує залишатися значний потенціал для підвищення продуктивності, але ми також знаємо, що розуміння того, як використовувати нові інструменти, вимагає змін керівництва та прийняття робочою силою.

Проте прогнозування на майбутнє є складним. Якби аналітиків у 1870 році в Сполучених Штатах поінформували, що зайнятість у сільському господарстві зростає з майже 50% робочої сили до менше ніж 2% у 2018 році, їм також було б важко передбачити розвиток сектора охорони здоров'я, програмного забезпечення та програмного забезпечення. послуги як основні джерела зайнятості.

Замість того, щоб думати про ліквідацію цілих професій (тобто технологію як заміну людської праці), варто вирішувати проблему з точки зору конкретних завдань у професіях, що автоматизуються (тобто технології як доповнення до людської праці). Завдання слід розглядати з точки зору діапазону та міри, в якій вони можуть бути автоматизовані. Тоді технологія концептуалізується як заміна людської праці в завданнях, які використовуються для її виконання навіть на роботах з вищими освіченими людьми.

Цифрове проти традиційного навчання. На основі об'єднаного аналізу дев'яти РКД за участю 890 медичних закладів професіонали, вони не знаходять різниці в знаннях після цифрової освіти порівняно з традиційною стратегією. Крім того, у деяких установах помітно намагання розширити набір навичок медичних працівників.

Навіть з більшою освітою та підготовкою, регуляторні обмеження можуть призвести до неефективності. Нанкроу стверджує, що серйозне переосмислення надання медичної допомоги та структури робочої сили необхідно для успішного впровадження ІТ. Вона вважає, що посади слід заповнювати на основі

«навичок», а не на основі «основа титулів», і що регуляторні бар'єри можуть пояснити відсутність успіху ІТ, що призведе до перенавчання в деякі навички та недостатнє навчання інших. Якби це було правдою, можна було б очікувати, що плинність робочих буде зростати, оскільки зростає невідповідність навичок. Є деякі докази цього, оскільки Розенбаум вважає, що рівень плинності кадрів охорони здоров'я зріс з 15,6% у 2010 році до 20,6% у 2017 році.

Тому аналіз на основі завдань дає більш детальний рівень інформації, ніж професійний аналіз. Технологія може знищити робочі місця, але вона не усуває роботу; вона спрямована на автоматизацію конкретних завдань, а не цілих професій.

Отже, можуть бути замінені певні завдання, а не професії. Однак існують різні компенсаційні ефекти технології, які сприяють підвищенню зайнятості, в плані збільшення накопичення капіталу та створення нових завдань, у яких праця має порівняльну перевагу порівняно з машинами

Масштаб охорони здоров'я вбачається в самій кількості робочих місць, що належать до сфери охорони здоров'я: 11% усіх працевлаштувань в США. Крім розміру, робочі місця в охороні здоров'я є зазвичай розглядається як «хороша робота», навіть для відносно менш кваліфікованих працівників, з розумною заробітною платою та неоплачувані виплати.

Одним з найбільших страхів нашого віку є можливість машин замінити роботу людини і призведе до масового безробіття. Навіть якби це було правдою загалом, а історія підказує, що це не так, то зростання кількості робочих місць у сфері охорони здоров'я означає, що нові технології в охороні здоров'я в першу чергу сповільнюють пригнічувати зростання зайнятості, а не зменшувати його.

У будь-якому випадку, зростання нових технологій в охорона здоров'я може принести користь робочій силі завдяки широкому спектру навичок, але це важливо керувати змінами, викликаними інноваціями в секторі.

Наприклад, електронна медична карта за своєю суттю є оцифрованою медичною картою. Технологія вимагає широкого набору функцій, які збирають, керують і обмінюються цифровою інформацією про здоров'я. Цю інформацію

потім можна використовувати для підтримки прийняття медичних рішень і операцій. В ідеалі, збір інформації починається до зустрічі з пацієнтом: отримання записів від інших лікарів або минулої зустрічі з пацієнтами. Ця та інша інформація потім оновлюється на початку взаємодії з пацієнтом з лікарем або медичним персоналом; є додаткові дані, такі як лабораторні значення, зображення та нотатки прогресу додається в міру розвитку зустрічі. Ці дані в ідеалі можна зробити переносними, щоб ними можна було поділитися з іншими постачальниками або доступ через портали пацієнтів.

З переміщенням інформації з паперових на цифрові записи, ІТ-технології охорони здоров'я відкривають нові двері для управління та видобутку дані з новими можливостями діагностики та рекомендацій щодо лікування. Це особливо актуально для складних пацієнтів з численними супутніми захворюваннями та ті, які потребують інтенсивного спостереження та тестування. Дані можна легше захопити, організувати та проаналізувати. Більше того, зараз, ці системи забезпечують основу для аналізу даних, що може призвести до значного довгострокового виграшу якості та ефективності медичної допомоги, включно з розробкою більш обґрунтованої політики.

ІТ-технології в галузі охорони здоров'я можуть революціонізувати ринок з особливо великими змінами серед менш кваліфікованих працівників. Медичний персонал може використовувати ІТ охорони здоров'я, щоб стати більш здібним управління та аналізу даних, тоді як лікарям потрібно буде пропонувати поради пацієнтам, які знаються на Інтернеті.

Підсумовуючи, історичні тенденції щодо зайнятості демонструють стійке зростання зайнятості та заробітної плати в межах країни. Сектор охорони здоров'я в той же час, коли поширення ІТ у сфері охорони здоров'я значно зростає. Багато досліджень свідчать про те, що різного типу системи можна успішно впровадити в напружених, швидко змінених, орієнтованих на процедури лікарняних відділеннях без негативного впливу на діяльність, яка безпосередньо залучає пацієнтів.

4.3 Висновки до розділу 4

Під час виконання кваліфікаційної роботи проведено дослідження впливу інформаційних технологій на охорону праці медичних працівників. Визначено, що впровадження новітніх технологій потребує відповідального ставлення, медичний персонал зобов'язаний дотримуватись норм організації робочого місця, звичайно додержуватись усіх інструкцій з охорони праці.

Відповідно до цього, інформаційні системи спростять роботу медичного персоналу, підвищать економіку та покращать задоволеність пацієнтів.

Крім цього, у зв'язку з особливостями професійної діяльності та впроваджень інформаційних технологій, pojawiaються фактори ризику і можливості порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі, що потребує окремого нагляду.

ВИСНОВКИ

Системи моніторингу та прогнозування можуть допомогти врятувати багато життів шляхом миттєвого втручання, особливо коли пацієнт знаходиться за межами медичного закладу або ж де його нема.

У кваліфікаційній роботі освітнього рівня науковий магістр вирішено актуальну науково-технічну задачу у галузі медицини – розроблення інформаційної системи моніторингу пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

Основні наукові і практичні результати полягають у такому:

1. Інформаційні системи дають змогу значно покращити охорону здоров'я. Завдяки новітнім технологіям, їх постійним розвитком можна покращити методи збору та аналізу даних, оптимізувати роботу медичного персоналу.

2. Удосконалено інформаційну систему аналізу отримання даних для діагностики стану пацієнта з можливістю розпізнавання фізичних активностей та іншої діяльності.

3. Для зручності користувача вдосконалено мобільність зчитувального пристрою для використання пацієнтом в повсякденному житті.

4. Розширено функціональні можливості системи.

5. Збільшено швидкість реагування на екстрені ситуації на основі отриманої діагностики стану пацієнта.

6. Розроблено новий та простий інтерфейс, завдяки чому система стала зручною для використання пацієнтами.

Крім цього, у ході роботи у першому розділі виконано:

- огляд та аналіз літературних джерел;
- аналіз статистики поширеності серцево-судинних захворювань;
- розглянуто принцип роботи систем;
- пошук та опис переваг та недоліків систем електрокардіограм моніторингу.

У другому розділі кваліфікаційної роботи:

- проведено дослідження існуючих систем моніторингу;
- розглянуто роботи науковців пов'язаних з розробкою систем моніторингу.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- проведено технічну реалізацію структури систем моніторингу;
- подано результати роботи;
- проаналізовано отримані результати.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано вплив інформаційних технологій на охорону праці медичних працівників. Також було визначено фактори ризику і можливості порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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>
2. Xu MF, Wei SS, Qin XW, et al. Rule-based method for morphological classification of ST segment in ECG signals. J Med Biol Eng. 2015
3. N. Jia, Li Yi. Construction of personalized health monitoring platform based on intelligent wearable device. Computer Science.
4. Мозер Л.Е., Мелліар-Сміт П.М. (2015). Особисте здоров'я моніторинг за допомогою смартфона. 2015 IEEE Конференція з мобільних послуг, с. 344-351.
5. M.G. Srinivasa, P.S. Pandian. Wearable wireless body area nodes for remote physiological signal monitoring system. J. Biomed. Sci. Eng., (2019).
6. Krishna Teja, Umang Patel, Parthkumar Patel, Yash Agrawal, Rutu Parekh. Smart soldier Health monitoring system incorporating embedded electronics. Advances in VLSI and Embedded Systems, Springer, Singapore (2021).
7. Всесвітня організація охорони здоров'я Серцево-судинні захворювання. URL: www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab=tab_1.
8. Чамадія Б., Манкодія К., Вагнер М., Гофманн У.Г. Безконтактний ЕКГ-моніторинг на основі текстилю для клінічних умов, не пов'язаних з відділенням реанімації.
9. Кумар С.П., Самсон В.Р.Р., Сай У.Б., Рао П.М., Есвар К.К. (2017). Розумна система моніторингу здоров'я пацієнта через Інтернет речей. Міжнародна конференція 2017 року з ISMAC (ІоТ в соціальних, мобільних, аналітичних і хмарних мережах) (ISMAC), с. 551-556.
10. Пенмаца, П.Л., Редді, Д.Р.К. (2016). Розумне виявлення та передача відхилень на ЕКГ через Bluetooth. Міжнародна конференція IEEE 2016 по смарт-хмарі (SmartCloud), с. 41-44.

11. Абдессамад Малауї, «Недорогий педагогічний пристрій для практичних робіт з використанням вбудованої системи», Комп'ютерні системи та додатки (AICCSA) 2015 IEEE/ACS 12-а міжнародна конференція оф. IEEE , 2015.

12. Kumar, R., Rajasekaran, M.P. (2016). An IoT based patient monitoring system using raspberry Pi. 2016 International Conference on Computing Technologies and Intelligent Data Engineering (ICCTIDE'16), с. 1-4.

13. Десаї М.Р., Тораві С. (2017). Розумний сенсорний інтерфейс для розумних будинків і моніторингу серцебиття за допомогою WSN в середовищі IoT. Міжнародна конференція 2017 року про сучасні тенденції в комп'ютерній, електриці, електроніці та комунікації (CTCEEC), с. 74-77.

14. Н. Лоурес та співавт., «Доступність та економічна ефективність профілактики інсульту за допомогою спільного скринінгу на фібриляцію передсердь за допомогою iPhone ЕКГ в аптеках: дослідження SEARCH-AF», *Thromb. Haemost* , vol. 111, № 6, с. 1167-1176, квітень 2014 р.

15. АК Joshi, A. Tomar and M. Tomar, «Оглядовий документ з аналізу сигналу електрокардіографа (ЕКГ) для виявлення аномалій аритмії», *Int. J. Adv. Res. Електр* , вип. 3, № 10, 2014.

16. Nazli Bashi, Mohanraj Karunanithi, Farhad Fatehi, Hang Ding and Darren Walters , «Віддалений моніторинг пацієнтів із серцевою недостатністю: огляд систематичних оглядів», *J Med Internet Res* , № 1, січень 2017 року.

17. M Shrivastav, R Shrivastav, J Makkar et al. , «Відбір пацієнтів для амбулаторного моніторингу серця в індійському середовищі охорони здоров'я».

18. Тріпаті В., Шакіл Ф. (2017). Моніторинг системи охорони здоров'я за допомогою Інтернету речей – бездоганне поєднання. Міжнародна конференція з комп'ютерних та інформаційних систем наступного покоління (ICNGCIS), 2017 р., с.153-158.А

19. Agu, E., Pedersen, P., Strong, D., Tulu, B., He, Q., Wang, L., Li, Y. (2013). The smartphone as a medical device: Assessing enablers, benefits and challenges. 2013 IEEE International Workshop of Internet-of-Things Networking and Control (IoT-NC), с. 48-52.

20. S. Reddy, D. Estrin, and M. Srivastava, "Recruitment framework for participatory sensing data collections," *Pervasive Computing*, pp. 138--155, 2010.
21. Rodden, T., Cheverst, K., Davies, K., & Dix, A. (1998, May). Exploiting context in HCI design for mobile systems.
22. Ву Ф., Ву Т., Юсе М.Р. (2019). Розробка та впровадження системи носимих сенсорних мереж для додатків безпеки та охорони здоров'я, підключених до Інтернету речей. 2019 IEEE5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), с.87-90.
23. Ahouandjinou, A.S., Assogba, K., Motamed, C. (2016). Розумний і поширений IoT на основі ICU для покращення інтенсивного медичного обслуговування. 2016 Міжнародна конференція з біоінженерії для розумних технологій (BioSMART), с.1-4.
24. Гроссі, М. (2018). Опитування, орієнтоване на сенсори, про розвиток систем вимірювання та датчиків для смартфонів. С. 572-592.
25. Семко, О. В. "Сенсорна сервіс-орієнтована мережа телемедичної системи моніторингу стану серцево-судинної системи." *Сучасний захист інформації 4* (2016): 111-115.
26. Мехта Д.Д., Занарту М., Фен С.В., Чейн Х.А., Хілман Р.Е. (2012). Мобільний голосовий моніторинг здоров'я за допомогою носимого датчика акселерометра та платформи для смартфона. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, с. 3090-3096
27. Гао, Х., Дуань, Х., Гуо, Х., Хуан, А., Цзяо, Б. (2013). Проектування та тестування системи моніторингу ЕКГ з багатьма відведеннями на основі смартфонів. 2013 35-та щорічна міжнародна конференція IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), с. 2267-2270.
28. Trivedi, S., Cheeran, A.N. (2017). Android based healthparameter monitoring. 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), с. 1145-1149

29. Trivedi, S., Cheeran, A.N. (2017). Android based healthparameter monitoring. 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), с. 1145-1149.
30. Саббїр А.С., Бодроддоза К.М., Хе А., Ахмед М.Ф., Саха С., Ахмед К.І. (2016). Створення прототипу рішення m-health на базі Arduino та Android для хворих на цукровий діабет. 2016 Міжнародна конференція з медичної інженерії, інформатики охорони здоров'я та технологій (MediТес), с. 1-4.
31. Івченко, Д. С. (2018). *Алгоритми машинного навчання для моніторингу серцево-судинної системи пацієнта* (Master's thesis, Київ).
32. Tsakalakis, M., Bourbakis, N.G. (2014). Health caresensor-based systems for point of care monitoring anddiagnostic applications: A brief survey. 2014 36thAnnual International Conference of the IEEEEngineering in Medicine and Biology Society, с. 6266-6269.
33. Горшков, Є. В. (2008). Перспективи використання інформаційних технологій для моніторингу факторів ризику серцево-судинних захворювань. Медична інформатика та інженерія.
34. Park, Chulsung, et al. "An ultra-wearable, wireless, low power ECG monitoring system." *2006 IEEE biomedical circuits and systems conference*. IEEE, 2006.
35. A. E. Raftery, N. Li, H. Ševčíková, P. Gerland and G. K. Heilig, "Bayesian probabilistic population projections for all countries", *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, vol. 109, no. 35, pp. 13915-13921, 2012.
36. Шахріяр Р., Барі М., Кунду Г., Ахамед С., Акбар М.: Інтелектуальна мобільна система моніторингу здоров'я (imhms). Електронна охорона здоров'я (2010)
37. М. Абдель-Бассет, А. Гамаль, Г. Маногаран, Л. Х. Сон і Х. В. Лонг, «Нова модель прийняття групових рішень на основі нейтрозофічних наборів для діагностики захворювань серця», *Multimedia Tools Appl.*, vol. 2, с. 1-26, травень 2019 року

38. П. М. Кумар та У. Деві Ганді, «Нова трирівнева архітектура Інтернету речей з алгоритмом машинного навчання для раннього виявлення серцевих захворювань», Комп. Выборний. інж., вип. 65, с. 222-235, січень 2018.

39. П. М. Кумар, С. Локеш, Р. Варатараджан, Г. К. Бабу та П. Партасараті, «Система прогнозування та діагностики захворювань на основі хмари та Інтернету речей для охорони здоров'я з використанням нейронного класифікатора Fuzzy», Future Gener. Обчис. сист., вип. 86, с. 527-534, вересень 2018 р

40. Л. Алі, А. Рахман, А. Хан, М. Чжоу, А. Джавід та Дж. А. Хан, «Автоматизована діагностична система для прогнозування захворювань серця на основі статистичної моделі χ^2 та оптимально налаштованої глибокої нервової системи мережа», IEEE Access, vol. 7, с. 34938-34945, 2019.

41. П. К. Гупта, Б. Т. Махарадж і Р. Малекян, «Нова та безпечна хмарна архітектура на основі Інтернету речей для виконання прогнозного аналізу діяльності користувачів у стійких центрах охорони здоров'я», Multimedia Tools Appl., vol. 76, № 18, стор. 18489-18512, вересень 2017 р.

42. G. Rathee, A. Sharma, H. Saini, R. Kumar and R. Iqbal, "A hybrid framework for multimedia data processing in IoT-healthcare using blockchain technology", Multimedia Tools Appl., vol. 2, pp. 1-23, Jun. 2019

43. J. Vijayashree and H. P. Sultana, "A machine learning framework for feature selection in heart disease classification using improved particle swarm optimization with support vector machine classifier", Program. Comput. Soft, vol. 44, no. 6, pp. 388-397, Nov. 2018.

44. A. Mutlag, M. K. Abd Ghani, N. Arunkumar, M. A. Mohammed and O. Mohd, "Enabling technologies for fog computing in healthcare IoT systems", Future Gener. Comput. Syst., vol. 90, pp. 62-78, Jan. 2019.

45. Колодій, Р., & Тимченко, О. (2009). Використання сенсорних мереж для мобільного моніторингу ЕКГ. Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. ГЄ Пухова НАН України.

46. Е. Вальчинов, А. Антоніу, К. Ротас і Н. Паллікаракіс, «Екг-система, що носить для моніторингу здоров'я та спорту», Proc. 4-й міжнародний конф. Бездротова мобільна комун. Охорона здоров'я, с. 63-66, листопад 2014 р.

47. Н. Gjoreski, А. Rashkovska, S. Kozina, M. Luštrek and M. Gams, "Telehealth using ECG sensor and accelerometer", Proc. 37th Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron., с. 270-274, May 2014.

48. Холод, К. С. (2020). Вплив комп'ютерних технологій на здоров'я людини.

49. Мірошніченко, Ю. Б., & Катренич, Т. С. Біофізичні аспекти впливу роботи за комп'ютером на фізичний розвиток та здоров'я учня. URL: <http://yuriy-myroshnichenko.edukit.kiev.ua/Files/downloads/Zdorovm.doc>

50. Данько, В. В. (2019). Удосконалення системи управління закладами охорони здоров'я на інноваційних засадах.

51. Легенчук, С. Ф. (2015). Проблеми побудови системи обліково-аналітичного забезпечення управління послугами сімейної медицини: інформаційний аспект.

ДОДАТКИ