

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет інформаційних технологій**

Кафедра інформаційних систем та технологій

Спеціальність 126 – Інформаційні системи та технології  
Освітня програма «Програмні технології інтернет речей»

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему:

**«Моделювання та використання IoT-технологій з метою забезпечення  
дистанційного моніторингу стану здоров'я»**

**Студента 2-го курсу групи ІРма-21**

Анастасія РЕВУНЕЦЬ

\_\_\_\_\_  
(Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

**Науковий керівник:**

д.т.н. , професор

\_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання)

**Михайло СТЕПАНОВ**

\_\_\_\_\_  
(Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Попередній захист: До захисту в Екзаменаційній комісії**

\_\_\_\_\_  
(Висновок: "До захисту в Екзаменаційній комісії")

Завідувач кафедри  
Інформаційні  
системи та  
технології

**Олексій КОЛЕСНИКОВ**

\_\_\_\_\_  
(підп

\_\_\_\_\_  
(Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(дата)

**Київ 2022**

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет інформаційних технологій**

Кафедра Інформаційні системи та технології

Освітній рівень Магістр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітня програма Програмні технології інтернет речей

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

доцент Олексій КОЛЕСНИКОВ.

\_\_\_\_\_ 2022  
«\_\_» \_\_\_\_\_

року

**ЗАВДАННЯ  
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Студент: Анастасія РЕВУНЕЦЬ

Група: **ІРма-21**

1. **Тема кваліфікаційна робота магістра:** «Моделювання та використання IoT-технологій з метою забезпечення дистанційного моніторингу стану здоров'я». Затверджена протоколом засідання кафедри ІСТ №4 від «»р.
2. **Строк подання студентом готової роботи** – «11» травня 2022 р.
3. **Цільова установка та вихідні дані до роботи:** дослідження існуючих рішень та алгоритмів моделювання систем для роботи з приладами Інтернету речей в медицині.
4. **Зміст роботи:** РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ (аналіз аналогів, аналіз ринкових тенденцій та існуючі рішення на ринку); РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА (Розробка проекту IoT рішення, методи та засоби обробки даних, використання хмарних технологій для реалізації IoT рішень). РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АНАЛІТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ (розробка інтерактивного дашборду на основі технічної документації із розділу 2). РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

(дослідження та тестування методів машинного навчання на даних, отриманих у ході реалізації розділу 3).

5. **Перелік графічного матеріалу:** приклади моделювання проєктних рішень, графіки аналізу показників приладів, uml – моделі, блок-схеми, фото результатів проєкту, таблиці.

6. **Календарний план виконання роботи:**

Етапи виконання дипломних робіт	Термін виконання
1. Вибір теми дипломної роботи	13.02.21
2. Наказ про затвердження тем дипломних робіт та призначення наукових керівників	09.11.21
3. Формування переліку нормативних матеріалів, літератури з проблематики дипломної роботи	10.04.21
4. Розробка плану дипломної роботи і його погодження з науковим керівником	20.02.21
5. Написання I розділу дипломної роботи	20.05.21
6. Написання II розділу дипломної роботи	11.11.21
7. Написання III розділу дипломної роботи	10.01.22
8. Підготовка висновків і пропозицій	09.05.22
9. Попередній захист дипломної роботи	11.05.22

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник роботи: д.т.н. професор Михайло СТЕПАНОВ \_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання:

студент групи ІРма-21 Анастасія РЕВУНЕЦЬ \_\_\_\_\_ (підпис)

**АНОТАЦІЯ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА**  
**ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Освітня програма «Програмні технології інтернет речей»  
Кваліфікаційна робота магістра Анастасії РЕВУНЕЦЬ

**Тема роботи:** «Моделювання та використання IoT-технологій з метою забезпечення дистанційного моніторингу стану здоров'я».

**Мета дипломної роботи магістра** – розроблення програмного інтерфейсу для отримання даних з IoT приладу.

**Об'єкт дослідження** – хмарні платформи для підключення IoT приладів.

**Предмет дослідження** – технології Інтернету речей в медицині.

**Методи дослідження** – системний аналіз, описовий аналіз, прогнозовий аналіз, swot аналіз, мозковий штурм, машинне навчання, моделювання блок-схем, аналіз медичних показників.

**Практичне значення одержаних результатів.** Дана кваліфікаційна робота магістра має прикладне значення – розробка прототипу системи IoMT рішень для візуалізації та зберігання інформації з медичних IoT датчиків. Запропоновано модель представлення даних, та побудови інтерфейсу системи, створено моделі підключень до IoT платформи.

**Апробація результатів.** Основні положення і результати досліджень, викладені у проекті, пройшли апробацію.

**Наукова новизна.** Створений універсальний формат представлення показникових даних з IoMT приладу з функцією графічної візуалізації та можливістю вивантаження даних у структурованому форматі, для інтеграції в процеси машинного навчання.

**Кваліфікаційна робота магістра** складається зі змісту, вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків та списку використаних джерел. Всього сторінок 91.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** модель, архітектура IoT рішення, машинне навчання, дашборд.

**Власні публікації:**

Анастасія РЕВУНЕЦЬ. Зміна сприйняття концепції промисловості як результат інформатизації // International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv Pp. 389

# ANNOTATION

TARAS SHEVCHENKO KYIV NATIONAL UNIVERSITY

Faculty of Information Technology

Department of Information Systems and Technologies

Educational program "Software technologies of the Internet of Things"

Qualification work of master Anastasia REVUNETS

**Work topic:** "Modeling and use of IoT technologies to provide remote monitoring of health."

**The purpose** of the master's thesis is to develop a software interface for obtaining data from the IoT device.

**The object of research** is cloud platforms for connecting IoT devices.

**The subject of research** - Internet of Things technology in medicine.

**Research methods** - systems analysis, descriptive analysis, forecast analysis, swat analysis, brainstorming, machine learning, block diagram modeling, analysis of medical indicators.

**The practical significance of the results obtained. This qualification work of the master** has an applied value - the development of a prototype of IoMT solutions for visualization and storage of information from medical IoT sensors. The model of data presentation and construction of the system interface is offered, models of connections to the IoT platform are created.

**Approbation of results.** The main provisions and results of the research presented in the project have been tested.

**Scientific novelty.** A universal format for the presentation of indicator data from the IoMT of the device with the function of graphic visualization and the ability to upload data in a structured format for integration into machine learning processes.

**The master's qualification work consists of** contents, introduction, main part, which includes three sections, conclusions and a list of sources used. Total pages 91.

**KEY WORDS:** model, IoT solution architecture, machine learning, dashboard.

**Own publications:**

Anastasia REVUNETS. Changing the perception of the concept of industry as a result of informatization // International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15-16, 2021. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv Pp. 389

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ</b>	
1.1 Поняття Інтернету медичних речей чи ІоМТ як розширення функціоналу медичного інструментарію щодо моніторингу стану здоров'я пацієнта .....	12
1.2 Перспективи системи охорони здоров'я при моніторингу стану здоров'я пацієнта технологіями ІоТ.....	17
1.3 Переваги та недоліки дистанційного моніторингу та ІоТ-модифікації системи охорони здоров'я.....	23
1.4 Вибір хмарних сервісів для розгортання ІоТ проєктів .....	32
1.5 Висновки по розділу.....	37
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА</b>	
2.1 Створення схем та моделювання функціоналу ІоМТ пристрою .....	38
2.2 Висновки по розділу.....	43
<b>РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ</b>	
3.1 Використання хмарних сервісів для запуску приладу ІоМТ на хмарній платформі .....	44
3.2 Розробка користувацького інтерфейсу ІоМТ приладу з інфографічними даними.....	46
3.3 Висновки по розділу.....	60
<b>РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ</b>	
4.1 Використання отриманих даних для виконання аналізу показників, отриманих із графів у результуючому дашборді.....	61
4.2 Використання отриманих даних для вибору оптимального алгоритму машинного навчання.....	63
4.3 Висновки по розділу.....	66
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ .....	70
ДОДАТКИ.....	73

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

IoT (Internet of things)– Інтернет речі

IoMT (Internet of Medical Things) – Інтернет медичних речей

UML (Unified Modeling Language) - Уніфікована мова моделювання

SaaS (software as a service) – Програмне забезпечення як послуга

AWS (Amazon Web Services) - Веб-сервіси Amazon

SQL (Structured Query Language) - Мова Структурованих Запитів

SWOT(Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) – Переваги, Недоліки, Перспективи, Загрози

IT (Information technology) - Інформаційні технології

AI (Artificial intelligence) –Штучний інтелект

ML (Machine learning) -Машинне навчання

## **ВСТУП**

Здоров'я - це фізична, духовна та соціальна форма людини, що є основною зміною для визначення тривалості життя та умовою, необхідною для реалізації творчих планів, високої ефективності, створення сім'ї, народження та виховання дітей. Незважаючи на тисячолітній вік медицини та системи охорони здоров'я ефективні традиційні методи з кожним роком потребує все більшої кількості все кращих інструментів для виконання своєї головної функції. І логічно, що така сфера як інформаційні технології не стала виключенням і почала активний розвиток сфер, що б задовольнили потреби сектору охорони здоров'я.

Об'єктом дослідження є інформаційні системи які розробляються для збору інформації із застосуванням IoT.

Предметом дослідження є інформаційні системи на основі використання технологій IoT для збору, обробки та отримання інформації про стан здоров'я пацієнтів та функціональної можливості забезпечення дистанційного моніторингу програмним шляхом.

Метою кваліфікаційної роботи магістра розроблення програмного інтерфейсу для отримання даних з IoT приладу.

Основні завдання, що потрібно виконати для досягнення мети: аналіз базових принципів роботи IoT систем.. Аналіз існуючих систем IoT рішень для проведення дистанційного моніторингу. Проектування логічних зв'язків системи. Розробка моделі архітектурного рішення відповідно до проекту системи IoT. Налаштування IoT приладу на хмарній платформі. Моделювання та розробка користувацького інтерфейсу. Проведення аналітики щодо взаємозв'язку показників за для виявлення патернів.

Продуктом наукової новизни у даній магістерській роботі є створений універсальний формат представлення показникових даних з IoT приладу з функцією графічної візуалізації та можливістю вивантаження даних у структурованому форматі, для інтеграції в процеси машинного навчання.

Актуальність роботи полягає у тому, що на сьогоднішній час кількісний склад медичного персоналу скорочено до мінімально необхідної кількості, що не

дозволяє слідкувати за всіма пацієнтами. До того ж пандемія covid 19 досі не вщухла, тож переведення пацієнта на обстеження в стаціонар часом є неможливим через брак місць або ж пацієнти й самі не хочуть лягати на обстеження, надаючи перевагу дистанційному лікуванню. Тож медичні прилади, що не лише здатні полегшити роботи медичним працівникам, оптимізувавши часовий ресурс, а й такі, що здатні забезпечувати користувача аналітикою по «базовим» показникам стану здоров'я – переоцінити неможливо. Вданій роботі за допомогою аналізу наукових та технічних джерел, консультацій від медичних працівників, проектування блок-схем, розробки алгоритмів та дашбордів для візуалізації показників, аналітичних алгоритмів отримано інформаційну систему з інтеграцією пристроїв IoT та медичних пристроїв для моніторингу стану здоров'я індивідів.

Аналіз існуючих у світі способів вирішення. Наразі не існує вітчизняної хмарної платформи для всесторонньої (сторону користувача і сторону розробника, що була б обмежена внутрішніми правами) взаємодії із IoT приладами. Проте такі прилади як Зарубіжні корпорації, такі як Google, Amazon, Microsoft та інші є одночасно ветеранами і новаторами у сфері розробки та інтеграції хмарних рішень для IoT приладів по всьому світу з моменту появи самого ринку інтернету речей. Одними з найпопулярніших сучасних IoMT приладів для дистанційного моніторингу є Apple Watch, Freestylelibre, платформи для контролю пацієнтів як Cloud-EMR від Etisalat Digital та хмарні платформи для управління та «розміщенням» IoMT приладів – AWS, MS Azure та інші.

За використанням основ зарубіжних технологій у даній роботі були розроблені нові рішення та підходи ведення моніторингу пацієнтів.

Використання технічних сервісів з метою реалізації схем та створених моделей має на меті представити практичний результат проведеного дослідження, що дозволить спростити аналітику отримання даних з пристроїв Інтернету медичних речей, розробляти інтуїтивно зрозуміле представлення переданих даних, розробляти моделі для побудови статистичних прогнозів.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

### 1.1 Поняття Інтернету речей чи ІоМТ як інструмент прориву у медицині

Поняття Інтернету речей є прямим перекладом англійського терміну Internet of Things або скороченого ІоТ, що є поняттям мережі, що складається з взаємопов'язаних фізичних пристроїв у зв'язку з передавачами та датчиками, із відповідним програмним забезпеченням, яке дозволяє передавати та обмінюватися даними між комп'ютерними системами та фізичним світом в автоматичному режимі, використовуючи стандартні протоколи зв'язку. Окрім датчиків, зв'язок може здійснюватися через дротові або бездротові мережі. Ці взаємопов'язані пристрої мають можливість зчитування та активації, функцію програмування та ідентифікації, яка має на меті зменшити або повністю усунути втручання людини в процес передачі, використовуючи інтелектуальні інтерфейси. Завдяки швидкій інформаційній модифікації всіх сфер суспільного життя за останнє десятиліття, поряд з розвитком концепції Інтернету речей, термін - Інтернет - або буквально перекладене з англійської Internet of Everything - Інтернет всього, скорочено ІоЕ. Активне використання останнього стало основною причиною для занепокоєння мас щодо і без того сумнівної конфіденційності даних, яка все ще не є «твердою» в технологіях ІоТ. Як результат, для підтримання рівноваги ця сфера була доповнена областю, подібною до кібербезпеки, але з ухилом до Інтернету речей - Інтернет речей. Однак що саме відрізняє ІоТ від "близьких і далеких родичів" в галузі ІТ? Його основна концепція - здатність пов'язувати різноманітні належним чином упорядковані предмети / речі з метою подальшого потенційного використання людини у повсякденному житті. Наприклад, холодильник, кондиціонер, машина, велосипед, будинок і цілі квартали. Обладнання потенційного Інтернету речей повинно включати вбудовані датчики або датчики для обробки, обміну та роботи з інформацією, що надходить із навколишнього середовища. Це звучить просто,

але ви не повинні думати, що пристрій, оснащений датчиком і можливістю бездротового з'єднання з Інтернетом, автоматично є предметом Інтернету речей. Для зв'язку повсякденних речей потрібні кілька технологій. Перш за все, для ідентифікації кожного об'єкта потрібна проста, компактна система унікальної ідентифікації для збору та накопичення інформації про конкретний об'єкт. Цю функціональність можна надати за допомогою мікросхем RFID (ідентифікація радіочастот). Вони можуть передавати інформацію читачам без власного поточного джерела. Кожен чіп має індивідуальний номер. Як альтернативу цій технології можна використовувати QR-коди для ідентифікації об'єктів.

Технологія GPS, яка сьогодні ефективно використовується у смартфонах та навігаторах, підходить для визначення точного місцезнаходження речі, проте для цього:

1. Об'єкти повинні бути оснащені датчиками для контролю стану елемента або середовища.
2. Вбудований комп'ютер (наприклад, Raspberry Pi, Intel Edison) повинен використовуватися для обробки та зберігання даних з датчиків.
3. Бездротові технології (WiFi, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN) можуть використовуватися для обміну інформацією між пристроями.

Тож як саме ми можемо «ідентифікувати» області медицини, що безпосередньо пов'язані з технологіями IoT а практикують їх регулярно у своїй сфері? Для цього розглянемо декілька новітніх областей охорони здоров'я.

#### 1. Medtech та телемедицина.

Як впливає з назви, Medtech є загальною назвою для галузей, включаючи створення нових медичних приладів та компонентів, програмного забезпечення. Технології немедичного сектору надходять у сектор охорони здоров'я, і це дозволяє вирішити проблеми зі здоров'ям іншими способами. Наприклад, 3D-друк шкіри, ремесла та багато іншого. Вже зібрано велику кількість досліджень щодо створення штучних органів, які в майбутньому замінять неактивний природний орган. Не дивно, що в 2016 році американські та європейські компанії з виробництва медичних виробів залучили майже 4 мільярди доларів інвестицій.

Вони інвестували значні кошти у розвиток серцево-судинного, неврологічного, ортопедичного та ортопедичного обладнання.

Також популярною є телемедицина, тобто надання медичних послуг на великій відстані, коли пацієнти та лікарі подорожують на великій відстані без шкоди для якості послуг. Звичайно, відео-консультації існували вже давно, але їхній вплив був дуже обмежений. Справа в тому, що огляд пацієнта дуже важливий для лікаря. Окрім результатів тесту, він повинен бачити колір шкіри та очей, ненормальні особливості поверхні тіла. До недавнього часу для цього використовувались зображення, але вони не могли передати всіх особливостей. Симптоми шкірних захворювань включають 90% інших захворювань, тому це дуже важливий етап діагностики. Але сьогодні існує безліч програм сканування, які використовують технологію розпізнавання зору. Технологія іноді розпізнає такі шкірні захворювання, як екзема, псоріаз, дерматит, набагато краще, ніж спеціаліст із очей людини. Головним зсувом у даній сфері стало використання IoT-девайсів, що під час відео-консультацій, могли надавати точні медичні дані, без необхідності безпосереднього втручання у діагностичний процес пацієнта.

Як Інтернет речей (IoMT) співвідноситься з телехолдингом та телемедициною? Хоча телефони та телемедицина належать до великої групи технологій, послуг та стратегій, IoMT відноситься до пристроїв, що дозволяють їм працювати. Без зв'язку IoMT телехолд був би неможливим; тоді як сам пристрій IoMT неефективний. Наприклад, пристрій, який щодня реєструє артеріальний тиск пацієнта та ускладнює самостійне читання з метою покращення стану здоров'я. Рішення телефонного розширення потрібне для інтерпретації цих інструкцій, діагностики стану, розробки плану лікування, надання лікування та моніторингу стану пацієнта з часом. Хоча деякі з цих зусиль можуть стати можливими завдяки штучному інтелекту (ШІ) / машинному навчанню та іншим комп'ютерним технологіям, в певний момент справжній людський лікар повинен брати участь. Оскільки можливості пристроїв IoMT продовжують змінюватися (а глобальні умови утримують багатьох людей вдома), ця технологія також матиме особливе значення для медичної спільноти та суспільства в цілому. Значення медичного

IoT (IoMT) додатково посилюється паралельним зростанням машинного навчання (ML) та штучного інтелекту (AI). Якщо врахувати величезний обсяг інформації, яка постійно розвивається від підключених медичних пристроїв, лікарі можуть швидко та надійно зробити висновок.

Досягнуто значних успіхів у робототехніці, таких як роботизовані хірурги. Така технологія особливо підходить для хірургічного втручання на очах, коли людина не в змозі забезпечити необхідну точність, але робот здатний. Компанія Johnson & Johnson Medical Devices Limited нещодавно оголосила про придбання французької компанії Orthotaxu, розробника роботизованих інструментів для ортопедичної хірургії, включаючи хірургію коліна. Заснована в 2009 році, Orthotaxu розробила технологію заміщення коліна. Поки ця технологія все ще вдосконалюється, відкриття може сигналізувати про розвиток наступного великого сегменту хірургічних рішень, пов'язаних з роботою. Одним із компонентів є розробка інструментів електронних Medtech. Такі як мікро-гаджети, які можуть вимірювати частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень цукру в крові, аналіз відбору набирають популярності і стають доступними. На перші позиції поступово виходить персоналізована медицина, що у свою чергу, стає чинником зростання попиту на індивідуальні портативні пристрої для моніторингу здоров'я та профілактики. До речі, західна медицина вже давно стала посиленням профілактики. За статистикою, близько 80% бюджету припадає на профілактичну медицину, і лише 20% - на лікування травм, різних гострих захворювань та акушерство. Персональна медицина дозволяє розкрити важливі подробиці про ненормальне здоров'я. Чому порушується ритм серця, коли цукор у крові високий, чому так важко дихати? Однак деякі захворювання можна точно діагностувати лише на час загострення. Електронні датчики можуть контролювати медичні записи пацієнта, які можуть зберігатися протягом багатьох років. Збираючи такі дані, лікар бачить огляд свого здоров'я. Якщо об'єднати всю інформацію про сім'ю пацієнта, лікар побачить генетичний потенціал певних захворювань.

А якщо ви збираєте невідому інформацію від усього населення планети? Тоді

можна буде проаналізувати хвороби, які наразі представляють найсерйознішу загрозу для людини, виявити та виявити можливі інфекційні хвороби тощо. Загалом, світова медицина перебуває в процесі переміщення доказових доказів, а також підходу до лікування до профілактики. І оскільки медицина світу все ще у своєму первісному вигляді, цей перехід буде дуже важким, - вважають експерти. Деякі експерти відзначають, що тенденція іде до концепції так званого 4P: передбачуваність, профілактика, персоналізація та специфіка. Крім того, ми близько до того моменту, коли тривалість життя буде обмежена лише грошовою сумою. Але кількість, необхідна для підтримки здоров'я, буде постійно зростати з року в рік. Через 10-15 років можна очікувати змін, коли щороку середній клімат збільшується більш ніж на 1 рік.

## 2. Цифрове медичне обслуговування.

Загалом, цифрове здоров'я або ж цифрове медичне здоров'я - це поєднання інформаційно-комунікаційних технологій, призначених для запобігання та вирішення потенційних проблем зі здоров'ям. Цифрову програму охорони здоров'я можна розділити на 2 основні категорії: комунікації та оздоровлення. Перший - це онлайн-програми та послуги, які допоможуть знайти потрібного лікаря, отримати консультацію спеціаліста, домовитись про консультацію в клініці електричної мережі тощо. Оздоровчий менеджмент часто включає програми, призначені для контролю здорового способу життя, дієти, фізичних вправ. До речі, досягнення в галузі цифрового здоров'я не надто дорогі та швидкі, і це відкриває велику надію для українських стартапів.

## 3. Блокчейн у медицині.

Блокчейн використовується системою охорони здоров'я для вирішення принаймні двох проблем. По-перше, технологія дозволяє впевнено записувати кожне слово історії хвороби. І в медицині це відіграє важливу роль, оскільки спотворення або часткова втрата інформації призводить до хибних інтерпретацій діагнозу. Наприклад, якщо у пацієнта є алергія на певні ліки, інформація про нього надходить у розподілений реєстр і завжди контролюється пацієнтом. По-друге, заборона може значно зменшити кількість підроблених результатів

діагностики, аналізів, тощо та отримання некоректних препаратів для лікування. Хоча ряд компаній, які вже розробили початкові проекти щодо моніторингу виписки препаратів у блокчейн-форматі, на разі офіційно дана практика не є поширеною. Небезпека криється в тому, що даний формат запису даних дозволяє будь-кому простежити походження препарату та здійснити шахрайство.

Попри все, слід зазначити, що на ряду із розвитком інформаційних технологій, Інтернет речей в індустрії охорони здоров'я вимагає наднизької швидкості затримки та мобільності, які дає 5G.

У результаті рішення на основі штучного інтелекту матимуть сенс в озерах даних, накопичених з різних пристроїв. Такі алгоритми штучного інтелекту будуть використовуватися в стратегіях великих даних для аналізу даних у режимі реального часу та прийняття життєво важливих рішень щодо здоров'я. У лікарнях віртуалізація допоможе зменшити або усунути застарілу інфраструктуру. Більшість із цих технологій вже використовуються Інтернетом речей, щоб допомогти покращити охорону здоров'я, і ця тенденція буде тільки посилюватися. Охорона здоров'я та Інтернет речей рано чи пізно переплітаються, кардинально змінивши наш підхід до охорони здоров'я. [21].

## **1.2 Перспективи системи охорони здоров'я при моніторингу стану здоров'я пацієнта технологіями IoT**

Інновації найчастіше трапляються на перетині кількох полярних на перший погляд сфер. Не стала виключенням і медицина - через її залучення інформаційних технологій (ІТ), мікроелектроніки та комунікаційних технологій, що були зазначені у попередньому розділі. Тож як нові технологічні зміни у сучасній медицині вплинуть на її майбутнє, як у майбутньому будуть лікувати людей і чи можна сьогодні мріяти про вічне життя?

Головним інструментом у реалізації даної мети, і той, що є об'єктом даної роботи - віддалений моніторинг пацієнтів, за використанням модифікованих/нових медичних пристроїв на базі IoT. На перший погляд, віддалений моніторинг стану здоров'я не є новиною для більшості лікарень. Підключивши пацієнта до

апарату, підключеного до монітора медсестри через мережу, можна контролювати частоту серцевих скорочень та рівень кисню в крові. З цим, звісно, якість допомоги пацієнтам значно зросла, а відновлення прискорилося. Проте це свого роду «старий добрий класичний варіант». А тепер уявіть, що медичний нагляд можливий за межами клініки за допомогою підключених пристроїв, які пацієнти можуть носити та надсилати дані в реальному часі до кабінетів постачальника та повідомляти про стан здоров'я, що вимагає відвідування лікаря чи лікарні. Медичні пристрої, підключені до Всесвітньої павутини, дозволяють пацієнтам менше залишатися вдома та відвідувати лікарні. Особливо це стосується людей похилого віку. Які ж переваги приносить дана інновація:

а) Технологія значно зменшує витрати на пацієнта та страхування, пов'язані з охороною здоров'я, а також економить час для медичних працівників. Сьогодні виробники даних пристроїв перш за все приділяють увагу простоті використання, оновлення та зовнішнього вигляду пристрою, для розширення кола майбутніх користувачів. Свобода, яку надають такі пристрої, значно покращує якість життя пацієнтів.

б) Не лише пацієнти, медсестри, лікарі та страхові агенти отримують вигоду від використання Інтернет-технологій у охороні здоров'я, адже це зменшує необхідність фізичної присутності, зазначених, в свою чергу, зростає участь пацієнта в процесі. Пацієнти з портативними пристроями можуть самостійно контролювати (за вимогами інструкції) та оцінювати ефективність лікування. Ефективнішим стає й моніторинг ефективності лікування: лікар може отримати нову інформацію в будь-який час, не пізніше. Це дозволяє йому швидко побачити прогрес (або його відсутність) і поставити точний діагноз на основі тривалих спостережень. Пацієнту не потрібно звертатися в клініку.

с) Помилки припускається небагато, адже інформація не помиляється, люди помиляються. Дані були отримані та чітко записані, за винятком можливості виникнення людських проблем, коли людина складає звіти.

д) Якісна медична допомога: пацієнти не страждають від ускладнень, пов'язаних із регулярним відвідуванням лікарні. У майбутньому не виключено,

що Інтернет речей також буде використовуватися для дослідження крові, сечі, печінки тощо.

Не дивно, що Інтернет речей у галузі охорони здоров'я користується популярністю. Згідно з дослідженням Berg Insights 2016 року, за оцінками, 7,1 мільйона людей користуються принаймні одним медичним пристроєм із доступом до Всесвітньої павутини. Це ж дослідження передбачає, що до 2022 року, за оцінками, 50,2 мільйона людей будуть носити засоби захисту здоров'я. Тобто приріст складе близько 48% на рік. За оцінками, на нашій планеті мешкає 7,62 мільярда людей, але, як не дивно, до 2021 року, із збільшенням появи пристроїв IoT, може існувати приблизно 20 мільярдів пристроїв IoT, які працюють із зростаючим попитом на мережу 5g. Діаграма на (рис. 1.1) демонструє необхідність у хоча б одному ІоМТ пристрої на душу населення [25].

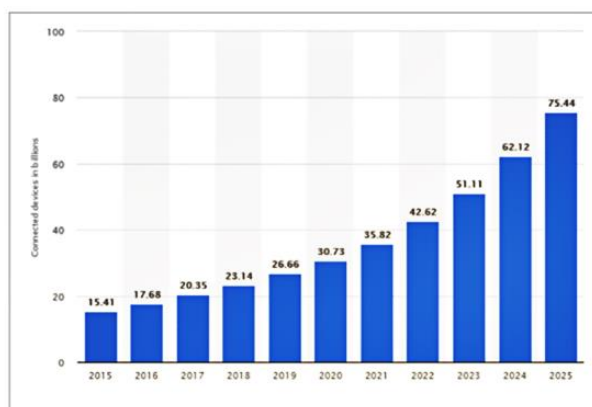


Рисунок 1.1. Діаграма перспектив необхідності у ІоМТ.

Сектор охорони здоров'я перебуває у стані великого відчаю. Медичні послуги дорожчі ніж будь-коли, населення світу старіє, а кількість хронічних захворювань зростає. Ми наближаємось до світу, де первинна медична допомога буде недоступною для більшості людей та багатьох людей у громаді. Це стане непродуктивним, оскільки вона старіє, і люди більш сприйнятливі до хронічних захворювань. Хіба це не кінець світу, який ми підозрюємо? Однак розвиток програм IoT лежить у серці вирішення проблеми. Хоча технологія не може зупинити від старіння або негайно усунути хронічні захворювання, вона, принаймні, може зробити медичну допомогу більш доступною та доступною. Медичні розлади часто коштують лікарняних. Технологія може перенести

процедури медичного огляду в лікарні (лікарні) до будинку пацієнта (домашній центр). Правильний скринінг також зменшить потребу в госпіталізації. На новому веб-сайті Moodelkan під назвою Things (IoT) все частіше використовуються журнали багатьох областей, включаючи охорону здоров'я. Таким чином, IoT - це не лише наш час, а й наші гроші, які підуть на дослідження. Отже, IoT має величезний вплив на сферу досліджень здоров'я. Це дозволяє запровадити більші та кращі системи охорони здоров'я. IoT використовується для різноманітних пристроїв, що покращують якість медичних послуг, що надаються пацієнтам. Навіть існуючі пристрої зараз модернізуються до IoT, просто використовуючи частки, що містяться в розумних пристроях. Цей пристрій підкреслює турботу та увагу, які потребують пацієнти. Які ж подібності та відмінності між IoMT та IoT? Як IoMT порівнюється з IoT? Інтернет речей (IoT) перетворився на сегмент, що розширюється, що включає (з часом) понад 7 мільярдів пристроїв, що складаються з розумних холодильників та термометрів, підключених до промислової робототехніки та розумних автомобілів. Оскільки IoMT є частиною IoT, ці два компоненти, природно, мають багато спільного. Хоча багато пристроїв IoT мають лише медичну природу, наприклад, хірургія роботизованих асистентів, багато пристроїв IoMT також можна вважати частиною більш загального типу IoT. Наприклад, розумні годинник із частотою серцевих скорочень та киснем у крові - що, безсумнівно, працює для IoMT - також є звичайним клієнтським пристроєм, який використовується для надсилання текстових повідомлень, надання вказівок тощо.

Епідемія COVID-19 призвела до значного збільшення IoMT, карантин та замовлення на дім прискорили трансформацію телемедицини та зв'язку. У міру розвитку ринку IoMT medtech та телемедицина продовжуватимуть трансформувати систему охорони здоров'я такою, якою ми її знаємо, дозволяючи проводити більш точну та своєчасну діагностику, своєчасну допомогу та економію коштів для споживачів та постачальників. Виокремлено окремі випадків використання медичних предметів IoT:

1. Діагностика.

Як медичні пристрої IoT можуть покращити діагностику? Пристрої, які контролюють межі тіла, що вказують на захворювання, такі як діабет та серцева недостатність, зростають. Важливі параметри здоров'я, такі як хімічний вміст крові, кров'яний тиск, мозкова діяльність та рівень болю, можна регулярно збирати. Це може допомогти виявити ранні ознаки початку захворювання або руху, покращуючи реакцію. Після встановлення діагнозу або серйозного фактора, збудники можуть бути ретельно відстежені за допомогою потрібного датчика. Навіть остання версія Apple Watch була анонсована як медичний пристрій рівня 2 з функціями, включаючи моніторинг пульсу та виявлення точок. Слід зазначити, що більшість пристроїв, орієнтованих на споживача, не проходять процедуру регулювання FDA, щоб претендувати на медичні вироби.

## 2. Одужання.

Час післяопераційного відновлення пацієнта є важливою частиною витрат на операцію та скорочення, що є важливим фактором зменшення витрат. Наприклад, при повній заміні коліна госпіталізація становить приблизно два дні в Сполучених Штатах порівняно з чотирма-п'ятьма днями в NHS Big Klitschko, де існує потреба скоротити час роботи центру догляду та виконань фізичних вправ. Цього можна досягти за допомогою приєднаних датчиків, що допомагають впроваджувати, аналізувати та контролювати довгострокові проблеми, які можуть призвести до змін, при коректному їх занесенні в журнал. Сенсори можуть відстежувати різні ключові показники та попереджати лікарів, щоб вони вчасно реагували. Датчики, додані до телемедицини, сприяють прискоренню відновлення. Знання того, що робить пацієнт між візитами, може допомогти прискорити час відновлення після операції. Насправді, співпраця між системою Гейзінгера та Force Force за останні три роки призвела до суттєво поліпшених результатів. Це включає 30-відсоткове скорочення перебування в лікарні, 56-відсоткове скорочення використання кваліфікованих медсестер та 18-відсоткове скорочення реабілітації, повідомляє Грег Слободкін з Управління медичної інформації.

## 3. Регулярний догляд.

Датчики, що контролюють вимірювання тіла, стають більш складними при аналізі артеріального тиску, глюкози, потовиділення і навіть тріщин. Перевага полягає не тільки в плані логістики, але і в плані частоти збору даних порівняно із встановленими тестами. Датчики руху можуть допомогти поліпшити рухливість і сформувати випадок повторних серйозних захворювань, таких як ревматоїдний артрит. Іншою складовою використання інструментів ІоМТ є моніторинг та реагування пацієнтів на рекомендації щодо лікування. Постійний догляд, зокрема, погані результати та висока відновлюваність журналу перешкождали вимірюванню та контролю, відповідним пристроям ІоТ.

#### 4. Профілактика.

Пристрої, які активно працюють у пацієнтів з контрольованими фізичними вправами, можуть допомогти запобігти травмам, які потребують медичної допомоги та пов'язаних із цим витрат. Наприклад, різноманітність рухових суглобів в ортопедичному положенні, або регулювання положення голови запобігають шийному спондилезу - це приклади того, як пристрій може допомогти запобігти травмам. Наприклад, носіння може запобігти катастрофічним подіям у людей похилого віку, перевіряючи їх показники та контролюючи будь-які відхилення, що можуть призвести до втрати рівноваги та падінь. Apple Watch використовує ІМУ (Інерційний блок вимірювання). Його навіть можна використовувати для вимірювання вібрацій, пов'язаних з розладами нервової системи, такими як хвороба Паркінсона.

Слід зазначити, що деякі організації вже реалізують зазначені перспективи, даний прогрес можна розглянути на прикладі Etisalat Digital [22]. Etisalat Digital — це бізнес-підрозділ Etisalat, який керує цифровою трансформацією, дозволяючи підприємствам і урядам стати розумнішими завдяки використанню новітніх технологій, таких як хмара, кібербезпека, Інтернет речей (ІоТ), омніканальність, штучний інтелект, а також великі дані та аналітика. Etisalat Digital об'єднує найкращих експертів у галузі цифрових технологій, активи та платформи з унікальною моделлю обслуговування та роботи.

Зі своїх офісів в ОАЕ та КСА Etisalat Digital надає наскрізні цифрові вертикальні

пропозиції, щоб забезпечити розумніші розробки, освіти, охорону здоров'я, транспорт та розумнішу економіку. Він має успішний досвід у наданні великих цифрових проектів і рішень, надаючи комплексні послуги з консалтингу, бізнес-моделювання, розробки рішень, управління програмами, виконання, доставки та підтримки та експлуатації після впровадження.

У всьому світі Health Systems від Etisalat Digital намагається задовольнити очікування щодо якості, запроваджуючи трансформацію, яка робить медичну допомогу більш інтегрованою, залученням та персоналізованою. Деякі проблеми швидкої трансформації стали очевидними через COVID-19. Саме тому організація вирішила не гаяти часу і впровадити Cloud-EMR. Cloud-EMR від Etisalat Digital, частина набору рішень під назвою Business Edge for Healthcare, надає основні цифрові інструменти для медичних працівників для керування їх повсякденним робочим процесом. Окрім ведення обліку пацієнтів, він включає інструменти для планування пацієнтів та керування прийомами, розміщення замовлень у лабораторії та аптеки, виставлення рахунків та електронних претензій. Також є вбудовані необхідні нормативні та безпекові вимоги, такі як дворівнева аутентифікація, доступ на основі ролей і привілеїв, а також локалізовані каталоги коду, характерні для кожного Емірату.

### **1.3 Переваги та недоліки дистанційного моніторингу та IoT-модифікації системи охорони здоров'я**

IoT відносно нова сфера, якщо порівнювати із тисячолітньою сферою охорони здоров'я. І хоч як би постачальникам IoT технологій та сервісів не кортіло представити свій продукт універсальною пігулкою, що зможе якнайшвидше вирішити проблеми недостачі кваліфікованих кадрів, завантаженості лікарень, проблем з доступністю обладнання, хто як не медичні працівники знають, що такої «пігулки» не існує! Основним питанням наразі, є не стрімка розробка чи модифікація IoT приладів, а всестороння оцінка якості обладнання, перспектив використання технологій дистанційного моніторингу. За для цього було використано методологію swot-аналізу для визначення IoT-

модифікації системи охорони здоров'я, результати дослідження представлені в таблиці 1.1. Деталізований опис кожної складової, що було використано в таблиці 1.1, представлено надалі в розділі.

<u>Таблиця 1.1 – SWOT-аналіз</u>	
<u>Strengths (Переваги)</u>	<u>Weaknesses (Недоліки)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Одночасне звітування та моніторинг</li> <li>2. Портативність.</li> <li>3. Оптимізація людських ресурсів.</li> <li>4. Покращений амбулаторний нагляд.</li> <li>5. Економія часових ресурсів.</li> <li>6. Менший негативний вплив на навколишнє середовище.</li> <li>7. Широкий вибір сервісів.</li> <li>8. Універсальність.</li> <li>9. Онлайн комунікація.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Безпека та конфіденційність даних.</li> <li>2. Тривалість заряду.</li> <li>3. Обробка даних.</li> <li>4. Ціна.</li> <li>5. Специфіка інтерфейсу.</li> </ul>
<u>Opportunities (Перспективи)</u>	<u>Threads (Загрози)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Створення нових робочих місць.</li> <li>2. Модернізація застарілого обладнання.</li> <li>3. Зростання загальнолюдського усвідомлення щодо власного здоров'я</li> <li>4. Розвиток та модернізації сфер, споріднених з охороною здоров'я.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Недостатність фінансування для державних структур.</li> <li>2. Неприйняття інновацій окремими віковими категоріями.</li> <li>3. Формування «елітного» сектору медицини.</li> <li>4. Недостача кваліфікованих кадрів.</li> </ul>

Переваги:

1. Одночасне звітування та моніторинг.

Підключення в режимі реального часу може врятувати життя в разі надзвичайної ситуації, наприклад, серцевого нападу, діабету, астми та багатьох інших. Під час моніторингу роботи в режимі реального часу, який розглядається, використовуючи ультрасучасний медичний пристрій з можливістю бездротової передачі даних, підключені до пацієнта пристрої можуть представляти актуальні дані, відповідно до основного функціоналу ІоМТ приладу та інші додаткові дані, що зчитуються паралельно для їх подальшого найбільш корисного використання.

## 2. Портативність.

Пацієнт може зареєструватися вдома через онлайн-сервіс охорони здоров'я, щоб записатися на прийом до лікаря; лікар може відправити рецепт до медичної сестри без виписки паперового рецепта; комп'ютерна томографія не потребуватиме буде оцифрована та негайно надіслана на комп'ютер лікаря разом із попереднім медичним висновком про діагноз без необхідності фізичного забору результатів у друкованому вигляді. На ряду із цим, носимі пристрої можуть бути невеликими і портативними, що не обмежує рухи та звичний стиль життя користувача.

## 3. Оптимізація людських ресурсів.

Працівники охорони здоров'я наразі можуть «делегувати» статичний моніторинг показників здоров'я ІоМТ приладам, як результат – досвідчені спеціалісти можуть присвячувати більше часу для діагностування і роботи з пацієнтами із більш складними для оздоровлення питаннями. Медичний персонал загалом може бути пропорційно-розподілений у різні відділи, що за соєю специфікацією мають більше «завдань» для вирішення, які не можуть бути реалізовані машинами, де людський фактор є критичним.

## 4. Покращений амбулаторний нагляд.

Стаціонарні та амбулаторні пацієнти потребують інтенсивної терапії, а іноді і цілодобової допомоги. ІоМТ дозволяє лікарям віддалено спостерігати за пацієнтами, не покладаючись на людей, які доглядають, негайно попереджаючи їх, якщо щось піде не так.

#### 5. Економія часових ресурсів.

Для отримання аналізу статичних показників для оцінки загального стану здоров'я пацієнта, наразі людині можна не витратити 2-5 годин для візиту до лікаря, куди входить: запланувати візит, записатись до лікаря, витратити час на дорогу до лікарні, обстеження, отримання результатів. Наразі весь процес проходить у самому ІоМТ приладу, розміщеному на тілі пацієнта або спеціальному обладнанні, лікар отримує данні в режимі онлайн в особистому кабінеті, так само як і пацієнт. Лікар може призначити додаткові обстеження, одразу надіслати результати аналізів, зв'язатись із пацієнтом в режимі онлайн (дистанційно), за допомогою додатку на смартфоні або персональному ПК.

#### 6. Менший негативний вплив на навколишнє середовище.

ІоМТ мають на 15% менше викидів та споживання статичного енергопостачання, у порівнянні із «стандартним» медичним обладнанням[23].

#### 7. Широкий вибір сервісів.

Інтернет медичних речей може полегшити життя людей, виконуючи частину амбулаторних функцій через Інтернет. Пацієнт може записатися на прийом через онлайн-сервіс, завершивши реєстрацію на сайті лікарні. Якщо пацієнту потрібен інший лікар, цей пацієнт може піти до нового лікаря без довідки або записатися на прийом ще раз, оскільки це можна зробити електронною поштою за допомогою електронної медичної системи. Пацієнту більше не потрібні паперові записи; будь-який лікар, який обстежив пацієнта, може використовувати Інтернет, щоб мати електронні записи того самого пацієнта; тому пацієнт і лікар не повинні турбуватися про втрату записів, і будь-який лікар може переглянути всю історію захворювання в будь-який момент з дозволу пацієнта.

#### 8. Універсальність.

ІоМТ створені для використання всіма віковими та соціальними категоріями, як індивідуально так і під наглядом медичного персоналу.

#### 9. Онлайн комунікація.

За допомогою додатків, в яких і відбувається візуалізація показників із ІоМТ приладу пацієнта, користувач може здійснювати комунікацію із особистим

лікарем(даний фактор не є обов'язковим, а залежить від наявності укладеної угоди між пацієнтом та лікарем), здійснювати онлайн реєстрацію на обстеження, прийом, здачу аналізів, тощо.

Недоліки:

#### 1. Безпека даних та конфіденційність.

Однією з найбільших загроз для IoT є безпека даних та конфіденційність. Пристрої IoT збирають і передають дані в режимі реального часу. Однак більшість пристроїв IoT не мають протоколів та стандартів. Крім того, існує багато неоднозначностей щодо легалізації права власності на дані. Усі ці фактори роблять дані більш вразливими для кіберзлочинців, які можуть поставити під загрозу систему та скомпрометувати особисту інформацію про здоров'я (PHI) як для пацієнтів, так і для лікарів. Неправильні дані можуть бути використані для створення підроблених документів для придбання ліків, а медичне обладнання може бути продано назад. Інтеграція декількох пристроїв також викликає перешкоди в реалізації IoT в галузі охорони здоров'я. Причиною такої перешкоди є те, що виробники пристроїв не досягли консенсусу щодо протоколів зв'язку та стандарту. Отже, навіть якщо підключаються різні пристрої; різниця в їх протоколі зв'язку ускладнює і перешкоджає процесу агрегації даних. Ця неоднорідність протоколів підключеного пристрою уповільнює весь процес і зменшує масштабованість IoT в охороні здоров'я. Щоразу як пристрій під'єднується до інтернету, утворюється загроза несанкціонованого втручання. Це вже сталося з деякими власниками «розумного дому». Через це лікарні та заклади охорони здоров'я наразі прагнуть отримувати послуги керування пристроями інтернету речей та зв'язку через третю сторону. Такі постачальники послуг пропонують так E2ES підхід, що охоплює увесь ланцюжок від виробника до кінцевого споживача, включаючи керування пристроями та мережевим зв'язком, через останні протоколи безпеки. Інформація про пацієнта та його здоров'я має бути захищена, тож такі сервіси підвищують рівень безпеки.

## 2. Тривалість заряду.

Кожен тип електронного пристрою потребує живлення для роботи. Як джерело живлення портативний пристрій використовує акумулятор. Тому слабкість батареї перетворюється на одну із слабких сторін Інтернету медичних речей. Термін служби батареї - це те, що нас найбільше турбує через слабкість батареї. Термін служби батареї – це показник того, наскільки добре працює акумулятор і як довго він може працювати з певною впевненістю. Найпоширенішим акумулятором у нашому житті є літій-іонний акумулятор, включаючи акумулятор мобільного телефону, годинника, ноутбука та інших портативних пристроїв. Тому від того, наскільки добре і як довго працює акумулятор, залежить, наскільки якісно і як довго працюють портативні пристрої.

## 3. Обробка даних.

Як ми вже обговорювали раніше, збір даних утруднений через використання різних систем та рівнів зв'язку. Однак пристрої IoT все ще записують ці дані. Дані, зібрані пристроями IoT, використовуються для отримання важливої інформації. Однак обсяг даних настільки великий, що знайти доступні дуже важко для лікарів, що в кінцевому рахунку впливає на якість прийняття рішень. Крім того, це занепокоєння зростає, оскільки підключається більше пристроїв, які записують більше даних.

## 4. Ціна.

Фактично кожен пацієнт залишається здивованим сумою послуг, після візиту до лікаря. Дане явище спричинене тим, що IoT ще не розробив повноцінно-доступний сервіс до системи охорони здоров'я пересічному громадянину. Зростання вартості медичного обслуговування є тривожним показником, особливо в розвинених країнах. Зазначені фактори є першопричинами загострення ситуації медичного туризму, коли важче хворі пацієнти мають доступ до медичних закладів країн, що розвиваються, вартість послуг в яких становить менше 10% від вартості аналогічних сервісів у країнах «туристів». IoT в охороні здоров'я - концептуально захоплююча та перспективна концепція. Однак IoMT поки не визначився з ціною аргументації. Для того, щоб успішно

впровадити розробку додатків IoT та досягти їх загальної інтеграції, зацікавлені сторони повинні зробити сервіс доступним, інакше медичні послуги з використанням IoT завжди будуть виходити за межі доступності окремих соціальних категорій.

#### 5. Специфіка інтерфейсу.

Різні провайдери можуть створити полярно-різні інтерфейси для отримання даних із приладів. Організація інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу із розшифровкою медичних показників, для людини без медичної освіти є складним завданням, що вимагає плідної співпраці між розробниками та науковцями.

Перспективи:

#### 1. Створення нових робочих місць.

Розширення та зростання інвестицій в галузь охорони здоров'я призведе до наявності нових робочих місць. Попит на спеціалістів, що здатні встановлювати, інтегрувати системи ІоМТ, ремонтувати пристрої, розроблювати та модифікувати їх, перейде в окрему спеціалізацію, яка стане необхідною у даній сфері.

#### 2. Модернізація застарілого обладнання.

Наявність портативних та більш енергомічних приладів, призведе до заміни або модернізації існуючих до нових стандартів.

#### 3. Зростання загальнолюдського усвідомлення щодо власного здоров'я

Сьогодні набувають все більшої популярності тренди, що спонукають людей до правильного харчування, регулярних фізичних навантажень, відмови від шкідливих звичок, тощо. І хоча додатки для виміру щоденного засвоєння калорій чи крокомір здійснюють свій вклад у загальнолюдське оздоровлення, аналіз основних медичних показників не замінить ніщо. І чим доступніше і легше пересічному громадянину отримати до них доступ, тим частіше він буде користуватися відповідним додатком та звертати увагу на представлену аналітику та рекомендації. Цифровізації сфери охорони здоров'я наблизить

користувача до доступу контролю свого здоров'я.

#### 4. Розвиток та модернізації сфер, споріднених з охороною здоров'я.

Аналогічно попередньому пункту, розвиток даної галузі спричинить зацікавленість і інших сфер модернізувати свої продукти та послуги, зважаючи на кількість переваг застосування Інтернет речей. Що у загальній картині не лише зробить базові сервіси більш доступними на менш енерго та фінансово затратними, а й матиме позитивний вплив на економіку країни в цілому.

Загрози:

##### 1. Недостатність фінансування для державних структур.

Інновації та фінансування завжди є загрозою для розвитку в усіх сферах надання послуг. Інтеграція IoT приладів є однією із надкоштовних інвестицій, оскільки вимагає не просто закупівлю обладнання, а й спеціального програмного забезпечення для роботи з таким обладнанням, витрати коштів на навчання працівників охорони здоров'я для роботи із новим обладнанням, часткова переорганізація спеціальних приміщень та проведення ремонтних робіт для підведення електропостачання, створення простору для розміщення обладнання, тощо.

##### 2. Неприйняття інновацій окремими віковими категоріями.

Нові технології можуть бути як неоднозначними для літніх людей. Їм може подобатись портативність і зручність, але складна експлуатація заважає цим людям легко його використовувати. На додачу прилади можуть бути крихкими, і їх потрібно використовувати обережно. Наприклад, смартфон може бути дійсно корисним для щоденного збору даних і читання фізичних звітів. Деякі програми на мобільному телефоні повинні бути ввімкнені під час використання, а звіт може бути в іншому місці. Для літніх людей можуть виникнути труднощі з пошуком кнопки, щоб увімкнути функцію перевірки, і перейти на іншу сторінку, щоб прочитати звіт. Деякими пристроями потрібно керувати великою кількістю кнопок, наприклад, монітором ЕКГ, літні люди не можуть цього зробити без сторонньої допомоги. Портативність означає невеликий. У літніх людей не дуже

хороший зір, оскільки старіння призводить до пресбіопії.

### 3. Формування «елітного» сектору медицини.

У зв'язку цінними затратами на використання ІоМТ приладів для дистанційного моніторингу, та відсутності вияву довгострокових інвестицій та їх результатом, можливе виділення сектору надання медичних послуг із застосуванням ІоТ серед категорії населення із достатком вищим за середній.

#### Висновок:

Тож загальна картина, що формується при аналізі поточного стану та майбутнього використання інформаційних систем на основі використання технологій ІоТ для збору, обробки та отримання інформації про стан здоров'я пацієнтів свідчить, що даний напрямок презентує себе як один з найбільш перспективних у сфері надання послуг у найближчі десятиліття. З урахуванням підвищення ролі інформатизації у всіх сферах промисловості та суспільного життя, актуальними стають дистанційні консультації та обстеження; моментальне отримання результатів та мобільність систем нагляду/моніторингу. Технології ІоМТ є удосконаленим сучасним підходом для організації процесів з охорони здоров'я. Ця ринкова ніша відносно нова, а з урахуванням того, що основна концепція організації сервісів потребує наявності смарт-девайсів, що є у більшій частині населення планети, поле для досліджень та створення нових медичинських рішень необмежене. Незважаючи на недоліки, як перебої з точністю отримання даних з ІоТ пристроїв, кіберзагрозами та (поки що) нерозробленого повноцінно-доступного сервісу, у зв'язку з фінансовим дисбалансом - це питання розвитку соціуму та часу. Профілактичний підхід до нагляду за пацієнтами, своєчасне отримання інформації, віддалена діагностика, мобільність – це ті переваги, що надають спеціалістам у сфері інформаційних технологій та медицини перспективи. Вибір дослідження базується на перевагах зазначених технологій та їх реалізацій і удосконалень в процесі аналізу та розробки нових рішень ІоТ в медицині.

## 1.4 Вибір хмарних сервісів для розгортання IoT проєктів

Для збереження великих масивів даних сьогодні конче необхідними є хмари. Хмарні сервіси стали невід’ємною частиною майже будь-якого великого бізнесу вже після першого року, як бізнес почав освоювати маркетплейс в мережі. Спершу клієнтські дані, надалі соціальні мережі, дані з показників, дані з пристроїв все це набувало розвитку та оновлювалось в режимі реального часу. Такі масивні різноструктурні дані наразі визначаються терміном Великі дані або надалі Big Data. Для збереження такого об’єму даних, не кажучи й про те щоб виконувати над ними операції бізнес потребував нового формату їх зберігання. Так і сформувалися хмарні сервіси.

Фактично всі IoT пристрої, залежно від їх специфіки та частоти використання є генераторами, що за класикою зберігаються на хмарі. Для аналізу було обрано 3 хмарні провайдери, що надають можливість купівлі/оренди хмарного сховища, хмарної платформи для розробки та візуалізації рішень у сфері Інтернету речей в медицині.

AWS – Amazon Web Services.

Акцент AWS полягає в створенні найбільш інноваційних сервісів і додаванні всіх останніх технологічних тенденцій у свою екосистему, готових до використання звичайними споживачами без зусиль.

Послуги хмарних обчислень, що надаються AWS, можна розділити на 19 категорій:

1. Обчислення.
2. Сховище.
3. База даних.
4. Міграція.
5. Мережа та доставка контенту.
6. Інструменти розробника.
7. Інструменти керування.
8. Штучний інтелект.

9. Аналітика.
10. Безпека.
11. Ідентифікація та відповідність.
12. Мобільні послуги.
13. Обмін повідомленнями.
14. Продуктивність бізнесу.
15. Потокове передавання комп'ютерів і додатків.
16. Програмне забезпечення.
17. Інтернет речей.
18. Контакт-центр.
19. Розробка ігор.

Серед усіх сервісів хмарних сервісів найбільшим за попитом характеризуються:

1)Elastic Compute Cloud (EC2) для хмарних обчислень. Він пропонує безкоштовний структурний рівень, плату за використання та швидке розгортання середовища. Оплата починається від \$0,0059 на годину.

2)Далі за популярністю йде Simple Storage Services (S3), також безкоштовний структурний рівень, який підходить для основного сховища та резервного копіювання, оскільки за твердженнями розробників, служба має майже 100% довговічність.

3)Glacier — це ще один сервіс зберігання, наданий AWS, який підходить для архівного зберігання та інтегрований з S3.

Amazon є великим інвестором в штучний інтелект та його розгортання на платформі. Amazon Machine Learning, який здатний робити прогнози в реальному часі та містить інструменти для візуалізації .

Найбільшою перевагою AWS є оплата за використання, що робить його придатним не лише для великих організацій, а й для малих і середніх підприємств, або навіть для окремих осіб.

Cloudera.

Cloudera не є хмарним постачальником, але це платформа даних, яка не залежить від хмарних сервісів. В ній немає блокування хмарного постачальника, ви можете вибрати AWS або Azure, і найближчим часом він буде доступний і на іншій хмарній платформі. Дуже скоро цей продукт буде доступний як PaaS також у загальнодоступній хмарі.

На відміну від AWS, Cloudera vision орієнтована на дані і робить акцент на створенні наскрізного управління даними та платформи рішень для підприємств. Стратегія продукту Cloudera полягає в тому, щоб вчитися у корпоративних клієнтів і розуміти їхні потреби, вирішувати їхні проблеми, додаючи функції корпоративного рівня та привносячи цінності на цю платформу. Cloudera постійно докладає успішних зусиль, щоб заповнити прогалини в своїх пропозиціях для потреб бізнесу та технічної спільноти.

Стратегія впровадження: мульти-дисциплінарна аналітика щодо багатохмарного робочого навантаження, локальне розгортання може мати вирішальне значення для бізнесу, як-от банки, відповідність вимогам безпеки даних.

Cloudera Enterprise добре підходить для організацій, які хочуть створити власний Enterprise Big Data Hub і проводити аналіз даних. Cloudera Enterprise використовує відкритий код Cloudera Distribution of Hadoop (CDH), який є однією з найбільш поширених реалізацій Hadoop, що використовуються сьогодні.

Microsoft Azure.

Microsoft Azure надає широкий спектр послуг для різних галузей. Вони врахували всі види потреб бізнесу і випустили різноманітні пакети, достатні для задоволення потреб різних видів промисловості. Він сумісний як з Windows, так і з Linux, а також надає 12-місячну безкоштовну пробну версію. Однак він дорожчий порівняно з AWS, оскільки послуги надходять у пакетах, а це означає, що навіть вам може не знадобитися певна послуга, вам все одно доведеться її придбати.

Хмарні послуги, що надаються Microsoft Azure, можна розділити на 14 категорій:

1. Обчислення.
2. Мережа.
3. Сховище.
4. Мережеві + мобільні сервіси.
5. Контейнери.
6. Бази даних.
7. Дані + аналітика.
8. AI + когнітивні послуги.
9. Інтернет речей.
10. Інтеграція підприємства.
11. Безпека + ідентифікація.
12. Інструменти розробника.
13. Моніторинг + управління.
14. Microsoft Azure Stack [24].

Згідно з [24], серед широкого спектру сервісів, що надаються Azure, найпопулярнішими послугами є:

1. віртуальна машина для обчислень;
2. сховище BLOB-об'єктів;
3. бази даних SQL;
4. Azure Active Directory для безпеки + посвідчення та Visual Studio Team Services for Developers Tools.

За допомогою EventHub і DataBricks можна побудувати безперебійний конвеєр потокових даних, який можна безпосередньо аналізувати та візуалізувати за допомогою Power BI. Крім того, дані можна зберігати в Azure PDW (паралельне сховище даних), яке розроблено з PolyBase і добре інтегрується з Hadoop.

Окрім широкого набору послуг Microsoft Azure є зручнішим для окремих осіб або організацій, які вже використовують програмне забезпечення Microsoft, наприклад, Windows і Office. Використовуючи Microsoft Azure, який має інтерфейс, знайомий користувачам послуг Microsoft, вони можуть швидко

прийняти його, а деякі послуги, що надаються Microsoft Azure, є безкоштовними для передплатників послуг Microsoft.

Надалі, після отримання усієї необхідної інформації про постачальників, необхідно проаналізувати яку сервісну платформу слід використати безпосередньо у даній роботі для інтеграції та розробки аналітичного інтерфейсу для зчитування і обробки даних з ІоМТ приладу.

Результати порівняльної аналітики представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз хмарних сервісів		
Сервіс	Переваги	Недоліки
1	2	3
AWS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Широкий набір сервісів.</li> <li>2. Плата за використання.</li> <li>3. Надання безкоштовного структурного рівня для розгортання послуг.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Низька продуктивність у безперервному завантаженні даних.</li> <li>2. Не підтримує гібридне хмарне середовище.</li> </ul>
Cloudera	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Мульти-дисциплінарна аналітика.</li> <li>2. Багатохмарне робоче навантаження.</li> <li>3. Локальне розгортання.</li> <li>4. Сервісна підтримка входить у вартість послуг.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Висока вартість послуг.</li> <li>2. Орієнтація на корпоративного клієнта.</li> <li>3. Платформа даних для управління хмарними ресурсами, а не окрема хмарна платформа.</li> </ul>
Microsoft Azure	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Широкий вибір сервісів.</li> <li>2. Зручний інтерфейс.</li> <li>3. Плата за використання.</li> <li>4. Доступність аналітичних сервісів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Середня вартість послуг вища ніж в конкурентів.</li> <li>2. «Прив'язка» до політики Microsoft.</li> </ul>

Продовження таблиці – 2		
1	2	3
	5.Паралельне сховище даних. 6.Безкоштовний період використання послуг.	

### 1.5 Висновки по розділу

Оскільки є я студентом, то сервіси, що надає провайдер хмарних послуг Cloudera не задовольняють мої потреби через вартість та загальну клієнтську орієнтацію компанії на організації, а не окремих користувачів.

AWS має низьку продуктивність у безперервному завантаженні даних, а також у запитах до багатьох типів/джерел даних, а саме безперервне зчитування даних є ключовим для роботи з IoT речами та отримання аналітики в реальному часі.

AWS не підтримує гібридне хмарне середовище, як-от Cloudera та Microsoft Azure, що в деяких аспектах обмежило його застосування.

З урахуванням усіх зазначених характеристик та результатів огляду переваг та недоліків представлених сервісів, середовищем для виконання розробки проєкту було обрано Microsoft Azure.

Також із урахуванням кількісних переваг для потенційного пацієнта та працівника сфери охорони здоров'я моделювання рішень з метою забезпечення дистанційного моніторингу стану здоров'я є перспективним на даний період часу та в майбутньому.

## РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Створення схем роботи та моделювання функціоналу ІоМТ пристрою

Основною метою для створення пристроїв області ІоТ, як було зазначено у попередньому розділі, є «полегшення» людської праці, шляхом максимального зменшення чи усунення людського фактору у окремих технічних процесах. При фокусі на медичній сфері, мова йде про віддалений моніторинг пацієнтів. Це найпоширеніше застосування пристроїв ІоТ для охорони здоров'я, що можуть автоматично збирати показники стану здоров'я, такі як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, температура тощо, від пацієнтів, які фізично не перебувають у закладі охорони здоров'я, усуваючи необхідність пацієнтам їздити до постачальників або пацієнтам збирати їх самостійно. Коли пристрій ІоТ збирає дані пацієнта, він пересилає дані до програмного додатку, де медичні працівники та / або пацієнти можуть їх переглянути. Алгоритми можуть бути використані для аналізу даних, щоб рекомендувати лікування або генерувати попередження. Наприклад, датчик ІоТ, який виявляє незвично низький пульс пацієнта, може генерувати попередження, щоб медичні працівники могли втрутитися.

Основною проблемою пристроїв віддаленого спостереження за пацієнтами є забезпечення надійності та конфіденційності персональних даних, які збирають пристрої ІоТ. Коли мова йде про віддалений моніторинг, мається на увазі й:

#### 1. Моніторинг глюкози.

Для більш ніж 400 мільйонів людей, хворих на діабет, моніторинг глюкози традиційно був складним. Мало того, що незручно перевіряти рівень глюкози та реєструвати результати вручну, але це повідомляє рівень глюкози у пацієнта лише в той самий час, коли надається тест. Якщо рівні коливаються в широких межах, періодичного тестування може бути недостатньо для виявлення проблеми. Пристрої ІоТ можуть допомогти вирішити ці проблеми, забезпечуючи

постійний автоматичний контроль рівня глюкози у пацієнтів. Пристрої контролю глюкози усувають необхідність вести облік вручну, і вони можуть попереджати пацієнтів, коли рівень глюкози є проблематичним.

## 2. Моніторинг серцебиття.

Як і глюкоза, контроль пульсу може бути складним завданням навіть для пацієнтів, які перебувають у закладах охорони здоров'я. Періодичні перевірки частоти серцевих скорочень не захищають від швидких коливань частоти серцевих скорочень, а звичайні пристрої для постійного моніторингу серця, що використовуються в лікарнях, вимагають постійного приєднання пацієнтів до дровових машин, що погіршує їх рухливість. Сьогодні для контролю частоти серцебиття доступні різноманітні невеликі пристрої IoT, що дозволяють пацієнтам рухатися, як їм подобається, забезпечуючи постійний контроль за їхніми серцями. Гарантування надточних результатів залишається дещо складним завданням, але більшість сучасних пристроїв можуть забезпечувати показники точності близько 90 відсотків або вище.

## 3. Депресія та моніторинг настрою

Інформація про симптоми депресії та загальний настрій пацієнтів - це ще один тип даних, який традиційно важко постійно збирати. Постачальники медичних послуг можуть періодично запитувати пацієнтів, як вони почуваються, але не могли передбачити різких перепадів настрою. І, часто, пацієнти не точно повідомляють про свої почуття. Пристрої IoT, що знають про настрій, можуть вирішити ці проблеми. Збираючи та аналізуючи такі дані, як частота серцевих скорочень та артеріальний тиск, пристрої можуть робити висновки про інформацію про психічний стан пацієнта. Удосконалені пристрої IoT для моніторингу настрою можуть навіть відстежувати такі дані, як рух очей пацієнта. Ключовою проблемою тут є те, що такі показники не можуть з повною точністю передбачити симптоми депресії чи інші причини для занепокоєння. Але не може і традиційна особиста психічна оцінка.

## 4. Моніторинг хвороби Паркінсона

Для того, щоб найефективніше лікувати пацієнтів з Паркінсоном, медичні

працівники повинні мати можливість оцінити, як тяжкість їх симптомів коливається протягом дня. Датчики IoT обіцяють значно полегшити це завдання шляхом постійного збору даних про симптоми Паркінсона. У той же час, пристрої дають пацієнтам свободу займатися своїм життям у власних будинках, замість того, щоб проводити тривалі періоди в лікарні для спостереження.

Мною було обрано для розгляду – серцеві хвороби, та показники людського організму, що можуть вказувати на необхідність у зосереджені уваги саме на серці. Сьогодні, серцеві хвороби є основною причиною смертності у всьому світі. Існує значна потреба у постійному моніторингу серцевих показників, оскільки вони є дуже важливим показником здоров'я. Звичайні методи вимірювання частоти серцевих скорочень, SpO2 та артеріального тиску є трудомісткими, схильними до помилок і зазвичай вимагають присутності лікаря. Це робить нічний моніторинг фактично неможливим. У цьому проєкті я розгляну та змоделюю сучасне рішення проблем моніторингу, засноване на системах Інтернеті речей, для безперервного вимірювання серцевих показників за допомогою технології, відомої як патч-система або Vital Patch.

Vital Patch - це інструмент моніторингу здоров'я прогресивної галузі TeleHealth. Ще ніколи такий маленький, елегантний пристрій не давав такої цінної інформації лікарям та медсестрам. Цей найсучасніший біо-сенсор постійно контролює вісім фізичних вимірів у реальному часі. Це сенсорний (бездротовий) датчик, який застосовується до верхньої частини тіла пацієнта, найчастіше застосовується у дорослих пацієнтів для рутинного моніторингу ЕКГ, частоти серцевих скорочень, частоти дихання, температури поверхні та положення тіла. Система бездротового зв'язку передає інформацію про здоров'я та віддалено попереджає медичних працівників. Система ключових показників забезпечує ефективний та точний моніторинг пацієнтів та медичних працівників, дозволяючи швидше втручатися, а також підвищувати якість та задоволеність пацієнтів. Система виправлення токенів Vital також має систему з програмним забезпеченням для Android, яка працює і підключена. Мобільний пристрій відстежує діяльність пацієнта у разі виникнення незвичних симптомів та видає

попередження про безпеку. Ринок системи Vital зараз технічно вдосконалений, і постійний моніторинг пацієнтів можна здійснювати швидко та ефективно, також система забезпечує додаткові переваги для невідкладної медицини і негайно застосовується до відділення невідкладної допомоги для виявлення, аналізу та подання відповідної медичної інформації, яка допоможе будь-якій лікарні. VitalPatch контролює загалом вісім життєво важливих показників, що представлені на (рис. 2.1).

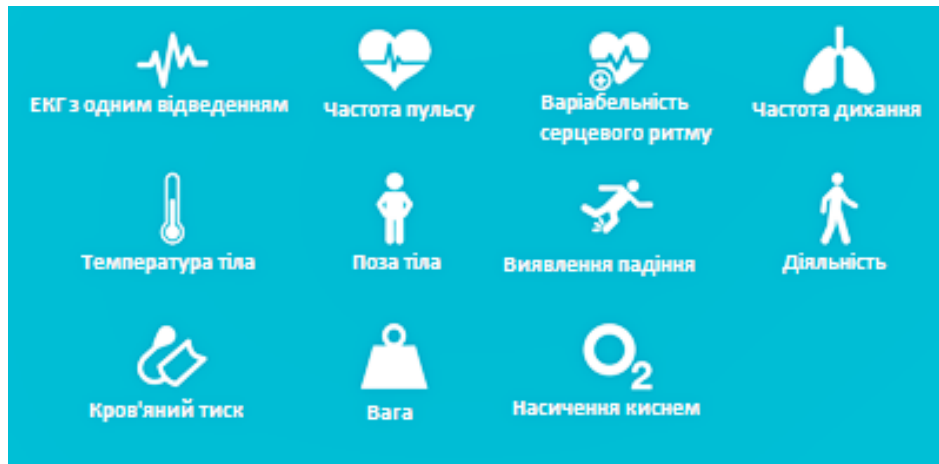


Рисунок 2.1. Области моніторингу за допомогою VitalPatch.

Ключовий ринок торгових марок патч-систем класифікується за типом товару, технологією, застосуванням та кінцевим споживачем.

Залежно від типу товару, ринок патч-систем розподілений на:

1. Патч для одноденного використання.
2. Одноразовий пластир.

Виходячи з технології, ринок ключових систем поділяється на такі:

1. Бездротовий зв'язок: розміщення на/поза/в тілі.
2. Датчик та програмне забезпечення.
3. Мобільні програми.

На основі програми (мети патча), що використовується системи поділяються на такі:

1. Кров'яний тиск.
2. Дихальні.
3. Серцево-судинні.

4. Неврологія.
5. Діабет.
6. Управління вагою.
7. Післяопераційне спостереження.
8. Інші (моніторинг глюкози в крові, моніторинг ЕКГ, багатопараметричний моніторинг).

Виходячи з кінцевого споживача:

1. Клініки.
2. Лікарні.
3. Центри скринінгу.
4. Центри хірургії швидкої допомоги.

«Стандартна» система функціонування Vital Patch представлена у вигляді спрощеної діаграми компонентів у додатку 1.

Дані, які вже знаходяться в хмарі, можуть бути додатково проаналізовані медичними спеціалістами за допомогою мобільних пристроїв або фельдшерів у закладах охорони здоров'я (клініка чи лікарня) за допомогою ПК.

Спрощена система передачі даних, процес яких представлено в додатку 5 представляє собою архітектуру системи високого рівня ( зауваження! зосереджується лише на розробці портативних медичних пристроїв та візуалізації даних на медичній робочій станції на базі ПК за допомогою платформи IoT з відкритим кодом) і матиме наступний вигляд .

Незважаючи на розроблені схеми, що демонструють процес передачі даних та логіку взаємозв'язків, одним з основних елементів є створення моделі у вигляді схеми безпосередньо отримання, обробки та подальшої передачі даних, отриманих з медичного девайсу у програмному середовищі- спеціалізованому медичному сервісі, програмному додатку. Першим кроком є впровадження сервісного додаток у комп'ютер та використання локальної мережі для імітації зв'язку між портативним медичним пристроєм та сервісним додатком. Розроблена модель базується на «класиці», що використовується сьогодні у ІоМТ сфері і представлена в додатку 6 Незважаючи на розроблені схеми, що

демонструють процес передачі даних та логіку взаємозв'язків, одним з основних елементів є створення моделі у вигляді схеми безпосередньо отримання, обробки та подальшої передачі даних, отриманих з медичного девайсу у програмному середовищі- спеціалізованому медичному сервісі, програмному додатку. Першим кроком є впровадження сервісного додаток у комп'ютер та використання локальної мережі для імітації зв'язку між портативним медичним пристроєм та сервісним додатком. З метою коректної подальшої реалізації процесу підключення приладу до платформи необхідно розробити чіткий алгоритм взаємодії. Для цього було використано UML- діаграми:

1. Діаграма діяльності, яка показує дії, які виконує система або розробник (додаток 2). У даній роботі діаграма представлена як послідовність дій розробника або ж інженера, який займається налаштуванням хмарного середовища/платформи для підключення зв'язку з ІоМТ приладом.
2. Діаграма послідовності показує взаємодії об'єктів, упорядкованих у часовій послідовності (додаток 3, додаток 4). У даній роботі детально проілюстрована взаємодія користувача з ІоМТ додатком з метою отримання інформації про свій стан здоров'я.

## **2.2 Висновки по розділу**

Розроблені діаграми та схеми є технічною документацією, що надалі буде використана для розробки та моделювання клієнтського інтерфейсу на хмарній платформі.

## РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ

### 3.1 Використання хмарних сервісів для запуску приладу ІоМТ на хмарній платформі

Інструментом виконання робіт над об'єктом було обрано хмарний сервіс Microsoft Azure, зважаючи на переваги даного сервісу саме для специфіки роботи з ІоМТ приладами, що було зазначено в попередніх розділах.

Microsoft Azure IoT за своїм типом – SaaS, тобто сервіс як послуга, і дійсно, в даній роботі буде використано саме платформу для менеджменту, аналізу, обробки та моделювання. За замовченням, усі дані, що будуть згенеровані в процесі дослідження, зберігатимуться з особистому хмарному середовищі, що виділено під аккаунт розробника.

Предметом дослідження у даній частині дослідження є авторська модель ІоМТ-пристрою, а саме Smart Vital Patch, функціональні та програмні характеристики якого були представлені у попередньому розділі. Перед підключенням до власного кабінету на початком роботи і дослідження необхідно активувати девайс, подальше підключення до власного кабінету на платформі необхідно ввести унікальний URL (при купівлі нового пристрою, адреса має бути надана виробником та розміщена в інструкції або на упаковці товару). В даній роботі було створено інтерактивну модель діючого ІоМТ приладу, за аналогією реального smart patch, з заданням базових показників здоров'я (описано надалі в роботі), прилад активовано і запущено моделювання стану використання. При реєстрації пристрою, було отримано власну віртуальну платформу, де містяться усі дані щодо Vital Patch, це включає:

- 1) Дошки з різними сценаріями моніторингу(моніторингу у спец-середовищі чи віддалений моніторинг пацієнта).
- 2) Графічне зображення та коротка характеристика Vital Patch.
- 3) Дошка провайдера.
- 4) Географічне розташування провайдера в будівлі(при виборі моніторингу у

спец-середовищі).

- 5) Дані щодо зміни показників пацієнта.
- 6) Дані з девайсу.

Більш наглядно зазначена вище інформація зображена на ( рис. 3.1.1 - 3.1.2).

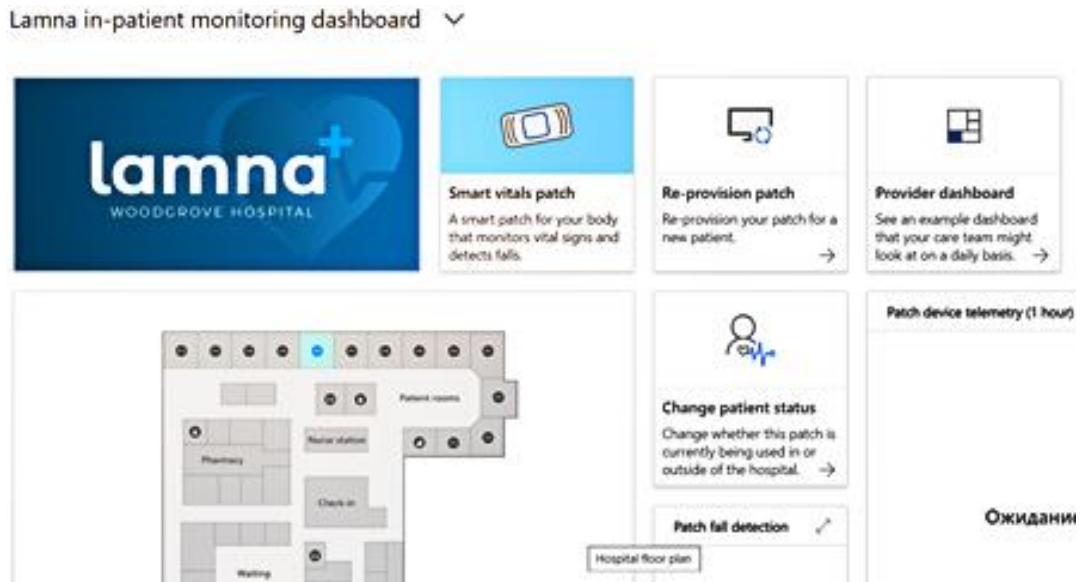


Рисунок 3.1.1. Моніторинг пацієнта у lamna (шаблон).

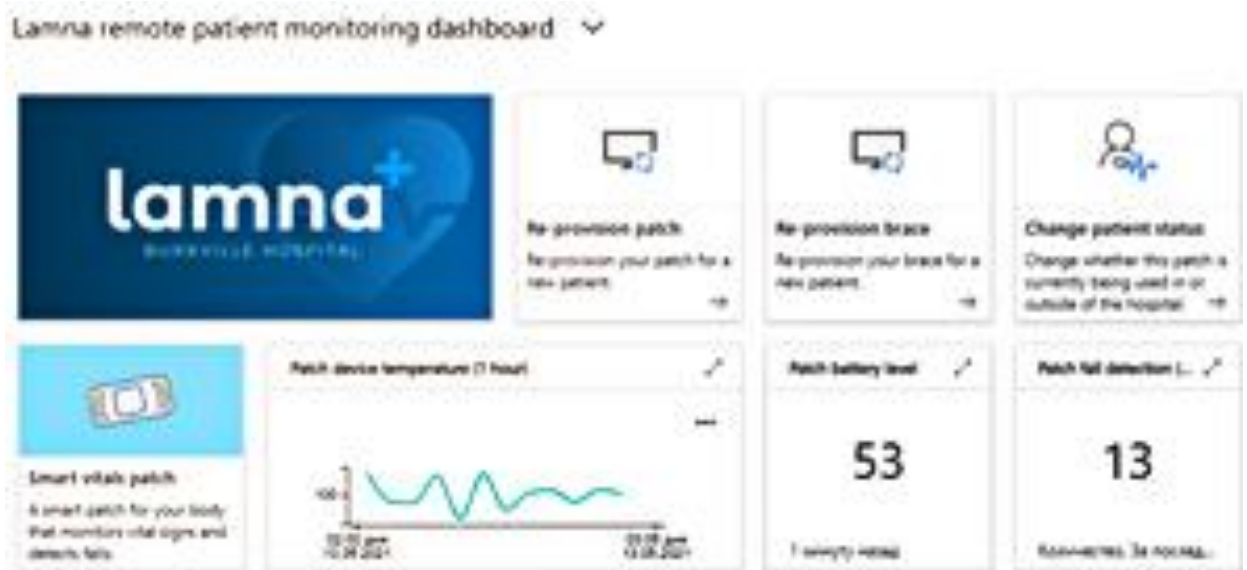


Рисунок 3.1.2. Дистанційний моніторинг пацієнта (шаблон).

### 3.2 Розробка користувацького інтерфейсу ІоМТ приладу з інфографічними даними

Для перегляду функціональних можливостей роботи із програмним забезпеченням Smart Vital Patch необхідно перейти безпосередньо на вкладку з девайсом. Розроблений інтерфейс з деталізацією буде представлено надалі у роботі. Що до роботи з платформою з боку розробника, інтерфейс та функціональні можливості відповідно відрізнятимуться.

Для налаштування Smart Vital Patch до платформи необхідно використати:

1. Унікальний URL/ID пристрою.
2. Bluetooth (у разі виконання підключення через смартфон).

У даній роботі налаштування та підключення приладу здійснювалось через програмне забезпечення на ПК, тому було використано URL -адресу пристрою. Хмарна платформа Azure IoT надає шаблон для кастомізації програмного інтерфейсу користувача, на ряду із налаштуванням функціональної та аналітичної частини ІоМТ девайсу.

Оскільки процес реалізації менеджменту та програмування додаткового функціоналу Vital Patch відбувався з нуля мною було виконано як забезпечення виведення інфографічних звітів для користувача, так і налаштування додаткового функціоналу.

Після підключення медичного девайсу до платформи Azure, як представлено на (рис. 3.2.1 - 3.2.2) необхідно виконати ряд налаштувань для забезпечення функціоналу пристрою, для того аби користувач міг одразу після входу в особистий кабінет отримувати оброблену інформацію на дашборд.

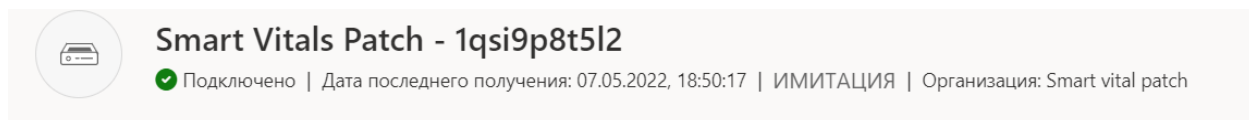


Рисунок 3.2.1. Підключення Smart Vital Patch на платформу.

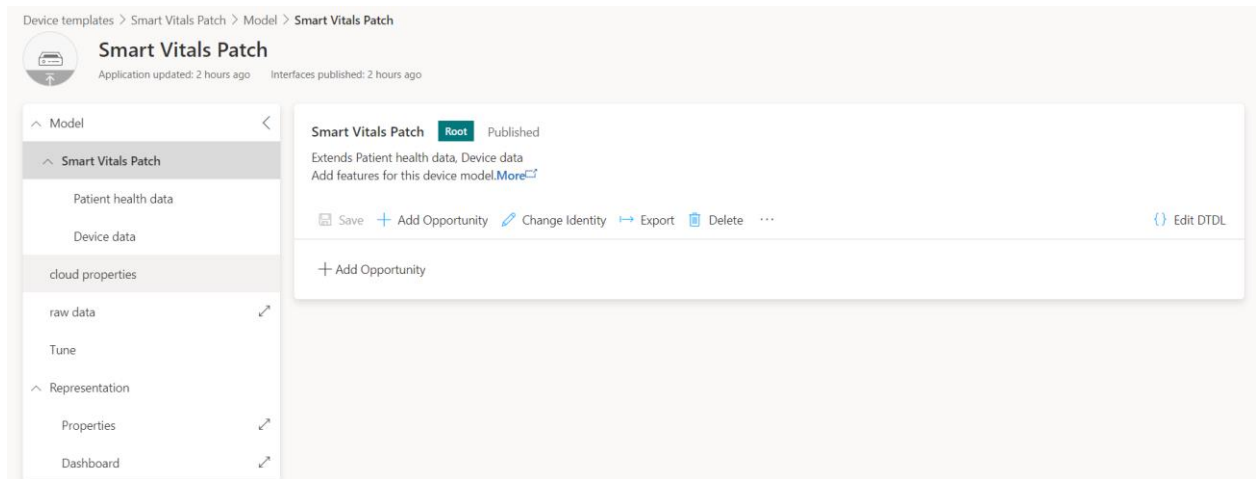


Рисунок 3.2.2. Підключення Smart Vital Patch на платформу з деталізацією функціоналу.

При роботі із Vital Patch маємо 2 категорії показників: дані пацієнта та дані приладу.

До даних пацієнта відносяться показники здоров'я, які зчитуються приладом під час його носіння пацієнтом, та надалі обробляються на платформі та представлені на (рис. 3.3.1).

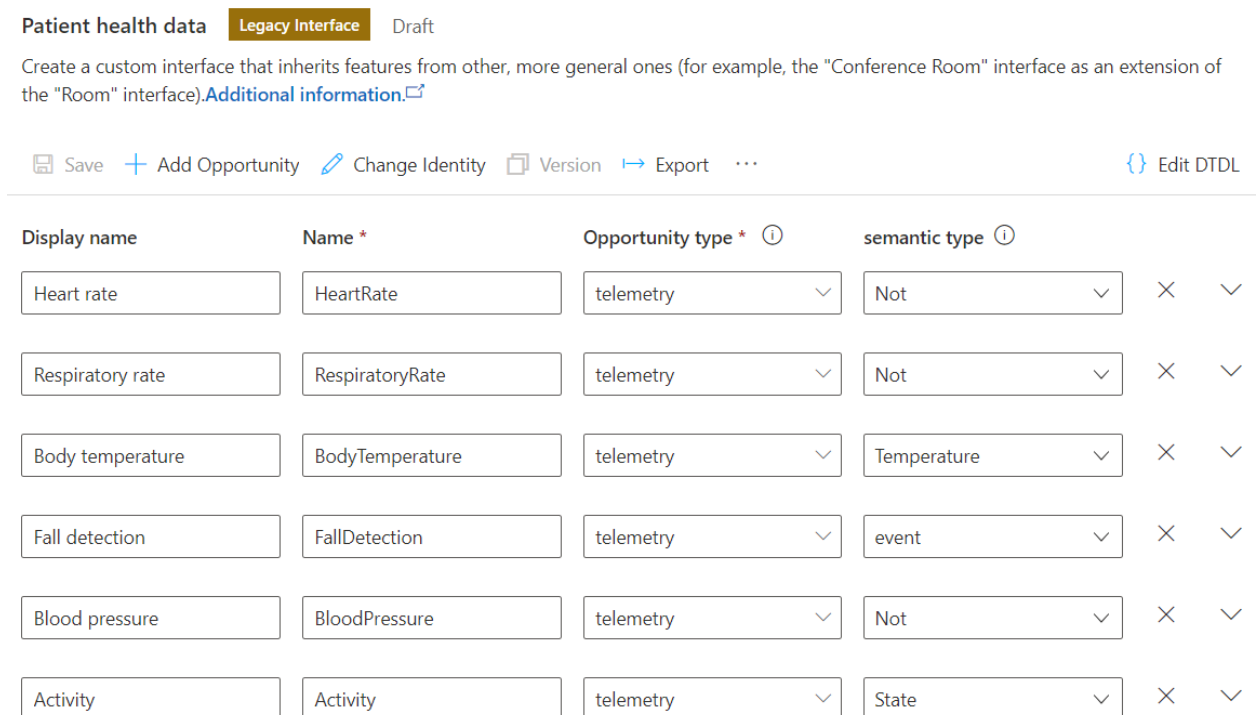


Рисунок 3.3.1. Дані пацієнта.

Smart Vital Patch призначений для зчитування та передачі даних як:

1. Пульс (Heart rate).
2. Частота дихання (Respiratory rate).
3. Температура тіла (Body temperature).
4. Виявлення падіння (Fall detection).
5. Кров'яний тиск (Blood pressure).
6. Активність (Activity).

До даних приладу відносяться показники що характеризують технічне, програмне оснащення, основні характеристики функціональної діяльності самого Vital Patch представлені на (рис. 3.3.2) та до яких відносять:

1. Рівень заряду батареї (Battery level).
2. Повторне забезпечення (Re-provision).
3. Стан пристрою (Device status).
4. Підключення (Connectivity).
5. Серійний номер (Serial number).
6. Версія прошивки (Firmware version).
7. Версія апаратного забезпечення (Hardware version).
8. Температура пристрою (Device temperature).
9. Оновлення прошивки (Firmware updat).

Device data **Legacy Interface** Published

Create a custom interface that inherits features from other, more general ones (for example, the "Conference Room" interface as an extension of the "Room" interface). [Additional information.](#)

Save + Add Opportunity Change Identity Version Export Delete Edit DTDL

Display name	Name *	Opportunity type *	semantic type		
Battery level	BatteryLevel	Telemetry	Het	×	∨
Re-provision	ReProvision	Command		×	∨
Device status	DeviceStatus	Property	Het	×	∨
Connectivity	Connectivity	Property	Het	×	∨
Serial number	SerialNumber	Property	Het	×	∨
Firmware version	FirmwareVersion	Property	Het	×	∨
Hardware version	HardwareVersion	Property	Het	×	∨
Device temperature	DeviceTemperature	Telemetry	Het	×	∨
Firmware update	FirmwareUpdate	Command		×	∨

Рисунок 3.3.2. Дані приладу.

Для кожного з представлених вище показників необхідно вказати:

- Назву показника (що буде відображатись на графіках та в аналітичних звітах).
- Назва показника (що відображається у програмних алгоритмах, та використовується як ключ при збереженні даних у хмарі).
- Тип даних. Існує 3 типи даних, які може передавати пристрій:
  - Телеметрія – переважна більшість даних. Телеметрія включає в себе систему збору даних про пристрої та компоненти мережі, а потім передачу їх у центральне місце для аналізу та застосування.
  - Атрибут – характеристика процесу/даних(у даному кейсі).
  - Команда – дія/алгоритм/реакція, визначена на стороні розробника, для активації при визначених алгоритмом умовах.

Додатковим параметром можна вказати деталізацію - семантичний тип даних, відповідно до кожного типу даних. Семантичний тип даних визначений платформою(кожна платформа визначає окремо пакет семантичних даних) і представлений обмеженим переліком:

1. Прискорення.
2. Прискорення (вектор).
3. Кут.
4. Кутове прискорення.
5. Кутова швидкість.
6. Площа.
7. Ємність.
8. Поточний.
9. Швидкість передачі даних.
10. Розмір даних
11. Щільність.
12. Відстань.
13. Електричний заряд.
14. Електричний агрегат.
15. Подія.
16. Сила.
17. Частота.
18. Вологість повітря.
19. Освітленість.
20. Індуктивність.
21. Широта.
22. Довжина.
23. Розташування.
24. Довгота.
25. Яскравість.
26. Світловий потік.
27. Інтенсивність світла.
28. Магнітний потік.
29. Магнітна індукція.
30. Маса.

- 31.Масова витрата.
- 32.Потужність.
- 33.Тиск.
- 34.Відносна вологість.
- 35.Опір.
- 36.Звуковий тиск.
- 37.Температура.
- 38.Тяга.
- 39.Проміжок часу
- 40.Крутний момент.
- 41.Швидкість.
- 42.Швидкість (вектор).
- 43.Напруга.
- 44.Обсяг.
- 45.Об'ємна швидкість потоку.

У разі відсутності необхідного показника (наприклад визначеного типу для вимірювання пульсу), слід залишити семантичний тип даних за замовченням порожнім.

Одним з основних етапів для чіткого розуміння показників приладу є створення зрозумілої візуалізації даних у форматі інфографічних звітів.

Для заповнення окремої секції візуалізації на дашборді було виконано наступний алгоритм, що представлено на (рис. 3.4.1- 3.4.5).

На (рис. 3.4.1) мною було обрано ключові показники: вказати назву секції для дашборду, часовий проміжок в якому будуть представлені значення(за останні 48 годин, 24 години, 30 хвилин, тощо), обрати показники для візуалізації.

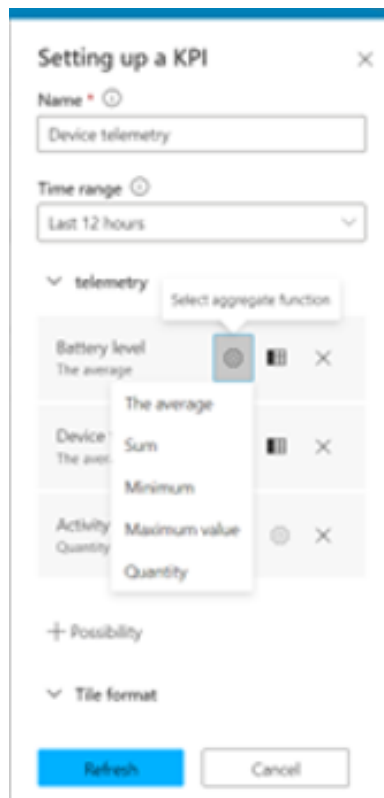


Рисунок 3.4.1. Визначення назви секції та вибір специфікації значень показників.

На (рис. 3.4.3) Визначено категорії показників, які характеризують:

- наявність з'єднання приладу до платформи;
- статус приладу (активний, сонний режим, вимкнено)
- назва лікарні (якщо прилад підв'язаний та зареєстрований за певною)
- система для дистанційного моніторингу у лікарні (за умови, якщо виконується попередній пункт)
- статус пацієнта (статус активності, стан здоров'я, інше).

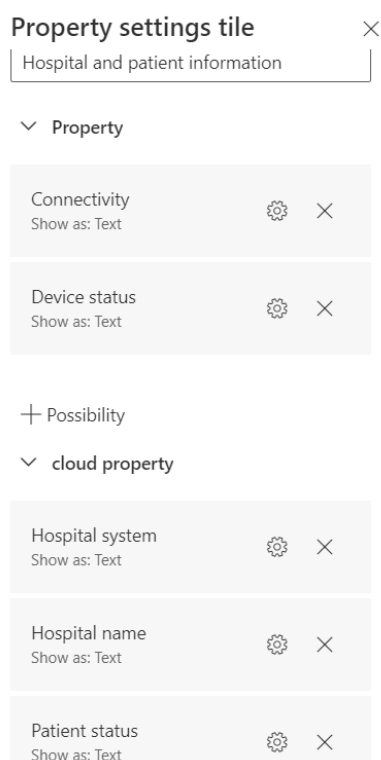


Рисунок 3.4.3. Визначення категорії показників, що будуть представлені (1).

На (рис. 3.4.4) Для показників здоров'я пацієнта (активність, температура тіла, пульс ) визначено колір для візуалізації.

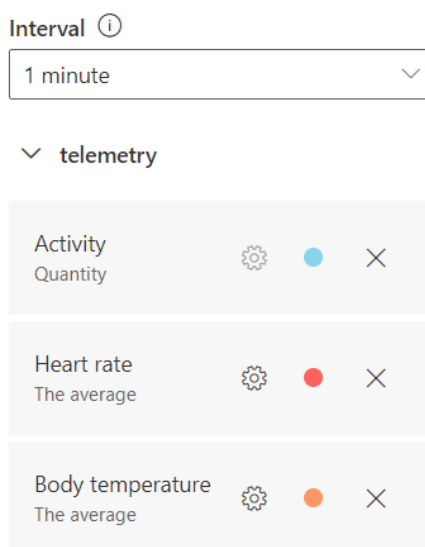


Рисунок 3.4.4. Визначення показників, що будуть представлені (2).

На (рис. 3.4.5) встановлено обмеження показників для заряду батареї Smart Vital Patch. Відповідно до рисунку та загальноприйнятих норм, заряд не

перевищує показника у 100%.

Conditional Formatting ×

Choose a color and set conditions for the rule. The rules are applied in order from top to bottom.

It applies to: Battery level

- If the value   ×
- If the value   ×

Рисунок 3.4.5. Додати обмеження чи додаткові правила, що допоможуть візуалізувати більш «чисту» інформацію.

На (рис. 3.4.6) обрано тип візуалізації даних телеметрії .

Customize schedule ×

Name \*

Legend display  On

Show X-Axis  On

Show y-axis  On

Display range

Interval

▼ telemetry

+ Possibility

Рисунок 3.4.6. Обрати тип візуалізації (heatmap, bar chart, schedule, тощо у секції «name»), часові рамки.

На (рис. 3.4.7) було обрано ІоМТ прилад, для якого будуть виконані попередньо створені секції з візуалізації і з якого будуть братись дані телеметрії. А на (рис.

### 3.4.8) представлено результат візуалізації обраних показників.

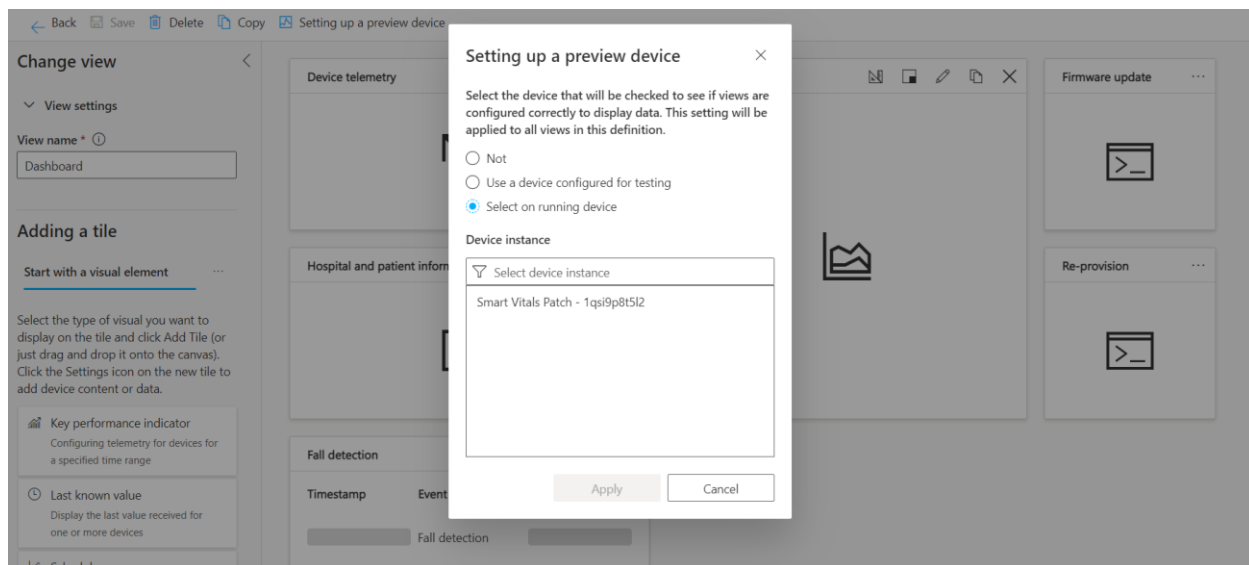


Рисунок 3.4.7. Обрати прилад для постачання даних.

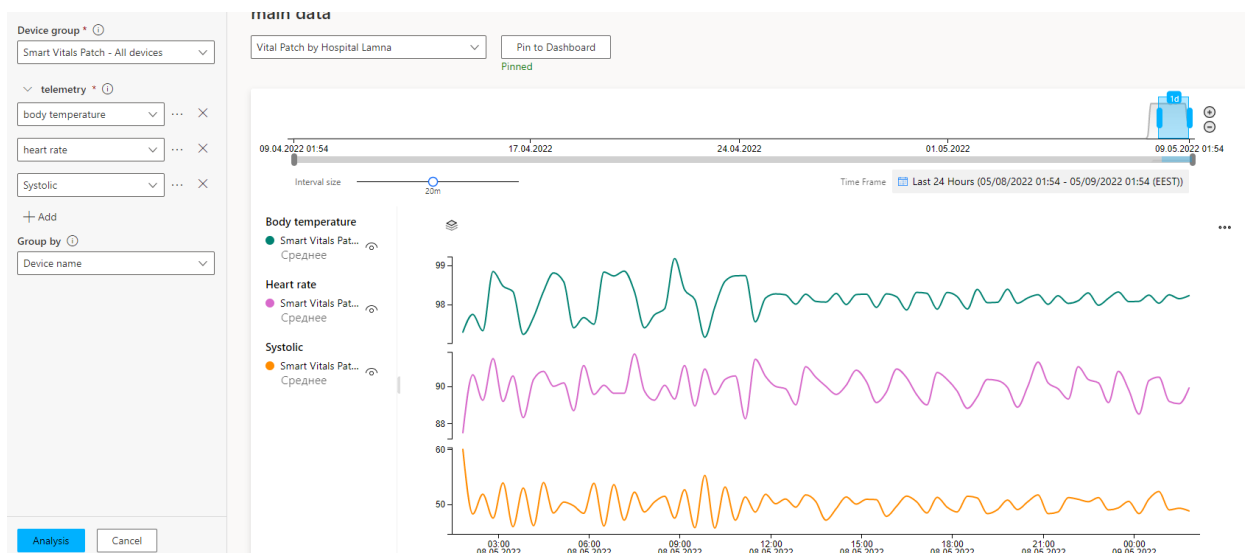


Рисунок 3.4.8. Групування обраних показників у нововідкритому вікні та отримання остаточної візуалізації.

У результаті поетапного виконання алгоритму було отримано дашборд на якому представлено пульс, температура тіла, систолічний тиск у розрізі останніх 24 годин.

Дане представлення зручне оскільки надає можливість:

Майже одразу розпізнати поверхневі тренди та взаємозв'язки між показниками.

Змінити часові межі аналізу за допомогою повзунка(збільшити чи зменшити).

Данна візуалізація може бути представлена як у вигляді графіку так і у вигляді таблиці.

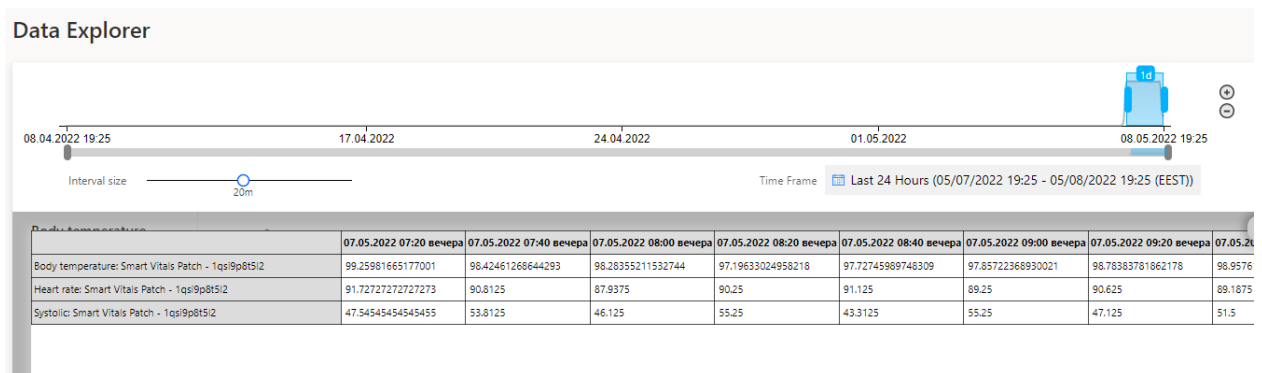


Рисунок 3.4.9. Результати візуалізації у табличному форматі.

Також для виконання подальшої аналітичної діяльності (аналізу показників, виявлення прихованих трендів, прогнозування, застосування машинного навчання, тощо) можна вивантажити у форматі csv (рис. 3.4.10) і табличному форматі (рис. 3.4.9).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Interval, Interval (UTC),Body temperature/Smart Vitals Patch - 1qsi9p8t5l2.РЎСЪРμPrPSPμPμ,Heart rate/Smart Vitals Patch - 1qsi9p8t5l2.РЎСЪРμPrPSPμPμ,Systol													
2	07.05.2022 07:20 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 04:20 PrPSCU,99.25981665177001,91.72727272727273,47.54545454545455,													
3	07.05.2022 07:40 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 04:40 PrPSCU,98.42461268644293,90.8125,53.8125,													
4	07.05.2022 08:00 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 05:00 PIPμC#PμCЪP°,98.28355211532744,87.9375,46.125,													
5	07.05.2022 08:20 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 05:20 PIPμC#PμCЪP°,97.19633024958218,90.25,55.25,													
6	07.05.2022 08:40 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 05:40 PIPμC#PμCЪP°,97.72745989748309,91.125,43.3125,													
7	07.05.2022 09:00 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 06:00 PIPμC#PμCЪP°,97.85722368930021,89.25,55.25,													
8	07.05.2022 09:20 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 06:20 PIPμC#PμCЪP°,98.78383781862178,90.625,47.125,													
9	07.05.2022 09:40 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 06:40 PIPμC#PμCЪP°,98.95761309677867,89.1875,51.5,													
10	07.05.2022 10:00 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 07:00 PIPμC#PμCЪP°,98.18351760232854,91.1875,50.0625,													
11	07.05.2022 10:20 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 07:20 PIPμC#PμCЪP°,97.89377935057406,90.9375,47.6875,													
12	07.05.2022 10:40 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 07:40 PIPμC#PμCЪP°,97.0773747746701,88.4375,53.75,													
13	07.05.2022 11:00 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 08:00 PIPμC#PμCЪP°,98.24994758443474,90.125,44.1875,													
14	07.05.2022 11:20 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 08:20 PIPμC#PμCЪP°,98.45249840625179,89.0625,55.3125,													
15	07.05.2022 11:40 PIPμC#PμCЪP°,07.05.2022 08:40 PIPμC#PμCЪP°,99.0493983700819,91.4375,44.625,													
16	08.05.2022 12:00 PSPcC#PcCЪP°,07.05.2022 09:00 PIPμC#PμCЪP°,97.95062077104858,89.375,55.875,													
17	08.05.2022 12:20 PSPcC#PcCЪP°,07.05.2022 09:20 PIPμC#PμCЪP°,97.52275017966251,90.0625,44.5,													

Рисунок 3.4.10. Результати візуалізації у форматі csv.

Після завершення створення візуалізації було додано окремі правила на випадок неполадок у пристрої, збою показників та незвичної активності.

1. Виявлення падіння(різких рухів).
2. Низький рівень заряду батареї.

### 3. Охолодіть свій Vital Patch.

Для створення правил необхідно внести умови, правила, типи показників та їх значення, при умові виконання яких, користувач отримуватиме сповіщення на дашборді. Формування правил відбувається за наступним алгоритмом:

1. Перш за все було визначено умови, за яких правило буде виконано (виконано всі умови/виконана одна із умов).
2. Надалі зазначити або не зазначити чи є визначене правило цикловим і потребує зазначення часового інтервалу.
3. Визначити показник, до якого буде застосовано правило.
4. Визначити оператор правила, що буде регулювати значення показників (більше/менше/дорівнює/містить/ не містить).
5. Визначити значення показників.

Внесення правил представлено на (рис. 3.5.1 - 3.5.3).

**Conditions**  
Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

<b>Telemetry *</b> <input type="text" value="Fall detection"/>	<b>Operator *</b> <input type="text" value="Equals"/>
---	--

Enter value  Choose a value.

**Value \***

Рисунок 3.5.1. Внесення правил для виявлення падіння(різких рухів).

**Conditions**  
 Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

---

**Telemetry \***  **Operator \***

Enter value  Choose a value.

**Value \***

Рисунок 3.5.2. Внесення правил для визначення низького заряду батареї.

**Conditions**  
 Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

---

**Telemetry \***  **Operator \***  **Aggregation \***

Enter value  Choose a value.

**Value \***

Рисунок 3.5.3. Внесення правил для охолодження Vital Patch.

Усі представлені попередньо алгоритми візуалізації та роботи з сервісом Azure були виконані мною послідовно, з метою опанування техніки роботи з хмарними сервісами типу SaaS для створення платформи з розробки, збору, контролю та аналізу телеметричних показників отриманих з ІоМТ приладу, а саме Smart Vital Patch.

Результатом проектної реалізації є розроблений інтерактивний дашборд, що представлений на (рис. 3.6.1 - 3.6.2).

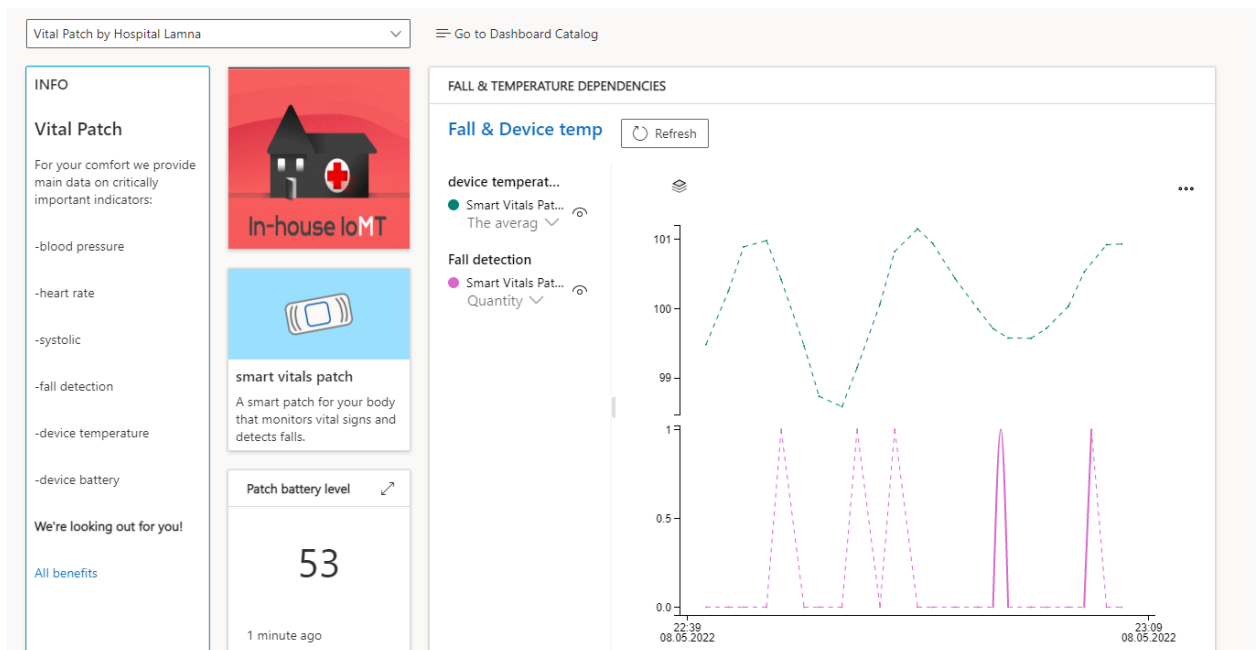


Рисунок 3.6.1. Інтерактивний звіт для користувача частина 1.

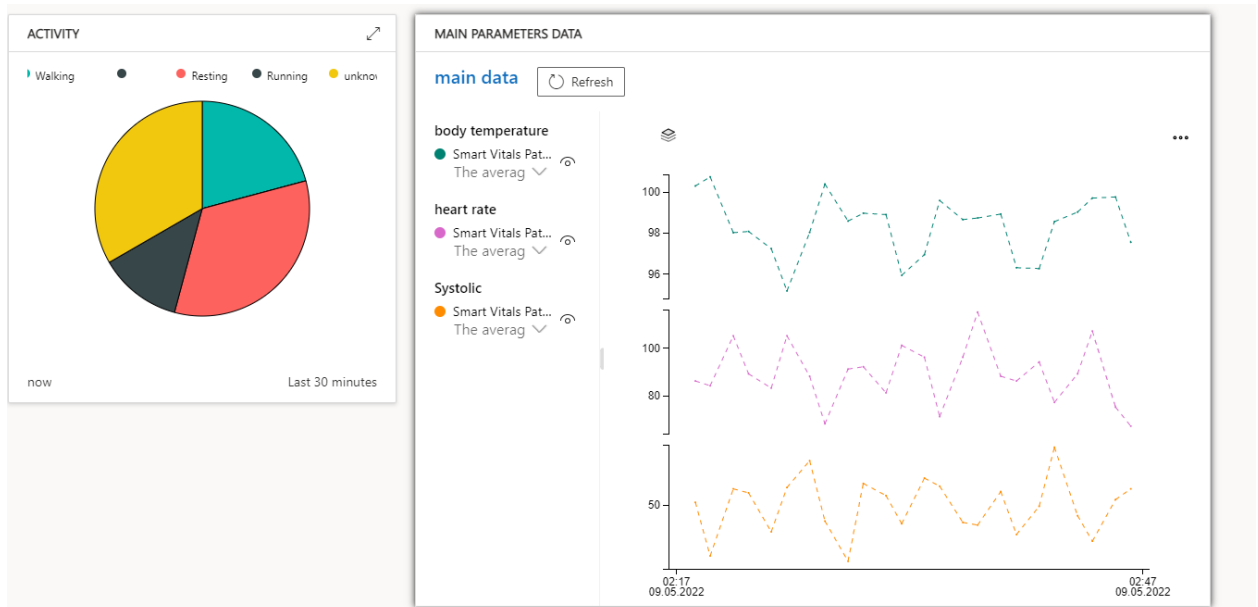


Рисунок 3.6.2. Інтерактивний звіт для користувача частина 2.

Тож що отримує користувач, коли заходить в особистий кабінет на платформу?

1. INFO. Перелік інформації, що надається провайдером і та, що відображена на секціях візуалізації на ряду із додатковою інформацією про переваги використання портативних ІоМТ приладів.
2. Логотип сервісу.
3. Коротка інформація про технологію Smart Vital Patch.
4. Patch battery level. Рівень заряду батареї Smart Vital Patch.
5. FALL & TEMPERATURE DEPENDENCIES. Графік нагрівання Smart Vital

Patch та різких рухів носія у розрізі останніх 24 годин (графіки представлені з власними діапазонами значень, паралельно один одному для можливості моментального порівняння тенденції показників). Де:

- a. Зеленим кольором представлено показник температури девайсу.
- b. Фіолетовим кольором – індикатор падіння або різких рухів.
6. MAIN PARAMETERS DATA. Графік зміни пульсу (рожевим кольором), температури тіла (зеленим кольором), систолічного тиску (помаранчевим кольором) у розрізі останніх 24 годин (графіки представлені з власними діапазонами значень, паралельно один одному для можливості моментального порівняння тенденції показників).
7. ACTIVITY. Графік співвідношення різних видів активностей користувача:
  - a. Ходьба.
  - b. Біг (швидка ходьба/активні рухи частиною тіла, на якій розміщений Smart Vital Patch).
  - c. Відпочинок (відсутність активності).
  - d. Невизначено (анормальна активність, пусті значення, тощо).

### **3.3 Висновки ро розділу**

Отже, результатом виконання третього розділу є інтерактивний дашборд, розроблений на хмарній платформі Microsoft Azure. З урахуванням всього спектру показників, що надходять через ІоМТ пристрій Smart Vital Patch було об'єднано дані показники на різних секціях дашборду для отримання інформації про стан здоров'я пацієнта. Дашборд із представленням показників було розроблено в універсальному для будь-якої вікової аудиторії форматі із можливістю представлення даних за допомогою методів візуалізації та вивантаження і подальшої інтеграції даних у алгоритми машинного навчання.

## РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

### 4.1 Використання отриманих даних для виконання аналізу показників, отриманих із графів у результуючому дашборді

Після виконання проєктної частини та моделювання дашборду було проведено описовий аналіз. Це тип аналізу даних, який допомагає описати, показати або узагальнити точки даних у конструктивний спосіб, так що можуть виникнути моделі, які відповідають кожній умові даних.

А саме для аналізу було обрано секцію «FALL & TEMPERATURE DEPENDENCIES». Метою аналізу було визначення залежності між нагріванням пристрою та різкими рухами користувача. Із показників графіка, що представлені на (рис. 4.1.1- 4.1.3) , де фіолетовим кольором позначено наявність різких рухів користувача, а зеленим- графік температури приладу, можна стверджувати, що існує залежність між нагріванням Smart Vital Patch та різкими рухами його носія. За умови різкої активності прилад фіксував різкі рухи частиною тіла на якій розміщений прилад з 02:53:00 – 02:57:00 09.05.2022 , як представлено на (рис. 4.1 - 4.2), що може свідчити про «ворочення» у вісні, з невеликими перервами на сталу позицію близько 45-60 секунд.

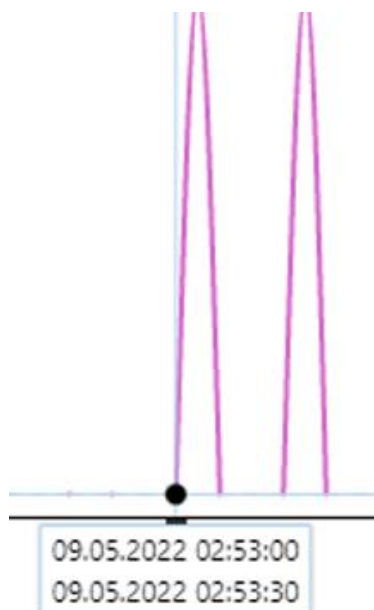


Рисунок 4.1.1. Початок різких рухів носія о 02:53:00 09.05.2022.

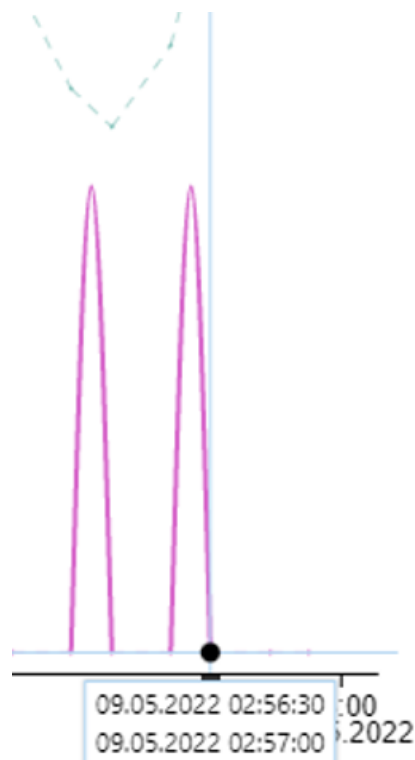


Рисунок 4.1.2. Завершення різких рухів носія о 02:57:00 09.05.2022.

У цей же час Smart Vital Patch почав нагріватися, оскільки графік температури йде вгору (рис. 4.3).

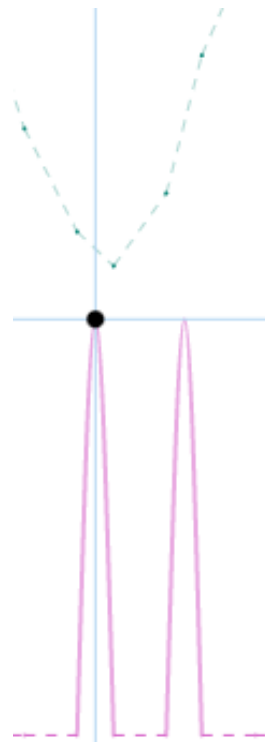


Рисунок 4.1.3. Тенденція зростання температури Smart Vital Patch , після

початку активних рухів.

З чого можемо зробити висновок, що активні рухи носія спричиняють додаткове надсиленням приладом показників які ідентифікуються як «падіння», з чого можемо припустити:

1. Прилад розміщений на активно-рухомій частині тіла носія, що провокує часті передачі попереджень про падіння і надає нечітку картину про загальну активність носія. Рішення: перемістити девайс на не надто рухому частину тіла (наприклад грудна клітина).
2. Визначені виробником критерії падіння у форматі тесту на практиці прирівнюють будь-яку активність носія, що вимагає більше рухів чи зміни положення тіла ніж проста ходьба до «критичної активності» та вимагає фіксації.
3. Щодо загального спостереження: носій міг прокинутись та змінювати положення тіла чи мати «інтенсивний сон», що спричинило активну зміну положення тіла.

#### **4.2 Використання отриманих даних для вибору оптимального алгоритму машинного навчання**

Цінність отриманих даних не лише в тому аби досліджувати статистичні дані, але і використати для створення моделей, у машинному навчанні, тощо.

Наприклад визначення взаємозв'язків між показниками здоров'я пацієнта допоможе створювати прогнози і як наслідок упереджувати виникнення непередбачуваних ситуацій або погіршення стану здоров'я.

З цією метою було проведено дослідження для вибору оптимального методу машинного навчання, який може використовуватись організацією охорони здоров'я для проведення досліджень або ж організацією постачальником аналітичних сервісів ІоМТ.

Базу показників було взято з користувацького дашборду у секції «MAIN PARAMETERS DATA» у різні періоди часу: 09.05.2022 02:30:30 та 09.05.2022 04:17:00.

Показники вивантажено у форматі csv для подальшого аналізу (рис. 4.2.1).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Interval, Ir	interval (UTC),	Body temperature,	Heart rate,	Systolic,	Class	
2	09.05.2022 04:05,	09.05.2022 01:05,	96.45634994325472,	61,47,0			
3	09.05.2022 02:46,	08.05.2022 23:46,	97.5340467231544,	67,62,0			
4	09.05.2022 02:34,	08.05.2022 23:34,	99.57189454301245,	71,64,0			
5	09.05.2022 03:53,	09.05.2022 00:53,	100.90159404256232,	71,58,0			
5	09.05.2022 02:58,	08.05.2022 23:58,	96.44186205669612,	74,74,0			
7	09.05.2022 02:45,	08.05.2022 23:45,	99.7450192123358,	75,54,0			
3	09.05.2022 04:13,	09.05.2022 01:13,	96.19674193900823,	76,72,0			
9	09.05.2022 02:41,	08.05.2022 23:41,	98.53932098908922,	77,93,0			
0	09.05.2022 03:49,	09.05.2022 00:49,	97.65582677246333,	77,61,0			
1	09.05.2022 02:54,	08.05.2022 23:54,	98.8312975666864,	78,49,0			
2	09.05.2022 02:30,	08.05.2022 23:30,	98.88342833183418,	81,57,0			
3	09.05.2022 04:17,	09.05.2022 01:17,	99.74828328306472,	82,69,0			
4	09.05.2022 04:00,	09.05.2022 01:00,	100.6819785768142,	83,77,0			
5	09.05.2022 03:54,	09.05.2022 00:54,	97.39947915079571,	84,18,0			
6	09.05.2022 03:58,	09.05.2022 00:58,	95.93870229133927,	84,53,0			
7	09.05.2022 04:09,	09.05.2022 01:09,	99.16572681374119,	84.84.0			

Рисунок 4.2.1. Дані для виконання машинного навчання data\_main.csv.

До початкових даних було надано індикатор класу:

- якщо пульс перевищував 100 – клас 1;
- якщо пульс не перевищував 100 (в межах норми)– клас 0.

Середовищем роботи з даними було обрано Google Colab . Код, за допомогою якого здійснювалась обробка даних представлений в додатку 7. Ноутбук у якому було реалізовано дослідження знаходиться в додатку 8.

За для знаходження оптимального методу машинного навчання серед обраних трьох оптимальних типів – Дерево рішень, Метод опорних векторів, Лінійна регресія: було проведено тренування кожного на вивантаженому наборі даних, з метою перевірки точності моделей. Для перевірки точності використовувалися розраховані показники з наборів даних для тренування (train data) та тестових даних (test data).

Результати виконання дослідження представлені на (рис. 4.2.2 - 4.2.6).

Спершу було вивантажено та нормалізовано показникові дані data\_main.csv, як представлено на (рис. 4.2.2).

	Interval	Interval (UTC)	Body temperature	Heart rate	Systolic	Class
0	09.05.2022 04:05	09.05.2022 01:05	96.456350	61.0	47.0	0
1	09.05.2022 02:46	08.05.2022 23:46	97.534047	67.0	62.0	0
2	09.05.2022 02:34	08.05.2022 23:34	99.571895	71.0	64.0	0
3	09.05.2022 03:53	09.05.2022 00:53	100.901594	71.0	58.0	0
4	09.05.2022 02:58	08.05.2022 23:58	96.441862	74.0	74.0	0

```
data1 = data[['Body temperature', 'Heart rate', 'Systolic', 'Class']]
data1 = data1.dropna(how='any',axis=0)
data1.head()
```

	Body temperature	Heart rate	Systolic	Class
0	96.456350	61.0	47.0	0
1	97.534047	67.0	62.0	0
2	99.571895	71.0	64.0	0
3	100.901594	71.0	58.0	0
4	96.441862	74.0	74.0	0

Рисунок 4.2.2. Нормалізація вхідних даних.

Надалі набір даних було розподілено для тестування (80%) та для навчання (20%) (рис. 4.2.3).

```
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split( X, Y, test_size=0.2, random_state=2)
print ('Train set:', X_train.shape, Y_train.shape)
print ('Test set:', X_test.shape, Y_test.shape)
```

Train set: (38, 4) (38,)  
Test set: (10, 4) (10,)

Рисунок 4.2.3. Розподіл даних на 2 набори: тестовий та навчальний.

Після розподілу даних – проведено ітераційні процеси машинного навчання трьома, раніше зазначеними методами, що представлено на (рис. 4.2.4 - 4.2.6).

```
GridSearchCV(cv=8, estimator=SVC(),
param_grid={'C': array([ 1.          ,  3.98107171,  15.84893192,  63.09573445,
251.18864315, 1000.          ]),
'gamma': array([ 1.          ,  3.98107171,  15.84893192,  63.09573445,
251.18864315, 1000.          ]),
'kernel': ('linear', 'rbf', 'poly', 'rbf', 'sigmoid')})
```

Рисунок 4.2.4. Метод Лінійної регресії.

```
tuned hpyerparameters :(best parameters) {'C': 1.0, 'gamma': 1.0, 'kernel': 'linear'}
accuracy : 1.0
test set accuracy : 1.0
```

Рисунок 4.2.5. Метод Опорних Векторів.

```
print("tuned hpyerparameters :(best parameters) ",tree_cv.best_params_)
print("accuracy :",tree_cv.best_score_)
print("test set accuracy :",tree_cv.score(x_test, y_test))

tuned hpyerparameters :(best parameters) {'criterion': 'gini', 'max_depth': 1, 'max_features': 'auto', 'min_samples_leaf': 2, 'min_samples_split': 2, 'splitter': 'random'}
accuracy : 1.0
test set accuracy : 0.7
```

Рисунок 4.2.6. Метод дерева рішень.

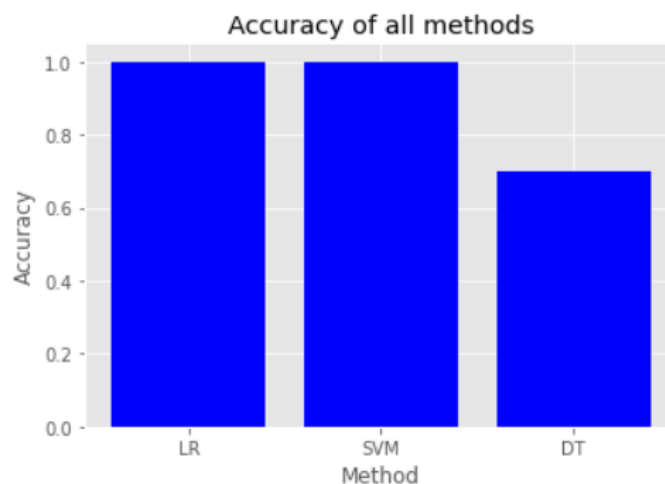
Результат роботи кожного методу був зібраний у табличному форматі і представлений на (рис. 4.2.7).

```
Accuracy for Logistics Regression method: 1.0
Accuracy for Support Vector Machine method: 1.0
Accuracy for Decision tree method: 0.7
```

Рисунок 4.2.7. Нормалізація вхідних даних.

### 4.3 Висновки по розділу

За результатами проведеного дослідження, які представлені на (рис. 4.2.7) та (рис. 4.2.8), можна стверджувати, що найбільш ефективним методом машинного навчання, який може надалі використовувати компанія – Лінійна Регресія (точність 100%) або Метод Опорних Векторів (точність 100%).



## ВИСНОВКИ

З проведеного дослідження можна стверджувати, що оперативно отримані дані дозволяють не лише вести профілактичний нагляд за станом здоров'я пацієнта, а й аналізувати отримані показники з після обробки.

Розробка коректно-наповненого інтерфейсу для користувача ІоМТ приладу є основою для його подальшого використання. Використання хмарної платформи не накладає на розробника чи користувача обмеження з технічної точки зору, а використання спеціалізованої хмарної платформи та наявність у ній базових правил та показників не лише спрощує а і пришвидшує процес розробки, та допомагає одразу досягнути стан задачі а також виявити недоліки. Можливість представлення даних як у форматі графів так і їх експортування у зручних для додаткової обробки надає змогу легше та швидше будувати статистичні звіти, прогнози, створювати моделі для машинного навчання.

При виконання Частини було досліджено ринок ІоМТ сервісів, його наповнення та розмаїття. Визначено різновид представлених рішень, специфіку їх використання, та сервісні платформи, що забезпечують технічну та сервісну реалізацію даних рішень.

При розробці проектної частини, з використанням усіх інструментів для виконання дослідження, що були зазначені у вступній частині, та за використанням мозкового штурму та UML моделювання, розроблено моделі, що надалі слугують технічною документацією при розробці проекту.

Надалі було реалізовано поставлене рішення, а саме інтерактивний дашборд, із можливістю реалізації даних у декількох форматах за для подальших модифікацій.

Проведено дослідження на основі отриманих показникових даних пацієнта, для проведення процесів машинного навчання і вибору оптимальної моделі для роботи із медичними даними, що надходять із приладів ІоМТ для дистанційного моніторингу.

У кваліфікаційній роботі магістра розроблено програмний інтерфейс для отримання даних з ІоТ приладу та проведення дослідження із вибором

оптимальних методів машинного навчання для використання у прогностичній аналітиці.

Основні завдання, для досягнення мети було виконано:

1. Аналіз базових принципів роботи IoT систем.
2. Аналіз останніх наукових досліджень та практичних розробок IoT систем.
3. Аналіз існуючих систем IoT рішень для проведення дистанційного моніторингу.
4. Дослідження комунікаційних систем, платформ та технологій для реалізації рішення.
5. Проектування логічних зв'язків системи.
6. Розробка моделі архітектурного рішення відповідно до проекту системи IoT.
7. Налаштування IoT приладу на хмарній платформі.
8. Моделювання та розробка користувацького інтерфейсу.
9. Застосування методів машинного навчання для подальшого виконання предикативної аналітики .

Продуктом наукової новизни у даній магістерській роботі є створений універсальний формат представлення показникових даних з ІоМТ приладу з функцією графічної візуалізації та табличного формату для інтеграції в процеси машинного навчання.

Значення IoT у сфері охорони здоров'я виникає на вимогу обох «сторін» системи: працівників та користувачів. Унікальна можливість спрощення проходження процесів моніторингу базових показників, надає більше ресурсів (матеріальних, часових, людських, тощо) для задіяння у складніших процес, що в результаті підвищує кваліфікацію працівників медичної сфери, фокус фармацевтичних компаній та виробників медичного обладнання на нових

розробках, взяття за звичку постійну увагу до свого здоров'я серед пересічних громадян світу.

Точність, послідовність та надійність - це три ключові елементи ІоМТ, яким завжди надається пріоритет. Тож дана робота несе в собі як практичну так і освітню користь, і може слугувати матеріалом для аналогічних досліджень у даній чи спорідненій предметній області.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина «Словник-довідник з екології» //: навч.-метод. посіб. /— Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 96-97.
2. Світ корпоративних ІТ, ІоТ , 2020 [Electronic resource] - Resource access mode: <http://channel4it.com/publications/Internet-veshchey-25146.html>
3. Г. Арунянц ., Д. Столбовский., А. Калинин «Інформаційні технології в медицині та охороні здоров'я» //: навч.-метод. посіб. /— Ростов: Феникс -2008.
4. Міхеєнко О. І. «Валеологія: Основи індивідуального здоров'я людини» // Університетська книга/ 2009. — 400 с. ISBN 978-966-680-434-4
5. “A Comparative Study on Cloudera, Amazon Web Services and Microsoft Azure” [Electronic resource] - Resource access mode: <https://towardsdatascience.com/a-comparative-study-on-cloudera-amazon-web-services-and-microsoft-azure-32c0b240fb8e>
6. “The Internet of Things” by Samuel Greengard/ Author: Samuel Greengard [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.amazon.in/Internet-Things-Press-Essential-Knowledge/dp/0262527731>
7. Avijit Mathur, Thomas Newe, Walid Elgenaidi, Muzaffar Rao, Elfed Lewis and Daniel Toal «Medical IoT systems: architecture and security» / Published December 2017 • Copyright © IOP Publishing Ltd 2017
8. «Internet of Medical Things: Remote Healthcare Systems and Applications (Internet of Things) 1st ed. 2021 Edition» D. Jude Hemanth , J. Anitha, George A. Tsihrintzis, 2021 [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.amazon.com/Internet-Medical-Things-Healthcare-Applications/dp/3030639363>
9. Jeba Kumar, R. J. S. «Intelligent Transit Healthcare Schema Using Internet of Medical Things (IoMT) Technology for Remote Patient Monitoring» /Pages 17-33/
10. Munnangi, Ashok Kumar«Wearable Smart Devices for Remote Healthcare Monitoring to Detect Cardiac Diseases» /Pages 75-94
11. IoT Signals: Healthcare Spotlight: S U M M A R Y O F R E S E A R C H L E A R N I N G S/ M A R C H 2 0 2 0/ Microsoft [Electronic resource] - Resource access

mode: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/iot-signals-boost-wave-healthcare-spotlight/>

12. «Why Your Organization Should Store Data in the Cloud» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://info.cloudcarib.com/blog/why-you-should-store-data-in-the-cloud>

13. В. С. Білецький «Мала гірнича енциклопедія» // : у 3 т. /. — Д. : Східний видавничий дім, 2013. — Т. 3 : С — Я. — 644 с.

14. . Mike May. “Eight ways machine learning is assisting medicine” Thing //Nature Medicine. 2021. 13 January

15. «Словник української мови: в 11 томах». — Том 10, 1979. — Стор. 61.

16. Jenni A. M. Sidey-Gibbons , Chris J. Sidey-Gibbons. “ Machine learning in medicine: a practical introduction” Thing //Nature Medicine. 2021. 19 March

17. «4 Benefits of Connecting Medical Devices to the Cloud» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.biot-med.com/resources/4-benefits-of-connecting-medical-devices-to-the-cloud>

18. «New Smart Patch Analyzes Sweat to Track Stress by Bruce Brown | November 6, 2020» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://healthtechinsider.com/2020/11/06/new-smart-patch-analyzes-sweat-to-track-stress/>

19. . Kevin Ashton. That “Internet of Things” Thing //RFID Journal. 2009. 22 June.

20. «World Health Statistics» [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.who.int/data/gho/publications/world-health-statistics>

21. “ How IoT Is Transforming Healthcare” [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/03/31/how-iot-is-transforming-healthcare/?sh=4e4101ce67e5>

22. “Omnia Health” [Electronic resource] - Resource access mode: <https://insights.omnia-health.com/technology/iot>

23. “Green IoT for Eco-Friendly and Sustainable Smart Cities: Future Directions and Opportunities” [Electronic resource] - Resource access mode: [https://www.researchgate.net/publication/351696919\\_Green\\_IoT\\_for\\_Eco-](https://www.researchgate.net/publication/351696919_Green_IoT_for_Eco-)

Friendly and Sustainable Smart Cities Future Directions and Opportunities

24. C. Harvey, “ Microsoft Azure”, Datamation, 23-May-2017. [Online]. Available:

<https://www.datamation.com/cloud-computing/microsoft-azure.html>

25. “IoT помогает здравоохранению: 8 примеров со всего мира” [Electronic

resource] - Resource access mode: <http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot->

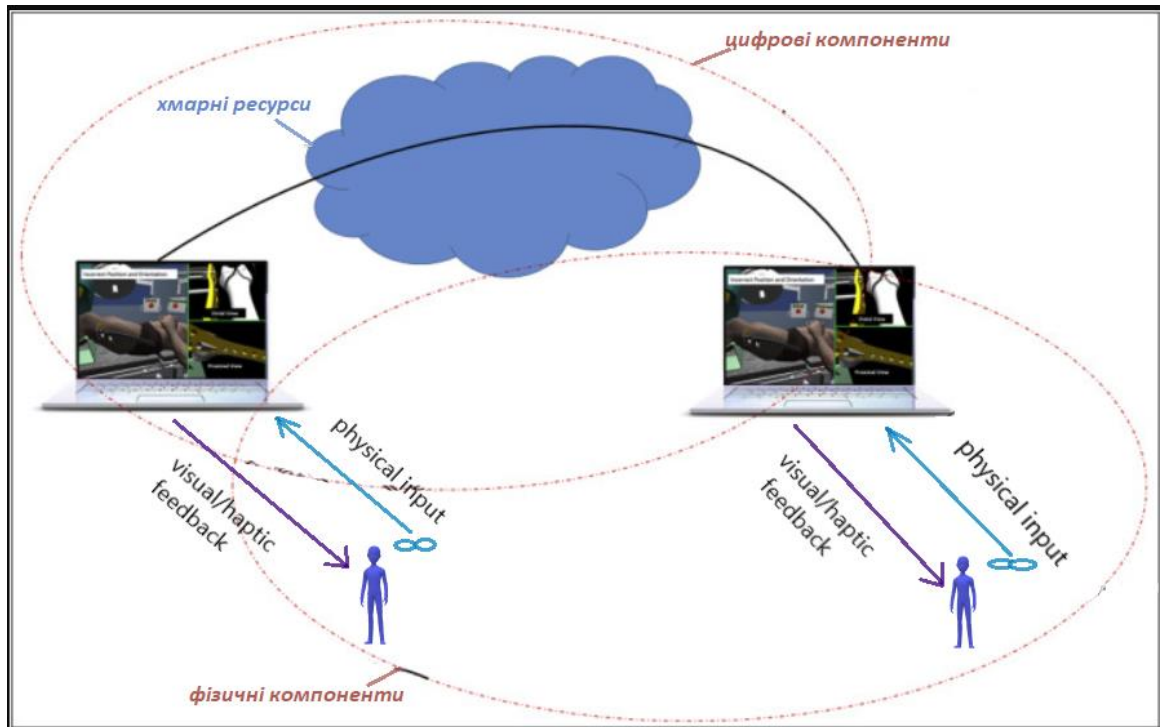
[http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-](http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2/)

[http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-](http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2/)

[http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-](http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2/)

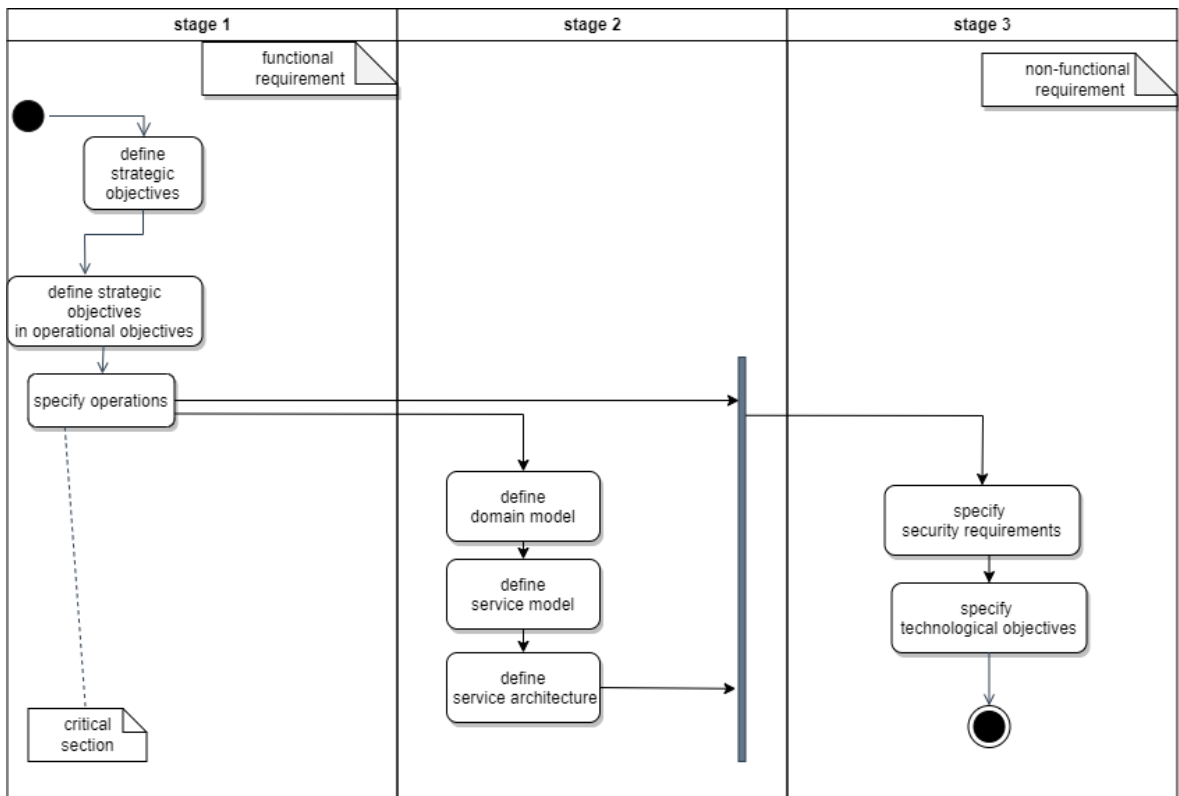
[http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-](http://www.seti.sut.ru/2020/04/25/iot-%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2/)

## Додаток А.



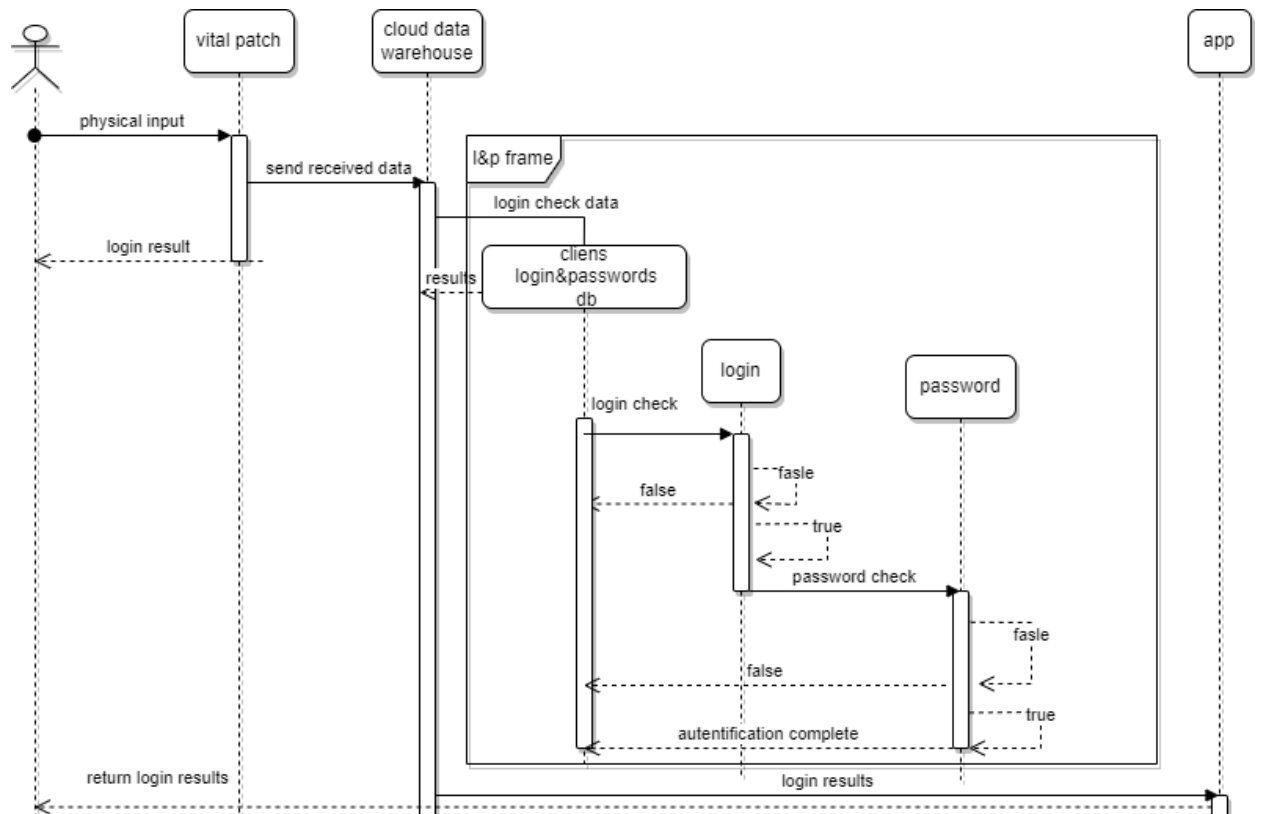
Спрощена діаграма компонентів (джерело розроблено автором)

## Додаток Б.



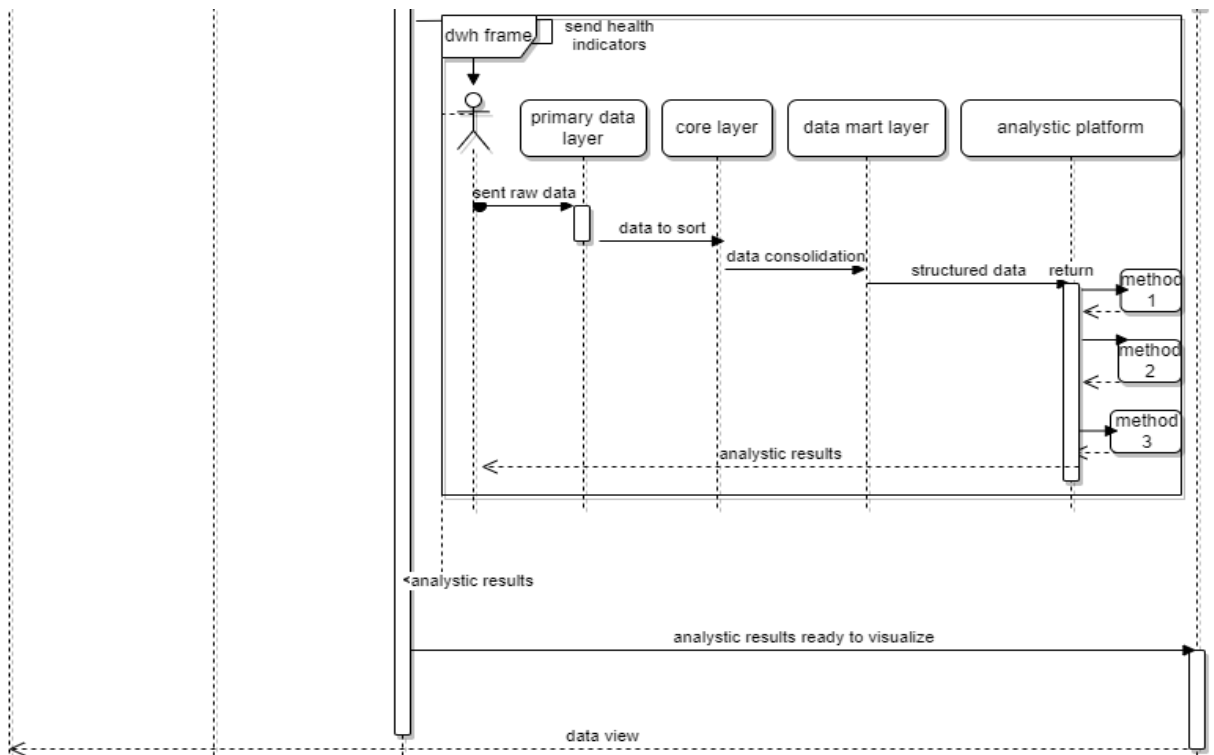
UML-Діаграма діяльності (джерело розроблено автором)

## Додаток В.



UML-Діаграма послідовності (джерело розроблено автором)

## Додаток Г.



UML-Діаграма послідовності (джерело розроблено автором)

## Додаток Д.



Схема передачі даних (джерело розроблено автором)

## Додаток Е.

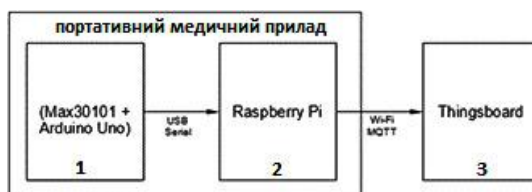


Схема портативного медичного пристрою (джерело розроблено автором)

Примітка до додатку 4:

- 1) сенсорний модуль (мікроконтролер);
- 2) одноплатний комп'ютер;
- 3) платформа IoT для збору, обробки, візуалізації і управління пристроями.

## Додаток Є.

```
# Pandas is a software library written for the Python programming language for data
manipulation and analysis.
import pandas as pd
# NumPy is a library for the Python programming language, adding support for large,
multi-dimensional arrays and matrices, along with a large collection of high-level
mathematical functions to operate on these arrays
import numpy as np
# Matplotlib is a plotting library for python and pyplot gives us a MatLab like
plotting framework. We will use this in our plotter function to plot data.
import matplotlib.pyplot as plt
#Seaborn is a Python data visualization library based on matplotlib. It provides a
high-level interface for drawing attractive and informative statistical graphics
import seaborn as sns
# Preprocessing allows us to standarsize our data
from sklearn import preprocessing
# Allows us to split our data into training and testing data
from sklearn.model_selection import train_test_split
# Allows us to test parameters of classification algorithms and find the best one
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
# Logistic Regression classification algorithm
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
# Support Vector Machine classification algorithm
from sklearn.svm import SVC
# Decision Tree classification algorithm
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
# K Nearest Neighbors classification algorithm
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
```

```

#This function is to plot the confusion matrix.
def plot_confusion_matrix(y,y_predict):
    "this function plots the confusion matrix"
    from sklearn.metrics import confusion_matrix

    cm = confusion_matrix(y, y_predict)
    ax= plt.subplot()
    sns.heatmap(cm, annot=True, ax = ax); #annot=True to annotate cells
    ax.set_xlabel('Predicted labels')
    ax.set_ylabel('True labels')
    ax.set_title('Confusion Matrix');
    ax.xaxis.set_ticklabels(['did not land', 'land']); ax.yaxis.set_ticklabels(['did not
land', 'landed'])

data = pd.read_csv('data_main.csv')
data.head()

data1 = data[['Body temperature', 'Heart rate', 'Systolic', 'Class']]
data1 = data1.dropna(how='any',axis=0)
data1.head()

X = data1
X.shape

transform = preprocessing.StandardScaler()

```

```
X = transform.fit_transform(X)
```

```
Y = data1['Class'].to_numpy()
```

```
Y.shape
```

```
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2,  
random_state=2)
```

```
print('Train set:', X_train.shape, Y_train.shape)
```

```
print('Test set:', X_test.shape, Y_test.shape)
```

```
parameters = {"C": [0.001, 0.01, 0.1], 'penalty': ['l2'], 'solver': ['lbfgs']} # 11 lasso 12 ridge
```

```
lr = LogisticRegression()
```

```
logreg_cv = GridSearchCV(lr, parameters, cv=8)
```

```
logreg_cv.fit(X_train, Y_train)
```

```
print("tuned hyperparameters :(best parameters) ", logreg_cv.best_params_)
```

```
print("accuracy :", logreg_cv.best_score_)
```

```
print("test set accuracy :", logreg_cv.score(X_test, Y_test))
```

```
parameters = {'kernel': ('linear', 'rbf', 'poly', 'rbf', 'sigmoid'),
```

```
               'C': np.logspace(0, 3, 6),
```

```

        'gamma':np.logspace(0, 3, 6)}
svm = SVC()
svm_cv = GridSearchCV(svm,parameters,cv=8)
svm_cv.fit(X_train, Y_train)

print("tuned hpyerparameters :(best parameters) ",svm_cv.best_params_)
print("accuracy :",svm_cv.best_score_)
print("test set accuracy :",svm_cv.score(X_test, Y_test))

```

```

parameters = {'criterion': ['gini', 'entropy'],
              'splitter': ['best', 'random'],
              'max_depth': [n for n in range(1,18)],
              'max_features': ['auto', 'sqrt'],
              'min_samples_leaf': [1, 2, 4],
              'min_samples_split': [2, 5, 18]}

```

```

tree = DecisionTreeClassifier()

```

```

tree_cv = GridSearchCV(tree,parameters,cv=5)
tree_cv.fit(X_train, Y_train)

```

```

print("tuned hpyerparameters :(best parameters) ",tree_cv.best_params_)
print("accuracy :",tree_cv.best_score_)

```

```
print("test set accuracy :",tree_cv.score(X_test, Y_test))
```

```
print('Accuracy for Logistics Regression method:', logreg_cv.score(X_test, Y_test))
```

```
print( 'Accuracy for Support Vector Machine method:', svm_cv.score(X_test,  
Y_test))
```

```
print('Accuracy for Decision tree method:', tree_cv.score(X_test, Y_test))
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
%matplotlib inline
```

```
plt.style.use('ggplot')
```

```
x = ['LR', 'SVM', 'DT', ]
```

```
y = [1.0, 1.0, 0.7]
```

```
x_pos = [i for i, _ in enumerate(x)]
```

```
plt.bar(x_pos, y, color='blue')
```

```
plt.xlabel("Method")
```

```
plt.ylabel("Accuracy")
```

```
plt.title("Accuracy of all methods")
```

```
plt.xticks(x_pos, x)
```

```
plt.show()
```

(джерело розроблено автором)

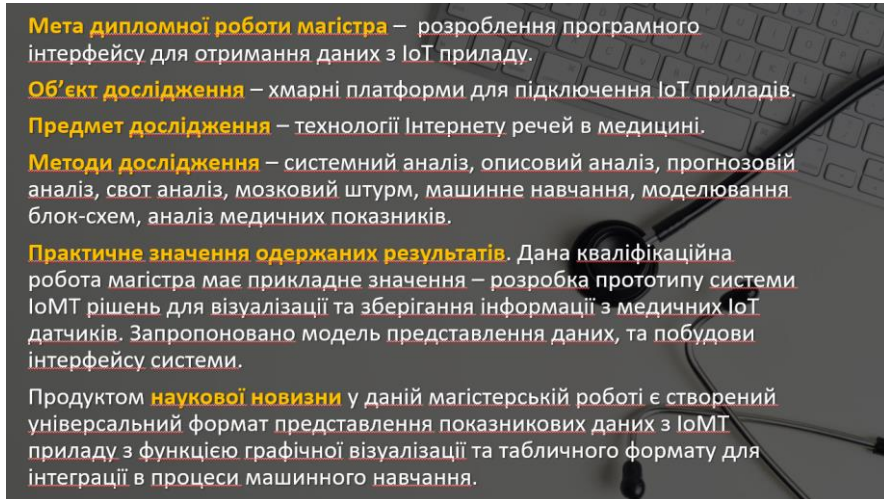
## Додаток Ж.

[https://colab.research.google.com/drive/1IW7NZ1c0XSCDfvIZ1\\_h3vQkifs5GNX15?](https://colab.research.google.com/drive/1IW7NZ1c0XSCDfvIZ1_h3vQkifs5GNX15?usp=sharing)

usp=sharing

(джерело розроблено автором)

## Додаток 3.



РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ  
СУЧАСНОГО  
СТАНУ ІОТ  
РІШЕНЬ ДЛЯ  
ДИСТАНЦІЙНОГО  
МОНІТОРИНГУ  
ПАЦІЄНТІВ

### Області охорони здоров'я пов'язані з IoT.

- 1. Medtech та телемедицина.
- 2. Цифрове медичне обслуговування
- 3. Блокчейн у медицині

### Сфери охорони здоров'я пов'язані з IoT.

- 1. Діагностика.
- 2. Одужання.
- 3. Регулярний догляд
- 4. Профілактика

РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ  
СУЧАСНОГО  
СТАНУ ІОТ  
РІШЕНЬ ДЛЯ  
ДИСТАНЦІЙНОГО  
МОНІТОРИНГУ  
ПАЦІЄНТІВ

Області охорони  
здоров'я пов'язані з ІоТ.

- 1. Medtech та телемедицина.
- 2. Цифрове медичне обслуговування
- 3. Блокчейн у медицині

Сфери охорони  
здоров'я пов'язані з ІоТ.

- 1. Діагностика.
- 2. Одужання.
- 3. Регулярний догляд
- 4. Профілактика

Аналіз хмарних сервісів для роботи з ІоМТ

**AWS**

**Cloudera**

**Microsoft Azure**

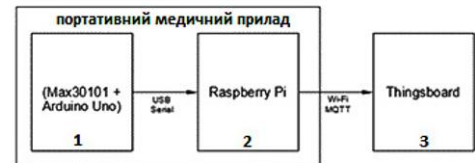
Сервіс	Переваги	Недоліки
AWS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Широкий набір сервісів.</li> <li>2. Плата за використання.</li> <li>3. Надання безкоштовного структурного рівня для розгортання послуг.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низька продуктивність у безперервному завантаженні даних.</li> <li>2. Не підтримує гібридне хмарне середовище.</li> </ol>
Cloudera	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мульти-дисциплінарна аналітика.</li> <li>2. Багатохмарне робоче навантаження.</li> <li>3. Локальне розгортання.</li> <li>4. Сервісна підтримка входить у вартість послуг.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока вартість послуг.</li> <li>2. Орієнтація на корпоративного клієнта.</li> <li>3. Платформа даних для управління хмарними ресурсами, а не окрема хмарна платформа.</li> </ol>
Microsoft Azure	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Широкий вибір сервісів.</li> <li>2. Зручний інтерфейс.</li> <li>3. Плата за використання.</li> <li>4. Доступність аналітичних сервісів.</li> <li>5. Паралельне сховище даних.</li> <li>6. Безкоштовний період використання послуг.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Середня вартість послуг вища ніж в конкурентів.</li> <li>2. «Прив'язка» до політики Microsoft.</li> </ol>

## РОЗДІЛ 2: ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

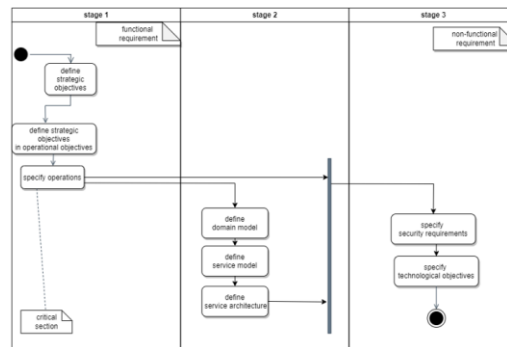
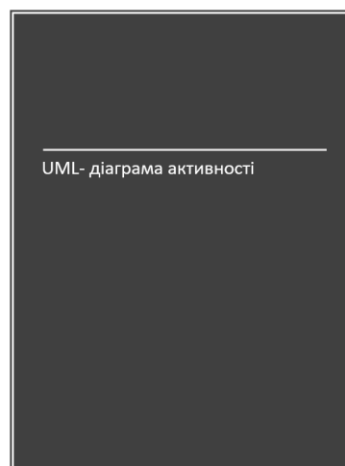
Схема передачі даних



Схема портативного медичного пристрою

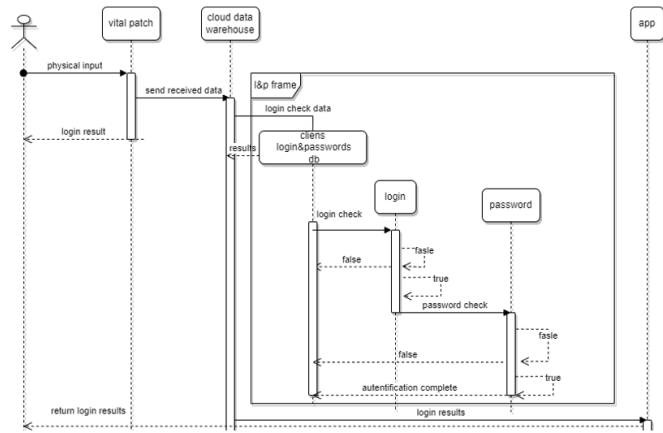


### Додаток А6.

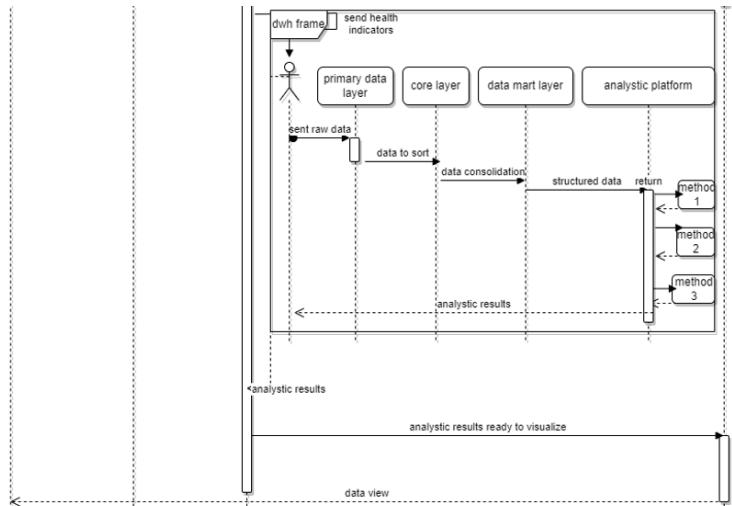


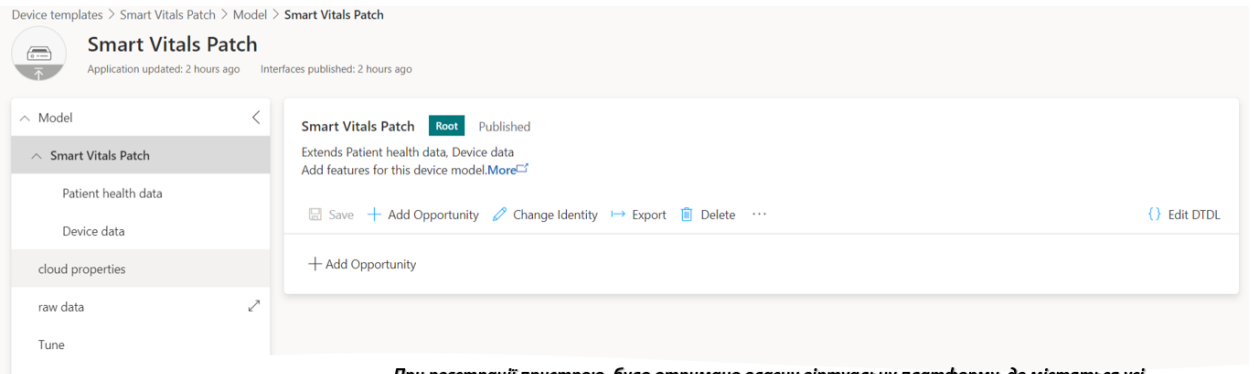
### Додаток А7.

UML-  
Діаграма  
послідовності  
(1)



UML-Діаграма  
послідовності  
(2)



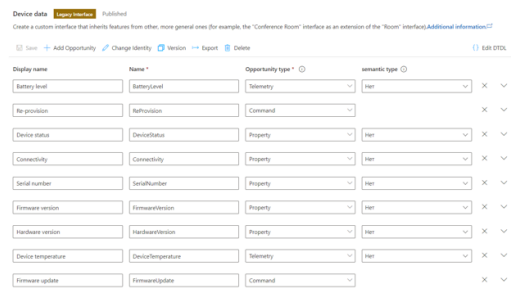
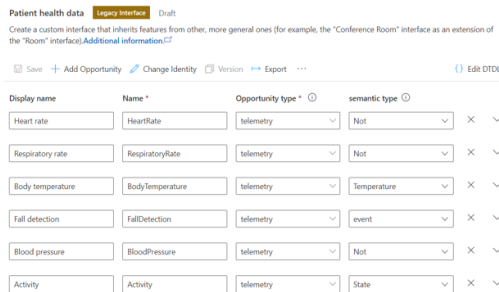


**При реєстрації пристрою, було отримано власну віртуальну платформу, де містяться усі дані щодо Vital Patch, це включає:**

### РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ

- 1) Дошки з різними сценаріями моніторингу (моніторингу у спец-середовищі чи віддалений моніторинг пацієнта).
- 2) Графічне зображення та коротка характеристика Vital Patch.
- 3) Дошка провайдера.
- 4) Географічне розташування провайдера в будівлі (при виборі моніторингу у спец-середовищі).
- 5) Дані щодо зміни показників пацієнта.
- 6) Дані з девайсу.

## Дані пристрою та дані пацієнта



# Перелік показників, отриманих з Vital Patch

Interval ⊙  
 1 minute ▾

▼ telemetry

- Activity Quantity ⚙️ ● ✕
- Heart rate The average ⚙️ ● ✕
- Body temperature The average ⚙️ ● ✕

Setting up a preview device

Select the device that will be checked to see if views are configured correctly to display data. This setting will be applied to all views in this definition.

Not  
 Use a device configured for testing  
 Select on running device

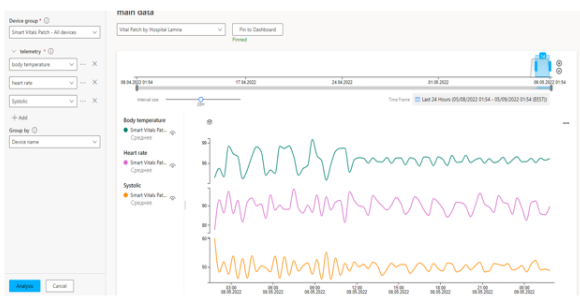
Device instance

Select device instance

Smart Vital Patch - Top0p8502

Apply Cancel

# Результати візуалізації у табличному форматі та вигляді сукупності графів



Data Explorer

Time Frame	Last 24 Hours (05:07:2022 19:25 - 05:06:2022 19:25)
Body temperature Smart Vital Patch - Top0p8502	36.28, 36.41, 36.55, 36.68, 36.82, 36.95, 37.08, 37.22, 37.35, 37.48, 37.62, 37.75, 37.88, 38.02, 38.15, 38.28, 38.42, 38.55, 38.68, 38.82, 38.95, 39.08, 39.22, 39.35, 39.48, 39.62, 39.75, 39.88, 40.02, 40.15, 40.28, 40.42, 40.55, 40.68, 40.82, 40.95, 41.08, 41.22, 41.35, 41.48, 41.62, 41.75, 41.88, 42.02, 42.15, 42.28, 42.42, 42.55, 42.68, 42.82, 42.95, 43.08, 43.22, 43.35, 43.48, 43.62, 43.75, 43.88, 44.02, 44.15, 44.28, 44.42, 44.55, 44.68, 44.82, 44.95, 45.08, 45.22, 45.35, 45.48, 45.62, 45.75, 45.88, 46.02, 46.15, 46.28, 46.42, 46.55, 46.68, 46.82, 46.95, 47.08, 47.22, 47.35, 47.48, 47.62, 47.75, 47.88, 48.02, 48.15, 48.28, 48.42, 48.55, 48.68, 48.82, 48.95, 49.08, 49.22, 49.35, 49.48, 49.62, 49.75, 49.88, 50.02, 50.15, 50.28, 50.42, 50.55, 50.68, 50.82, 50.95, 51.08, 51.22, 51.35, 51.48, 51.62, 51.75, 51.88, 52.02, 52.15, 52.28, 52.42, 52.55, 52.68, 52.82, 52.95, 53.08, 53.22, 53.35, 53.48, 53.62, 53.75, 53.88, 54.02, 54.15, 54.28, 54.42, 54.55, 54.68, 54.82, 54.95, 55.08, 55.22, 55.35, 55.48, 55.62, 55.75, 55.88, 56.02, 56.15, 56.28, 56.42, 56.55, 56.68, 56.82, 56.95, 57.08, 57.22, 57.35, 57.48, 57.62, 57.75, 57.88, 58.02, 58.15, 58.28, 58.42, 58.55, 58.68, 58.82, 58.95, 59.08, 59.22, 59.35, 59.48, 59.62, 59.75, 59.88, 60.02, 60.15, 60.28, 60.42, 60.55, 60.68, 60.82, 60.95, 61.08, 61.22, 61.35, 61.48, 61.62, 61.75, 61.88, 62.02, 62.15, 62.28, 62.42, 62.55, 62.68, 62.82, 62.95, 63.08, 63.22, 63.35, 63.48, 63.62, 63.75, 63.88, 64.02, 64.15, 64.28, 64.42, 64.55, 64.68, 64.82, 64.95, 65.08, 65.22, 65.35, 65.48, 65.62, 65.75, 65.88, 66.02, 66.15, 66.28, 66.42, 66.55, 66.68, 66.82, 66.95, 67.08, 67.22, 67.35, 67.48, 67.62, 67.75, 67.88, 68.02, 68.15, 68.28, 68.42, 68.55, 68.68, 68.82, 68.95, 69.08, 69.22, 69.35, 69.48, 69.62, 69.75, 69.88, 70.02, 70.15, 70.28, 70.42, 70.55, 70.68, 70.82, 70.95, 71.08, 71.22, 71.35, 71.48, 71.62, 71.75, 71.88, 72.02, 72.15, 72.28, 72.42, 72.55, 72.68, 72.82, 72.95, 73.08, 73.22, 73.35, 73.48, 73.62, 73.75, 73.88, 74.02, 74.15, 74.28, 74.42, 74.55, 74.68, 74.82, 74.95, 75.08, 75.22, 75.35, 75.48, 75.62, 75.75, 75.88, 76.02, 76.15, 76.28, 76.42, 76.55, 76.68, 76.82, 76.95, 77.08, 77.22, 77.35, 77.48, 77.62, 77.75, 77.88, 78.02, 78.15, 78.28, 78.42, 78.55, 78.68, 78.82, 78.95, 79.08, 79.22, 79.35, 79.48, 79.62, 79.75, 79.88, 80.02, 80.15, 80.28, 80.42, 80.55, 80.68, 80.82, 80.95, 81.08, 81.22, 81.35, 81.48, 81.62, 81.75, 81.88, 82.02, 82.15, 82.28, 82.42, 82.55, 82.68, 82.82, 82.95, 83.08, 83.22, 83.35, 83.48, 83.62, 83.75, 83.88, 84.02, 84.15, 84.28, 84.42, 84.55, 84.68, 84.82, 84.95, 85.08, 85.22, 85.35, 85.48, 85.62, 85.75, 85.88, 86.02, 86.15, 86.28, 86.42, 86.55, 86.68, 86.82, 86.95, 87.08, 87.22, 87.35, 87.48, 87.62, 87.75, 87.88, 88.02, 88.15, 88.28, 88.42, 88.55, 88.68, 88.82, 88.95, 89.08, 89.22, 89.35, 89.48, 89.62, 89.75, 89.88, 90.02, 90.15, 90.28, 90.42, 90.55, 90.68, 90.82, 90.95, 91.08, 91.22, 91.35, 91.48, 91.62, 91.75, 91.88, 92.02, 92.15, 92.28, 92.42, 92.55, 92.68, 92.82, 92.95, 93.08, 93.22, 93.35, 93.48, 93.62, 93.75, 93.88, 94.02, 94.15, 94.28, 94.42, 94.55, 94.68, 94.82, 94.95, 95.08, 95.22, 95.35, 95.48, 95.62, 95.75, 95.88, 96.02, 96.15, 96.28, 96.42, 96.55, 96.68, 96.82, 96.95, 97.08, 97.22, 97.35, 97.48, 97.62, 97.75, 97.88, 98.02, 98.15, 98.28, 98.42, 98.55, 98.68, 98.82, 98.95, 99.08, 99.22, 99.35, 99.48, 99.62, 99.75, 99.88, 100.02, 100.15, 100.28, 100.42, 100.55, 100.68, 100.82, 100.95, 101.08, 101.22, 101.35, 101.48, 101.62, 101.75, 101.88, 102.02, 102.15, 102.28, 102.42, 102.55, 102.68, 102.82, 102.95, 103.08, 103.22, 103.35, 103.48, 103.62, 103.75, 103.88, 104.02, 104.15, 104.28, 104.42, 104.55, 104.68, 104.82, 104.95, 105.08, 105.22, 105.35, 105.48, 105.62, 105.75, 105.88, 106.02, 106.15, 106.28, 106.42, 106.55, 106.68, 106.82, 106.95, 107.08, 107.22, 107.35, 107.48, 107.62, 107.75, 107.88, 108.02, 108.15, 108.28, 108.42, 108.55, 108.68, 108.82, 108.95, 109.08, 109.22, 109.35, 109.48, 109.62, 109.75, 109.88, 110.02, 110.15, 110.28, 110.42, 110.55, 110.68, 110.82, 110.95, 111.08, 111.22, 111.35, 111.48, 111.62, 111.75, 111.88, 112.02, 112.15, 112.28, 112.42, 112.55, 112.68, 112.82, 112.95, 113.08, 113.22, 113.35, 113.48, 113.62, 113.75, 113.88, 114.02, 114.15, 114.28, 114.42, 114.55, 114.68, 114.82, 114.95, 115.08, 115.22, 115.35, 115.48, 115.62, 115.75, 115.88, 116.02, 116.15, 116.28, 116.42, 116.55, 116.68, 116.82, 116.95, 117.08, 117.22, 117.35, 117.48, 117.62, 117.75, 117.88, 118.02, 118.15, 118.28, 118.42, 118.55, 118.68, 118.82, 118.95, 119.08, 119.22, 119.35, 119.48, 119.62, 119.75, 119.88, 120.02, 120.15, 120.28, 120.42, 120.55, 120.68, 120.82, 120.95, 121.08, 121.22, 121.35, 121.48, 121.62, 121.75, 121.88, 122.02, 122.15, 122.28, 122.42, 122.55, 122.68, 122.82, 122.95, 123.08, 123.22, 123.35, 123.48, 123.62, 123.75, 123.88, 124.02, 124.15, 124.28, 124.42, 124.55, 124.68, 124.82, 124.95, 125.08, 125.22, 125.35, 125.48, 125.62, 125.75, 125.88, 126.02, 126.15, 126.28, 126.42, 126.55, 126.68, 126.82, 126.95, 127.08, 127.22, 127.35, 127.48, 127.62, 127.75, 127.88, 128.02, 128.15, 128.28, 128.42, 128.55, 128.68, 128.82, 128.95, 129.08, 129.22, 129.35, 129.48, 129.62, 129.75, 129.88, 130.02, 130.15, 130.28, 130.42, 130.55, 130.68, 130.82, 130.95, 131.08, 131.22, 131.35, 131.48, 131.62, 131.75, 131.88, 132.02, 132.15, 132.28, 132.42, 132.55, 132.68, 132.82, 132.95, 133.08, 133.22, 133.35, 133.48, 133.62, 133.75, 133.88, 134.02, 134.15, 134.28, 134.42, 134.55, 134.68, 134.82, 134.95, 135.08, 135.22, 135.35, 135.48, 135.62, 135.75, 135.88, 136.02, 136.15, 136.28, 136.42, 136.55, 136.68, 136.82, 136.95, 137.08, 137.22, 137.35, 137.48, 137.62, 137.75, 137.88, 138.02, 138.15, 138.28, 138.42, 138.55, 138.68, 138.82, 138.95, 139.08, 139.22, 139.35, 139.48, 139.62, 139.75, 139.88, 140.02, 140.15, 140.28, 140.42, 140.55, 140.68, 140.82, 140.95, 141.08, 141.22, 141.35, 141.48, 141.62, 141.75, 141.88, 142.02, 142.15, 142.28, 142.42, 142.55, 142.68, 142.82, 142.95, 143.08, 143.22, 143.35, 143.48, 143.62, 143.75, 143.88, 144.02, 144.15, 144.28, 144.42, 144.55, 144.68, 144.82, 144.95, 145.08, 145.22, 145.35, 145.48, 145.62, 145.75, 145.88, 146.02, 146.15, 146.28, 146.42, 146.55, 146.68, 146.82, 146.95, 147.08, 147.22, 147.35, 147.48, 147.62, 147.75, 147.88, 148.02, 148.15, 148.28, 148.42, 148.55, 148.68, 148.82, 148.95, 149.08, 149.22, 149.35, 149.48, 149.62, 149.75, 149.88, 150.02, 150.15, 150.28, 150.42, 150.55, 150.68, 150.82, 150.95, 151.08, 151.22, 151.35, 151.48, 151.62, 151.75, 151.88, 152.02, 152.15, 152.28, 152.42, 152.55, 152.68, 152.82, 152.95, 153.08, 153.22, 153.35, 153.48, 153.62, 153.75, 153.88, 154.02, 154.15, 154.28, 154.42, 154.55, 154.68, 154.82, 154.95, 155.08, 155.22, 155.35, 155.48, 155.62, 155.75, 155.88, 156.02, 156.15, 156.28, 156.42, 156.55, 156.68, 156.82, 156.95, 157.08, 157.22, 157.35, 157.48, 157.62, 157.75, 157.88, 158.02, 158.15, 158.28, 158.42, 158.55, 158.68, 158.82, 158.95, 159.08, 159.22, 159.35, 159.48, 159.62, 159.75, 159.88, 160.02, 160.15, 160.28, 160.42, 160.55, 160.68, 160.82, 160.95, 161.08, 161.22, 161.35, 161.48, 161.62, 161.75, 161.88, 162.02, 162.15, 162.28, 162.42, 162.55, 162.68, 162.82, 162.95, 163.08, 163.22, 163.35, 163.48, 163.62, 163.75, 163.88, 164.02, 164.15, 164.28, 164.42, 164.55, 164.68, 164.82, 164.95, 165.08, 165.22, 165.35, 165.48, 165.62, 165.75, 165.88, 166.02, 166.15, 166.28, 166.42, 166.55, 166.68, 166.82, 166.95, 167.08, 167.22, 167.35, 167.48, 167.62, 167.75, 167.88, 168.02, 168.15, 168.28, 168.42, 168.55, 168.68, 168.82, 168.95, 169.08, 169.22, 169.35, 169.48, 169.62, 169.75, 169.88, 170.02, 170.15, 170.28, 170.42, 170.55, 170.68, 170.82, 170.95, 171.08, 171.22, 171.35, 171.48, 171.62, 171.75, 171.88, 172.02, 172.15, 172.28, 172.42, 172.55, 172.68, 172.82, 172.95, 173.08, 173.22, 173.35, 173.48, 173.62, 173.75, 173.88, 174.02, 174.15, 174.28, 174.42, 174.55, 174.68, 174.82, 174.95, 175.08, 175.22, 175.35, 175.48, 175.62, 175.75, 175.88, 176.02, 176.15, 176.28, 176.42, 176.55, 176.68, 176.82, 176.95, 177.08, 177.22, 177.35, 177.48, 177.62, 177.75, 177.88, 178.02, 178.15, 178.28, 178.42, 178.55, 178.68, 178.82, 178.95, 179.08, 179.22, 179.35, 179.48, 179.62, 179.75, 179.88, 180.02, 180.15, 180.28, 180.42, 180.55, 180.68, 180.82, 180.95, 181.08, 181.22, 181.35, 181.48, 181.62, 181.75, 181.88, 182.02, 182.15, 182.28, 182.42, 182.55, 182.68, 182.82, 182.95, 183.08, 183.22, 183.35, 183.48, 183.62, 183.75, 183.88, 184.02, 184.15, 184.28, 184.42, 184.55, 184.68, 184.82, 184.95, 185.08, 185.22, 185.35, 185.48, 185.62, 185.75, 185.88, 186.02, 186.15, 186.28, 186.42, 186.55, 186.68, 186.82, 186.95, 187.08, 187.22, 187.35, 187.48, 187.62, 187.75, 187.88, 188.02, 188.15, 188.28, 188.42, 188.55, 188.68, 188.82, 188.95, 189.08, 189.22, 189.35, 189.48, 189.62, 189.75, 189.88, 190.02, 190.15, 190.28, 190.42, 190.55, 190.68, 190.82, 190.95, 191.08, 191.22, 191.35, 191.48, 191.62, 191.75, 191.88, 192.02, 192.15, 192.28, 192.42, 192.55, 192.68, 192.82, 192.95, 193.08, 193.22, 193.35, 193.48, 193.62, 193.75, 193.88, 194.02, 194.15, 194.28, 194.42, 194.55, 194.68, 194.82, 194.95, 195.08, 195.22, 195.35, 195.48, 195.62, 195.75, 195.88, 196.02, 196.15, 196.28, 196.42, 196.55, 196.68, 196.82, 196.95, 197.08, 197.22, 197.35, 197.48, 197.62, 197.75, 197.88, 198.02, 198.15, 198.28, 198.42, 198.55, 198.68, 198.82, 198.95, 199.08, 199.22, 199.35, 199.48, 199.62, 199.75, 199.88, 200.02, 200.15, 200.28, 200.42, 200.55, 200.68, 200.82, 200.95, 201.08, 201.22, 201.35, 201.48, 201.62, 201.75, 201.88, 202.02, 202.15, 202.28, 202.42, 202.55, 202.68, 202.82, 202.95, 203.08, 203.22, 203.35, 203.48, 203.62, 203.75, 203.88, 204.02, 204.15, 204.28, 204.42, 204.55, 204.68, 204.82, 204.95, 205.08, 205.22, 205.35, 205.48, 205.62, 205.75, 205.88, 206.02, 206.15, 206.28, 206.42, 206.55, 206.68, 206.82, 206.95, 207.08, 207.22, 207.35, 207.48, 207.62, 207.75, 207.88, 208.02, 208.15, 208.28, 208.42, 208.55, 208.68, 208.82, 208.95, 209.08, 209.22, 209.35, 209.48, 209.62, 209.75, 209.88, 210.02, 210.15, 210.28, 210.42, 210.55, 210.68, 210.82, 210.95, 211.08, 211.22, 211.35, 211.48, 211.62, 211.75, 211.88, 212.02, 212.15, 212.28, 212.42, 212.55, 212.68, 212.82, 212.95, 213.08, 213.22, 213.35, 213.48, 213.62, 213.75, 213.88, 214.02, 214.15, 214.28, 214.42, 214.55, 214.68, 214.82, 214.95, 215.08, 215.22, 215.35, 215.48, 215.62, 215.75, 215.88, 216.02, 216.15, 216.28, 216.42, 216.55, 216.68, 216.82, 216.95, 217.08, 217.22, 217.35, 217.48, 217.62, 217.75, 217.88, 218.02, 218.15, 218.28, 218.42, 218.55, 218.68, 218.82, 218.95, 219.08, 219.22, 219.35, 219.48, 219.62, 219.75, 219.88, 220.02, 220.15, 220.28, 220.42, 220.55, 220.68, 220.82, 220.95, 221.08, 221.22, 221.35, 221.48, 221.62, 221.75, 221.88, 222.02, 222.15, 222.28, 222.42, 222.55, 222.68, 222.82, 222.95, 223.08, 223.22, 223.35, 223.48, 223.62, 223.75, 223.88, 224.02, 224.15, 224.28, 224.42, 224.55, 224.68, 224.82, 224.95, 225.08, 225.22, 225.35, 225.48, 225.62, 225.75, 225.88, 226.02, 226.15, 226.28, 226.42, 226.55, 226.68, 226.82, 226.95, 227.08, 227.22, 227.35, 227.48, 227.62, 227.75, 227.88, 228.02, 228.15, 228.28, 228.42, 228.55, 228.68, 228.82, 228.95, 229.08, 229.22, 229.35, 229.48, 229.62, 229.75, 229.88, 230.02, 230.15, 230.28, 230.42, 230.55, 230.68, 230.82, 230.95, 231.08, 231.22, 231.35, 231.48, 231.62, 231.75, 231.88, 232.02, 232.15, 232.28, 232.42, 232.55, 232.68, 232.82, 232.95, 233.08, 233.22, 233.35, 233.48, 233.62, 233.75, 233.88, 234.02, 234.15, 234.28, 234.42, 234.55, 234.68, 234.82, 234.95, 235.08, 235.22, 235.35, 235.48, 235.62, 235.75, 235.88, 236.02, 236.15, 236.28, 236.42, 236.55, 236.68, 236.82, 236.95, 237.08, 23

**Conditions**  
Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

Telemetry \*  Operator \*  Aggregation \*

Enter value  Choose a value.  
Value \*

---

**Conditions**  
Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

Telemetry \*  Operator \*

---

**Conditions**  
Conditions that determine when the rule is triggered. Aggregation is optional - use it to cluster data and triggers based on time intervals.

Activate the rule if

**Time Aggregation**  
 Off

Telemetry \*  Operator \*

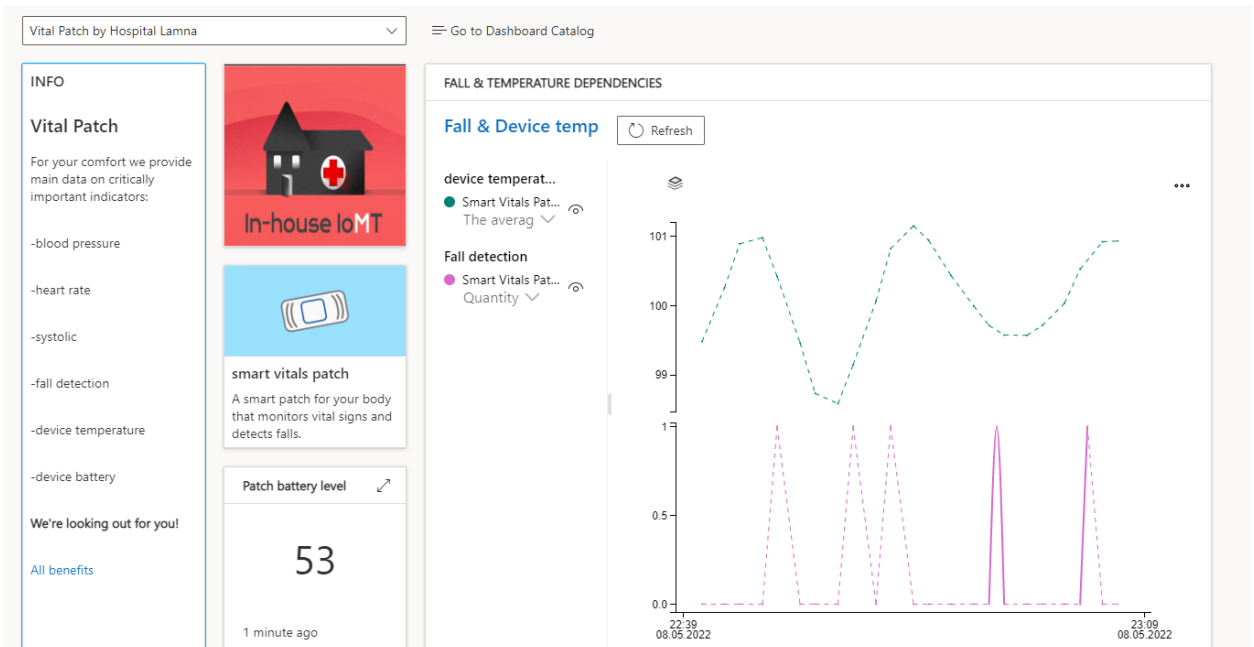
Enter value  Choose a value.  
Value \*

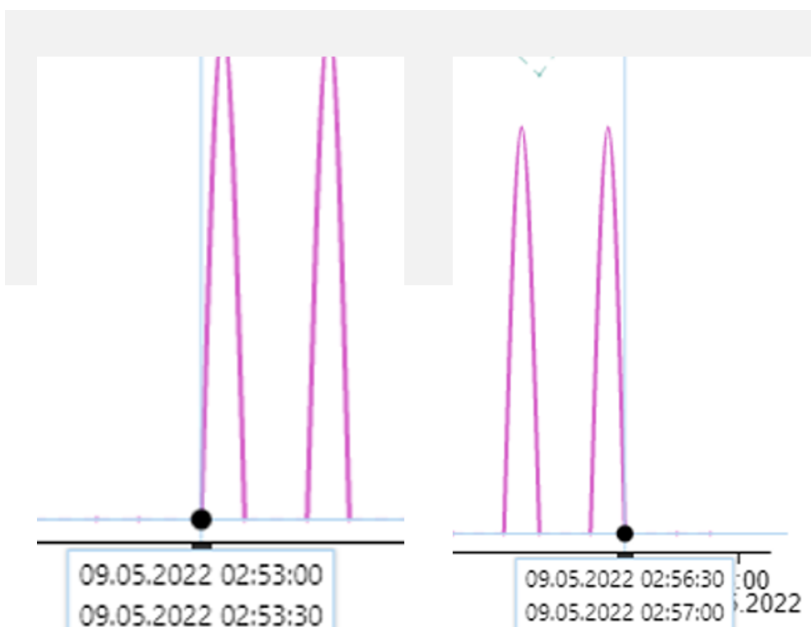
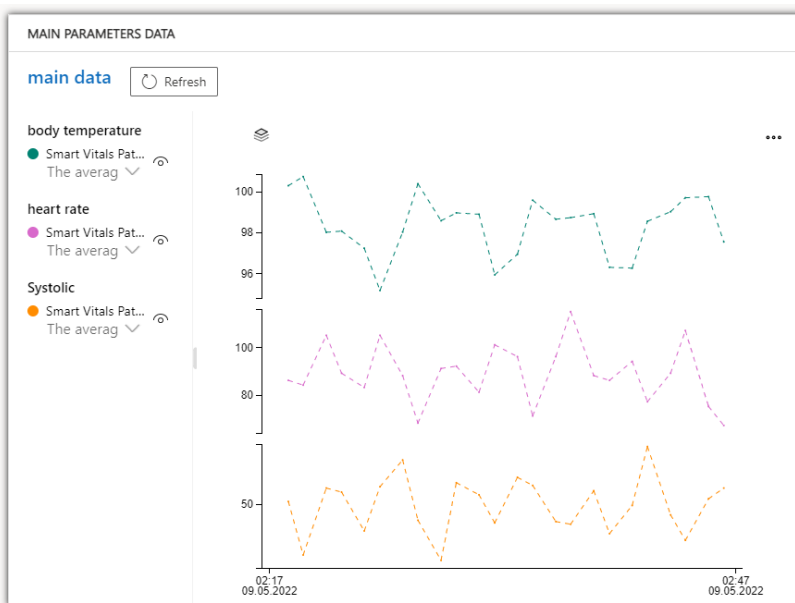
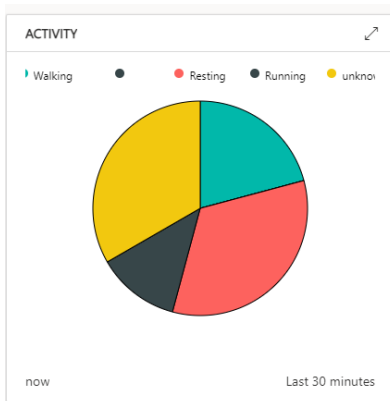
1. Охолодів свій Vital Patch.

Створення правил на випадок неполадок у пристрої, збою показників та незвичної активності.

2. Виявлення падіння (різких рухів).

3. Низький рівень заряду батареї.

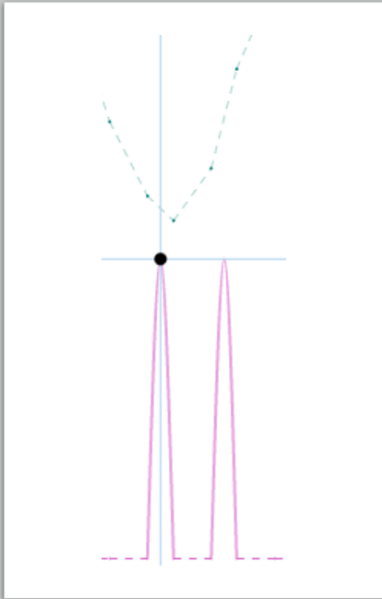




#### РОЗДІЛ 4: Програмна реалізація дистанційного моніторингу

З чого можна стверджувати, що існує залежність між нагріванням Smart Vital Patch та різкими рухами його носія? Що є фактором затвердження даного припущення?

- Для підтвердження чи спростування даного припущення, було проведено описовий аналіз для якого було обрано секцію «FALL & TEMPERATURE DEPENDENCIES» (із основного дашборду).
- Метою аналізу було визначення залежності між нагріванням пристрою та різкими рухами користувача.



За умови різкої активності прилад фіксував різкі рухи частиною тіла (фіолетовим кольором) на якій розміщений прилад з що може свідчити про «ворочення» увісні, з невеликими перервами на сталу позицію близько 45-60 секунд.

Завершення різких рухів носія о 02:57:00 09.05.2022- у цей же час Smart Vital Patch почав нагріватись, оскільки графік температури йде вгору (зеленим кольором).

**Після отримання графіка візуалізації можемо припустити:**

1. Прилад розміщений на активно-рухомій частині тіла носія, що провокує часті передачі попереджень про падіння і надає нечітку картину про загальну активність носія. Рішення: перемістити девайс на не надто рухому частину тіла (наприклад грудна клітина).
2. Визначені виробником критерії падіння у форматі тесту на практиці порівнюють будь-яку активність носія, що вимагає більше рухів чи зміни положення тіла ніж проста ходьба до «критичної активності» та вимагає фіксації.
3. Щодо загального спостереження: носій міг прокинутись та змінювати положення тіла чи мати «інтенсивний сон», що спричинило активну зміну положення тіла.

Було проведено дослідження для вибору оптимального методу машинного навчання, який може використовуватись організацією охорони здоров'я для проведення досліджень або ж організацією постачальником аналітичних сервісів IoT.

- Базу показників було взято з користувацького дашборду у секції «MAIN PARAMETERS DATA» у різні періоди часу: 09.05.2022 02:30:30 та 09.05.2022 04:17:00.
- Показники вивантажено у форматі csv для подальшого аналізу.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Interval, Interval (UTC),Body temperature,Heart rate,Systolic,Class						
2	09.05.2022 04:05,09.05.2022 01:05,96.45634994325472,61,47,0						
3	09.05.2022 02:46,08.05.2022 23:46,97.5340467231544,67,62,0						
4	09.05.2022 02:34,08.05.2022 23:34,99.57189454301245,71,64,0						
5	09.05.2022 03:53,09.05.2022 00:53,100.90159404256232,71,58,0						
5	09.05.2022 02:58,08.05.2022 23:58,96.44186205669612,74,74,0						
7	09.05.2022 02:45,08.05.2022 23:45,99.7450192123358,75,54,0						
3	09.05.2022 04:13,09.05.2022 01:13,96.19674193900823,76,72,0						
3	09.05.2022 02:41,08.05.2022 23:41,98.53932098908922,77,93,0						
0	09.05.2022 03:49,09.05.2022 00:49,97.65582677246333,77,61,0						
1	09.05.2022 02:54,08.05.2022 23:54,98.8312975666864,78,49,0						
2	09.05.2022 02:30,08.05.2022 23:30,98.88342833183418,81,57,0						
3	09.05.2022 04:17,09.05.2022 01:17,99.74828328306472,82,69,0						
4	09.05.2022 04:00,09.05.2022 01:00,100.6819785768142,83,77,0						
5	09.05.2022 03:54,09.05.2022 00:54,97.39947915079571,84,18,0						
6	09.05.2022 03:58,09.05.2022 00:58,95.93870229133927,84,53,0						
7	09.05.2022 04:09,09.05.2022 01:09,99.16572681374119.84.84.0						

1. Спершу було вивантажено та нормалізовано показникові дані data\_main.csv

```
Interval Interval (UTC) Body temperature Heart rate Systolic Class
0 09.05.2022 04:05 09.05.2022 01:05 96.456350 61.0 47.0 0
1 09.05.2022 02:46 08.05.2022 23:46 97.534047 67.0 62.0 0
2 09.05.2022 02:34 08.05.2022 23:34 99.571895 71.0 64.0 0
3 09.05.2022 03:53 09.05.2022 00:53 100.901594 71.0 58.0 0
4 09.05.2022 02:58 08.05.2022 23:58 96.441862 74.0 74.0 0
```

```
data1 = data[['Body temperature', 'Heart rate', 'Systolic', 'Class']]
data1 = data1.dropna(how='any', axis=0)
data1.head()
```

```
Body temperature Heart rate Systolic Class
0 96.456350 61.0 47.0 0
1 97.534047 67.0 62.0 0
2 99.571895 71.0 64.0 0
3 100.901594 71.0 58.0 0
4 96.441862 74.0 74.0 0
```

2. Надалі набір даних було розподілено для тестування та для навчання

```
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2, random_state=2)
print('Train set:', X_train.shape, Y_train.shape)
print('Test set:', X_test.shape, Y_test.shape)
```

```
Train set: (38, 4) (38,)
Test set: (10, 4) (10,)
```

Після розподілу даних – проведено ітераційні процеси машинного навчання DT(Decision tree), SVM (Support vector machines), LR (Logistic regression)

LR:

```
GridSearchCV(cv=8, estimator=SVC(),
             param_grid={'C': array([ 1. , 3.98107171, 15.84893192, 63.09573445,
251.18864315, 1000. ]),
                        'gamma': array([ 1. , 3.98107171, 15.84893192, 63.09573445,
251.18864315, 1000. ]),
                        'kernel': ('linear', 'rbf', 'poly', 'rbf', 'sigmoid')})
```

SVM:

```
tuned hpyerparameters :(best parameters) {'C': 1.0, 'gamma': 1.0, 'kernel': 'linear'}
accuracy : 1.0
test set accuracy : 1.0
```

DT:

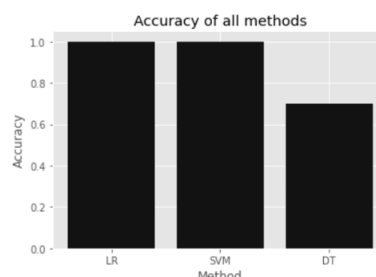

```
print("tuned hpyerparameters :(best parameters) ", tree_cv.best_params_)
print("accuracy :", tree_cv.best_score_)
print("test set accuracy :", tree_cv.score(X_test, Y_test))
```

```
tuned hpyerparameters :(best parameters) {'criterion': 'gini', 'max_depth': 1, 'max_features': 'auto', 'min_samples_leaf': 2, 'min_samples_split': 2, 'splitter': 'random'}
accuracy : 1.0
test set accuracy : 0.7
```

За результатами проведеного дослідження можна стверджувати, що найбільш ефективним методом машинного навчання, який може надалі використовувати компанія – Логістична Регресія (точність 100%) або Метод Опорних Векторів (точність 100%).



Accuracy for Logistics Regression method: 1.0  
Accuracy for Support Vector Machine method: 1.0  
Accuracy for Decision tree method: 0.7

**ВИСНОВКИ**

Під час роботи над кваліфікаційною роботою та по факту її завершення було виконано:

1. Аналіз базових принципів роботи IoT систем.
2. Аналіз останніх наукових досліджень та практичних розробок IoT систем.
3. Аналіз існуючих систем IoT рішень для проведення дистанційного моніторингу.
4. Дослідження комунікаційних систем, платформ та технологій для реалізації рішення.
5. Проектування логічних зв'язків системи.
6. Розробка моделі архітектурного рішення відповідно до проекту системи IoT.
7. Налаштування IoT приладу на хмарній платформі.
8. Моделювання та розробка користувацького інтерфейсу.

Спрощення проходження процесів моніторингу базових показників, надає більше ресурсів (матеріальних, часових, людських, тощо) для задіяння у складніших процесах, що в результаті підвищує кваліфікацію працівників медичної сфери.



Анастасія РЕВУНЕЦЬ. Зміна сприйняття концепції промисловості як результат інформатизації // International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv Pp. 389