

**Міністерство освіти і науки України**  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

---

**Факультет інформаційних технологій**  
**Кафедра мережевих та інтернет технологій**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

завідувач кафедри

мережевих та інтернет технологій

\_\_\_\_\_ Ю.В. Кравченко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**МАГІСТРА**

галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»  
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему:**

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТРИВОЖНОГО СПОВІЩЕННЯ**  
**МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ НА ОСНОВІ ІОТ**

Виконав: студент групи МІТм -21

\_\_\_\_\_ Андрій МОТОРНІЙ \_\_\_\_\_

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Керівник: доцент кафедри мережевих та інтернет технологій

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Наталія ДАХНО \_\_\_\_\_

(науковий ступень, вчене звання, ім'я та  
ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

**Київ 2022**

**Міністерство освіти і науки України**  
**«Київський національний університет імені Тараса Шевченка»**

**Факультет інформаційних технологій**  
**Кафедра мережевих та інтернет технологій**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри  
мережевих та інтернет технологій  
Юрій КРАВЧЕНКО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Здобувачу вищої освіти

Андрій МОТОРНИЙ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема роботи:

Розробка системи тривожного сповіщення медичного персоналу на основі IoT.

затверджена на засіданні кафедри МІТ «31» серпня 2022 р. протокол №1

2. Термін здачі закінченої роботи «05» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Мови програмування: Java, Kotlin, Wiring

Технології, платформи, фреймворки, бібліотеки: ESP-IDF, ESP-ADF, Arduino, MAX30100, IoT, AWS, Eclipse Paho Android Service, MQTT, Android Studio

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх потрібно розробити, обсяг – 70-80 стор.)

Вступ

1. Дослідження методів та засобів моніторингу стану здоров'я людини. Постановка задачі

1.1 Огляд і аналіз існуючих систем та технологій для моніторингу життєвих функцій людини.

1.2 Постановка задачі

2. Розробка моделей та методів для моніторингу здоров'я людини на основі IoT.

2.1. Аналіз існуючих IoT систем, що можуть бути використані для здійснення моніторингу життєвих функцій людини.

2.2. Огляд існуючих серверних та хмарних платформ, що можуть бути використані в проекті.

2.3. Вивчення програмних засобів для створення додатків AppStore та GooglePay.

2.4. Аналіз методів штучного інтелекту та машинного навчання для оцінки життєвих показників людини.

3. Розробка практичних рекомендацій

3.1. Рекомендації до організаційних заходів

3.2. Рекомендації до програмного забезпечення

3.3. Тестування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу 8-10 слайдів

Дата видачі завдання 01.09.2022р.

Керівник роботи

(підпис)

доцент Наталія ДАХНО

(посада, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

Андрій МОТОРНИЙ

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовчий	24.10.2022	
2	Розділ 1	01.11.2022	
3	Розділ 2	15.11.2022	
4	Розділ 3	01.12.2022	
5	Доповідь та слайди	05.12.2021	
6	Пояснювальна записка	05.12.2022	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Андрій МОТОРНИЙ  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Юрій КРАВЧЕНКО  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 с., 12 рис., 0 табл., 0 додатків, 42 посилання.

*Об'єкт дослідження:* система моніторингу на основі протоколу MQTT

*Мета роботи (проекту):* створити систему тривожного сповіщення медичного персоналу

Методи дослідження: системний підхід, методи порівняння, структурний аналіз.

У спеціальній частині дана характеристика технологіям та існуючим системам для виконання роботи.

В роботі проведено аналіз існуючих систем та технологій, існуючих IoT систем, що можуть бути використані для здійснення моніторингу життєвих функцій людини та методів штучного інтелекту та машинного навчання.

Запропоновано систему тривожного сповіщення медичного персоналу

Розроблено систему тривожного сповіщення медичного персоналу.

Практичне значення роботи полягає у покращенні контролю за пацієнтам в медичних закладах.

Результати здійснених у дипломному проекті досліджень можуть бути використані з будь якими IoT пристроями для моніторингу життєвих функцій людини.

Предметом дослідження є протокол MQTT для передачі даних з IoT пристроїв в інтерфейс користувача, датчики, які використовуються для цих задач, та хмарні платформи, які виконують роль посередників.

Наукова новизна дослідження полягає у розробці системи, яка покриває не порушені іншими подібними розробками потреби, має добре сплановану концепцію з оптимальним набором датчиків та підбраною хмарною платформою, та в цілому було збільшено потенційний обсяг користувачів порівняно з аналогами.

Ключові слова:

ТЕХНОЛОГІЯ, СИСТЕМА, ЖИТТЄВІ ПОКАЗНИКИ, IOT, MQTT, WIFI, IDE, AWS, ЧАСТОТА СЕРДЦЕВОГО СКОРОЧЕННЯ, SPO2, ESP32

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	7
1.1 Огляд і аналіз існуючих систем та технологій для моніторингу життєвих функцій людини.....	7
1.2 Постановка задачі .....	23
2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ІОТ .....	24
2.1 Аналіз існуючих ІоТ систем, що можуть бути використані для здійснення моніторингу життєвих функцій людини.....	24
2.2 Огляд існуючих серверних та хмарних платформ, що можуть бути використані в проєкті. ....	34
2.3 Вивчення програмних засобів для створення додатків AppStore та GooglePlay....	55
2.4 Аналіз методів штучного інтелекту та машинного навчання для оцінки життєвих показників людини .....	67
3. РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ .....	71
3.1 Рекомендації до організаційних заходів.....	71
3.2. Рекомендації до програмного забезпечення.....	74
3.3. Тестування .....	75
ВИСНОВОК.....	79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	81

## ВСТУП

Світ не стоїть на місці та постійно рухається вперед. Прошло тридцять років з того часу як Інтернет став загальнодоступним, але така відносна молодість не завадила йому охопити майже весь світ. Для того щоб технології фізичних пристроїв могли йти пліч-о-пліч з людством було створено концепцію Інтернет речей. Вона являє собою масштабну розподілену систему, яка включає в себе велику кількість фізичних об'єктів, зі своїм власним програмним забезпеченням, різними сенсорами та перспективи підключення, які об'єднуються між собою даними та збирали інформацію.

Інтернет речей пов'язані з різними сферами, а одною із важливих та широко охоплюючою сферою є медицина. Предметом огляду цієї сфери являється людина. Це складна система з масою різнорідних процесів. За медичною сферою закріпилась завдання підтримання цієї системи в належному стані. Нові технології не обішли і її.

На сьогоднішній день переносні пристрої та мобільні додатки, охоплюють великий обсяг завдань по моніторингу фізичної активності, симптомів та і в загальному допомагають лікувати та проводити контроль перебігу хвороби. Також, робота цих додатків породжує велику кількість даних для аналітичної обробки для доброї справи. Перспективи опрацювання великих даних значно прискорять темпи еволюції медичної сфери.

Для конкретної задачі по розробці додатку по контролю стану здоров'я, загалом, потрібно розуміти різноманітні набори цінних життєво важливих показників, які формують оціночну характеристику людини як системи.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Огляд і аналіз існуючих систем та технологій для моніторингу життєвих функцій людини

Людина являє собою складну систему, в якій відбувається маса різноманітних процесів. Для успішного та ефективного існування ця система потребує гармонії в усіх своїх процесах. Контроль за цим лежить на плечах сучасних технологій та спеціалістів сфери захисту здоров'я та сфери інформаційних технологій. Для початку потрібно розглянути деякі вимірювані параметри людини. Біосигнали людини можна використовувати для розуміння стану здоров'я та реакції сторонні фактори.

Медична література вказує на різні набори цінних життєво важливих показників, які характеризують процеси в тілі людини, описують їх якість та допомагають виявляти і аналізувати ексцеси. Загалом можна виділити п'ять традиційних життєво важливих ознак, які мають велике значення для вимірювання: частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, частота дихання, насичення крові киснем і температура тіла. Вони, як правило, вважаються важливими для оцінки здоров'я людини, тому слід проводити постійний моніторинг. У сучасній практиці представлено ще декілька життєво важливих показників[1], які важливо час від часу вимірювати або якщо пацієнту загрожує будь-яка небезпека: капнографія та ударний об'єм. Також, слід враховувати як частину звичайного обстеження пацієнта, такі як біль, рівень свідомості та виділення сечі.

Окрім основних медичних параметрів, існують також інші важливі параметри[2], які слід контролювати, щоб оцінити неврологічну функцію, реабілітаційні процедури, поставу, контроль руху та спортивні результати. До таких відносяться потовиділення шкіри та актиграфія.

Одним із найчастіше використовуваних біосигналів у медицині є електрокардіограма (ЕКГ). Це метод графічної реєстрації електричних явищ, які виникають у серцевому м'язі під час його діяльності. Кожен цикл розподілений на зубці та інтервали, де кожен відповідає за конкретну фазу розповсюдження хвилі збудження у міокарді. По суті ЕКГ це запис коливань різниці потенціалів, які виникають у серці під час його збудження.

Показники ЕКГ використовують, щоб проаналізувати серцевий ритм, провести контроль ішемічних змін та щоб прогнозувати для подальшого лікування гострі інфаркти міокарда або коронарні синдроми[3]. Цей аналіз дуже важливий для діагностики серцево-судинних захворювань.

Наступним показником є частота серцевих скорочень(ЧСС) вона є базовою життєвою ознакою, що вимірюється як у сфері хорони здоров'я так і в повсякденному житті, під час відвудівання спортивних комплексів, звичайних прогулянок або сну. Вона являє собою простий моніторинг фізичного стану оснований на змінах в серцевому циклі. Цей параметр є важливим під час фізичних навантажень, щоб мати оцінку та розуміння, як серце реагує на них та на подальший етап відновлення. Також, цей показник може демонструвати психофізичні стани, такі як, стрес або втома [1].

Значущим показником вважається артеріальний тиск (АТ). Це серцево-легеневий параметр, що вказує на кров'яний тиск на артеріальну стінку. Він надає непряму інформацію про кровотік, коли відбувається скорочення та розслаблення серця, ще може відстежувати доставку еритроцитами кисню. На показники АТ впливають серцевий викид, об'єм і в'язкість крові, периферичний опір судин. При амбулаторному спостереженні передбачається вимірювання тиску кілька разів на день. Ці вимірювання потрібні для моніторингу гіпертонії, яка є дуже розповсюдженою загрозою, яка викликає тяжкі захворювання серцево-судинної системи [2,4].

Частота дихання (ЧД) є основним фізіологічним параметром у спостереженні за пацієнтом в амбулаторних умовах. При критичних захворюваннях це один із найбільш чутливих індикаторів [2]. ЧД є найкращим

предиктором несприятливих подій, таких як зупинка серця. Амбулаторний моніторинг частоти дихання важливий для виявлення симптомів респіраторних захворювань [2], таких як синдром апное уві сні, хронічне обструктивне захворювання легень і астма, покращує контроль за лікуванням, якщо це необхідно. Постійний моніторинг цього біосигналу особливо важливий у дітей із захворюваннями легень.

Цей життєво важливий параметр зазвичай розраховується на основі отриманої форми дихальної хвилі, яка відображає зміну об'єму грудної клітки під час вдиху та видиху. Розширення грудної клітини в поєднанні з м'язовими ознаками дозволяє розрахувати дихальне зусилля, вказуючи на різні фізіологічні стани. Дані, які несе в собі ЧД допомагають досягти кращої дихальної продуктивності, особливо для спортсменів[5].

Ще одним цінним життєво важливим параметром є насичення крові киснем ( $SpO_2$ ). Використовуючи принципи оксиметрії, можна оцінити кількість кисню, який переноситься клітинами крові. За допомогою нього виявляють зміни у стані пацієнта, наприклад низький відсоток кисню ( $<95\%$ ) вказує на гіпоксію та спричиняє недостатнє надходження кисню в організм людини[6].

Амбулаторний моніторинг пульсоксиметрії набуває популярності та має особливий інтерес для оцінки аеробної ефективності людини, яка виконує рутинні фізичні вправи. Дослідження оксигенації капілярного русла з м'язів може призвести до максимізації продуктивності спортсмена [7]. Інформація про оксигенацію кінцівок і мозку також важлива у військових і космічних застосуваннях, де зміни сили тяжіння можуть впливати на доставку кисню до цих частин тіла, що призводить до відключення свідомості.

Для деяких людей важливим показником є рівень глюкози в крові (ГК). Він важливий для хворих на цукровий діабет. Щоб боротися з цією хворобою, хворі на цукровий діабет контролюють концентрацію глюкози в крові, вимірюючи рівень ГК, і вводять інсулін, коли це необхідно для підтримки стандартних значень [8].

Фізіологічною ознакою, яка піддається моніторингу є потовиділення шкіри. Вона відображає реакцію людини на життєві ситуації, які можуть викликати неврологічні реакції з боку вегетативної нервової системи (ВНС), стимулюючи збільшення потовиділення шкіри. Ця вологість змінює електропровідність шкіри, дозволяючи виміряти кількість поту, що виділяється потовими залозами, що називається шкірно-гальванічним реагуванням (ШГР). Оскільки ВНС відповідає за контроль інших фізіологічних параметрів, таких як частота серцевих скорочень, дихання та артеріальний тиск, GSR використовувався разом із отриманням деяких із цих сигналів. Наприклад, потовиділення шкіри та варіабельність серцевого ритму можна використовувати для класифікації психічних станів, допомагаючи в розрізненні, а також у виявленні психічного стресу [9].

З потовиділення шкіри можна отримати інформацію про фізіологічний стан суб'єкта через кілька іонів і молекул, які входять до його складу. З цієї причини це чудова біорідина для неінвазивного хімічного визначення патологічних розладів через рівні іонів, що може мати високу користь у клінічному середовищі. Рівні натрію, амонію, кальцію та лактату є показниками електролітного дисбалансу, а також муковісцидозу, остеопорозу, втрати мінералів кісткової тканини та фізичного стресу [9]. Наприклад, фізичний стрес може бути використаний у психофізіологічній оцінці військовослужбовців, які проходять інтенсивну підготовку.

Температура тіла (ТТ) є результатом балансу між виробництвом тепла та втратою тепла в організмі, оскільки її вимірювання є життєво важливим, щоб уникнути дефункціоналізації багатьох елементів через високі температури [7].

ТТ ділиться на два показники: внутрішня температура (ВТ) і температура шкіри. Температура шкіри змінюється в більш широкому діапазоні температур, ніж температура всередині, оскільки механізми терморегуляції тіла регулюють внутрішню температуру. На температуру шкіри впливає кровообіг, а також вона пов'язана з ЧСС і швидкістю метаболізму [10]. Зовнішні фактори, такі як

циркуляція повітря, температура навколишнього середовища та вологість, також відіграють важливу роль у цьому механізмі регуляції температури тіла [10].

Для моніторингу життєво важливих показників використовують різні датчики. Вони об'єднують в собі надійність, компактність та енергоефективність. Моніторинг може проходити стаціонарно, при постійному знаходженні у лікарні під наглядом лікарів, та амбулаторно, без привязки до місця за допомогою носимих пристроїв. Носимі пристрої для здоров'я (WHD) [11] дедалі більше допомагають людям краще контролювати стан свого здоров'я як на рівні фізичної активності для відстеження власного здоров'я, так і на медичному рівні, надаючи лікарям більше даних з потенціалом для ранньої діагностики та призначення оздоровчих процедур. Технологічна революція в мініатюризації електронних пристроїв дозволяє розробляти більш надійні та адаптовані датчики, сприяючи глобальним змінам підходу до моніторингу здоров'я [12]. Доречно буде розглянути методи моніторингу життєвих параметрів згаданих вище.

Датчики для відстежування стану здоров'я – це нова технологія, яка дозволяє безперервно контролювати життєво важливі функції людини протягом повсякденного життя або знаходження в клінічному середовищі. Їх перевага полягає в мінімізації дискомфорту та продовженні користувачем нормальної діяльності при використанні [13]. Сама концепція існує не тільки для вузького кола людей, а й підвищенні інтереса до масового користувача з метою розширення можливостей пацієнтів. Звернення уваги людей до власного здоров'я в сучасній метушні.

Ці пристрої створюють синергію між кількома науковими областями, такими як біомедичні технології, мікро- та нанотехнології, інженерія матеріалів, електронна інженерія та інформаційно-комунікаційні технології [12].

Використання WHD дозволяє амбулаторно отримувати життєво важливі дані під час різних повсякденних дій, забезпечуючи кращу підтримку в медичній діагностиці та допомагаючи у кращому та швидшому відновленні після медичного втручання чи травми. WHD також дуже корисні в спортивних заходах для моніторингу продуктивності спортсмена або навіть для служб швидкого

реагування чи військового персоналу для оцінки та моніторингу реакції свого організму в різних небезпечних ситуаціях і для кращого управління їхніми зусиллями та здоров'ям на роботі.

Сучасні технології та сценарії носимих пристроїв дозволяють класифікувати WHD за трьома аспектами [14] показаними на Рисунку 1.1: сценарій використання; тип моніторингу; і тип користувача.

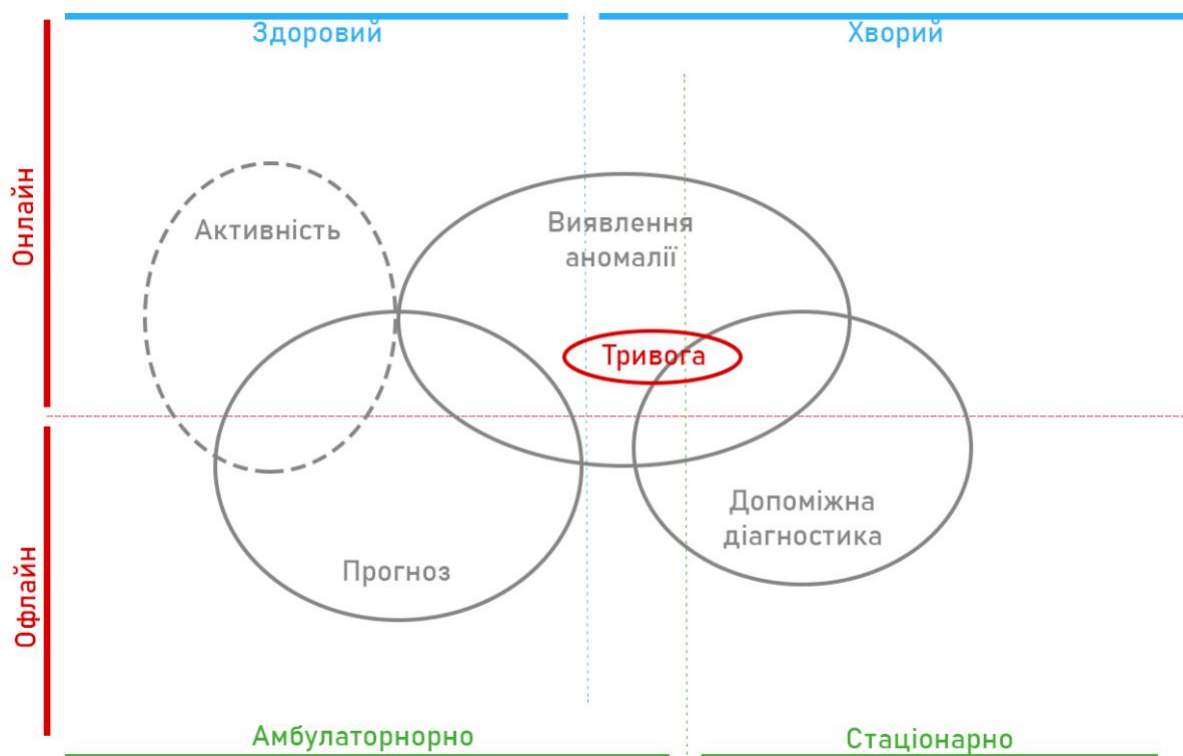


Рисунок 1.1 – Схема основних процесів при аналізі систе моніторингу життєвих функцій

Можна розділити WHD на дві основні сфери, сферу моніторингу активності і медичну сферу. Для моніторингу активності важливим фактором дослідження являється область діяльності, які включають оздоровчі та немедичні програми, самоконтроль і реабілітаційні процедури. У медичній сфері аналіз розширюється до прогнозу, що полягає в ідентифікації подій, які ще не відбулися, надання медичної інформації для запобігання подальшим хронічним проблемам; виявлення аномалій, який відповідає за ідентифікацію незвичайних моделей, які не відповідають очікуваній поведінці, на основі методів класифікації, щоб

відрізнити нормальні дані від даних, що виходять за межі; сигналізація — це підзавдання, яке в основному використовується для виявлення аномалій, викликаючи тривогу, щойно виявлено аномалію; подоміжна діагностики — це одне з найважливіших завдань клінічного моніторингу, результатом якого є прийняття клінічного рішення відповідно до отриманих відомостей про життєво важливі ознаки, даних про стан здоров'я та даних виявлення аномалій.

WHD як спосіб проведення ЕКГ покращує раннє виявлення фібриляції передсердь завдяки довшим безперервним періодам моніторингу порівняно з одноразовими плановими перевірками. На даний час найпопулярніші в експлуатації електроди Ag/AgCl, які використовуються для перетворення іонного струму від серця в електронний струм у металевих дротах. Він сконструйований так та має такі характеристики, що враховує осередки з низькою різницею електричних потенціалів і опром шкіри. Вони є надзвичайно надійні, компактні та релевантні, але не дуже сприятливо впливають на шкіру викликаючи подразнення через вологість та адгезивні властивості. До недоліків можна ще віднести, що з часом гель висихає і якість контакту між електроном і шкірою погіршується. Альтернативою цьому є Холтер [15]. Це пристрій, який значно довше проводить забір даних та порушує нормальний плин повсякденного побуту. Він має електроди, котрі не викликають шкіряних подразнень, але під час вимірів не можна рухатись щоб не порушити процес, в іншому випадку можуть з'явитись артефакти. Для перекриття цих недоліків було створено нову технологію [16] сухих, гнучких, протяжних датчиків, які кріпляться на тіло людини, що робить їх менш придатними для використання поза медичного діагностичного середовища.

Можливість подолати адгезивні властивості полягає в тому, щоб мати сухий електрод без адгезійних властивостей, які придатні для носіння. Такий електрод [17] був розроблений – це носильний, ненав'язливий і зручний для пацієнта датчик, який здатний отримувати сигнали ЕКГ через ізоляцію, таку як тканина, про цю технологію вперше було повідомлено в 1969 році. Носимі електроди вбудовуються в текстильні тканини, де волокно повинно бути електропровідним з низьким струм і низьким опром. Ці типи електродів зазвичай

являють собою пучок звичайної волокнистої нитки, наприклад нейлону, електрохімічно покритого металом або переплетених вуглецевих волокон. Ще одним різновидом ЕКГ-датчиків є безконтактні ємнісні електроди [18]. Ці датчики здатні отримувати дані ЕКГ без прямого контакту зі шкірою, але є більш чутливими до артефактів руху порівняно зі звичайними електродами.

Для вимірювання ЧСС можна легко витягти з сигналів ЕКГ або фотоплетизмографії. Хоча ці дві фізіологічні ознаки мають різну морфологічну інформацію у своїх хвилях і походять з двох різних фізіологічних джерел, вони містять подібну інформацію про частоту серцевих скорочень.

Існують інші способи вимірювання частоти серцевих скорочень, як-от використання інерційних датчиків [19] або балістокардіограмою (БЦЖ). Медичні працівники пропонують пульсовий сигнал як вимірювання частоти серцевих скорочень, яке може його замінити. Це визначається як відчутне ритмічне розширення артерії, спричинене збільшенням об'єму крові, що проштовхується в судину, викликане скороченням і розслабленням серця. Це вимірювання надає більше інформації, ніж ЧСС, таких як сила, амплітуда та регулярність пульсу. Пульсовий сигнал не слід розглядати як частоту серцевих скорочень, і його можна оцінити за принципами пульсоксиметрії, методу, який також використовується для вимірювання насичення крові киснем.

Для вимірювання АТ традиційно використовуються надувні манжети зі стетоскопом на руці пацієнта. Цей метод був адаптований для виконання автономного вимірювання АТ, включаючи повністю автоматизовану надувну манжету, яка вимірює АТ шляхом співвіднесення зовнішнього тиску з величиною пульсації артеріального об'єму. Постійний контроль за допомогою манжети може призвести до небажаних побічних ефектів, таких як порушення сну, подразнення шкіри та підвищення рівня стресу. Для вирішення цієї проблеми розроблено нові технології амбулаторного моніторингу АТ. Один полягає в оцінці АТ на основі інтервалу між двома пульсовими хвилями, отриманою за допомогою фотоплетизмографії (PPG) та ЕКГ, які вимірюються на груднині або за допомогою сигналу PPG, отриманого на зап'ясті [20]. Також, було розроблено нову

методику вимірювання АТ [21], яка також базується на швидкості пульсової хвилі, але з використанням двох мікроелектромеханічних датчиків, розміщених у двох суміжних точках тіла (зап'ясті та шиї). Зовсім недавно було запропоновано експериментальний прототип типу годинника, який використовує датчик тиску поблизу променевої артерії, забезпечуючи точне вимірювання артеріального тиску на персональному смартфоні, переносному пристрої безперервного моніторингу АТ у режимі реального часу.

ЧД важливий параметр, який зазвичай розраховується на основі отриманої форми дихальної хвилі, яка відображає зміну об'єму грудної клітки під час вдиху та видиху. Розширення грудної клітини в поєднанні з м'язовими ознаками дозволяє розрахувати дихальне зусилля, вказуючи на різні фізіологічні стани. На сьогоднішній день для отримання дихальної функції існують три основні методи: еластомерна плетизмографія (ЕП), імпедансна плетизмографія (ІП) і дихальна індуктивна плетизмографія (РІП). Технологія ЕР перетворює коливання струму п'єзоелектричних датчиків у напругу за допомогою еластичного пояса. Існує прототип одягу [22], здатний вимірювати зміни об'єму грудей і живота з високою точністю, використовуючи п'єзорезистивний тканинний датчик. ІП використовує зміни імпедансу поверхні тіла за рахунок розширення та звуження під час дихання. Ця технологія була використана при розробці форменого жилета для солдатів. Принцип технології RIP заснований на дроті петлі зі струмом, який створює магнітне поле, перпендикулярне орієнтації петлі. Варіації об'єму грудної клітки змінюють площу, охоплену петлею, створюючи протилежний пропорційний струм. Крім цих трьох основних методів, інші технології використовуються для отримання форми дихальних хвиль: акселерометри; витягнутий із сигналу ЕКГ; отримані з пульсоксиметрії; датчики на полімерній основі; оптичні волокна; та ін.

Зовсім недавно RR було виміряно з використанням полімеру під назвою Polypower [23]. Цей діелектрично активний полімер (DEAP) комерційно виробляється як Polypower і змінює своє електричне загасання при розтягуванні в одному напрямку. До появи цього типу полімерів датчики розтяжної деформації в

основному базувалися на рідких металах, таких як ртуть або галій-індій, які були небезпечним матеріалом у разі витоку металу через можливе пошкодження упаковки. Полімерні датчики розтяжних деформацій дозволяють отримувати електричні зміни без використання цих небезпечних рідких металів.

Щоб виміряти  $SpO_2$  використовуються технології фотоплетизмографії (PPG) і принципів пульсоксиметрії. Метод PPG дозволяє отримати форму хвилі варіації кровоносних судин, і при вимірюванні з використанням двох довжин хвиль можна оцінити насичення крові киснем. Це пов'язано зі зміною спектра поглинання гемоглобіну, коли він зв'язується з киснем. Використовуючи принципи оксиметрії, можна оцінити кількість кисню, який переноситься клітинами крові.

Існує кілька неінвазивних технологій для вимірювання насичення крові киснем, які можна застосувати до переносних пристроїв, але PPG виділяється тим, що дуже популярний у медичному середовищі. Найбільш використовуваним місцем для визначення рівня насичення крові киснем і найчастіше використовується в умовах клініки вимірювання на пальці. Кільцеві датчики PPG знаходяться на стадії розробки через їх більшу зручність у носінні та легку адаптацію. Завдяки мобільним зв'язкам ці датчики створюють набагато більш незалежний і переносний пристрій. Також можна використовувати мочку вуха, і нещодавнє дослідження представило дуже маленький чіп, здатний вимірювати насичення крові киснем. Вже розроблено датчики PPG [24], які розміщуються на лобі та використовуються для вимірювання оксигенації мозку. Останні розробки дозволяють регулювати параметри датчика PPG для уточнення глибини вимірювання тканини, покращуючи його функціональність для клінічних застосувань.

Щодо текстильної технології, було розроблено декілька підходів, щоб спробувати застосувати датчики PPG у цій галузі. Одним із підходів є інтеграція гнучких пластикових смужок в тканину [25], що містять дві світлодіодні смужки та дві фотодіодні смужки, з мідними дротами в текстилі для проведення сигналу в текстильному волокні. Інший підхід полягає у використанні оптичних волокон,

вишитих на текстилі. Було розроблено нову текстильну технологію, здатну аналізувати різні глибини тканин, де як джерело світла, так і детектори виготовлені з використанням оптичних волокон.

Найбільш використовуваним методом оцінки концентрації ГК є забір зразка крові шляхом уколу пальця ланцетом. Було докладено багато зусиль, щоб запобігти уколюванню пальців, і в результаті було розроблено та вже є на ринку кілька пристроїв, призначених для безперервного вимірювання рівнів глюкози в крові за допомогою інвазивних методів. Деякими прикладами є пристрій безперервного моніторингу рівня глюкози Medtronic (CGM), який здатний вимірювати рівні глюкози за допомогою клейкого пластиру з голкою, надсилаючи дані бездротовим способом до переносної інсулінової помпи для вивільнення інсуліну в організм людини; Dexcom, Inc. має пристрій під назвою Dexcom G4 Platinum також як пластир із голкою для вимірювання рівня глюкози в крові та здатний надсилати дані бездротовим способом на мобільний пристрій. Dexcom стала першою компанією, яка отримала схвалення FDA перед продажем свого мобільного додатку для підтримки безперервного моніторингу. Він може відображати дані з їх G4 Platinum CGM System, системи для вимірювання ГК за допомогою голки з датчиком, вставленим прямо під шкіру [26].

Для вимірювання без прямого втручання в організм людини при вимірюванні ГК, були розроблені неінвазивні методи для покращення безперервного контролю та підвищення ефективності лікування діабету під час щоденної діяльності. Одним із перших комерційних переносних пристроїв для безперервного моніторингу рівня глюкози в крові був GlucoWatch [27], який вимірював рівень глюкози кожні 20 хвилин протягом 12 годин через шкіру за допомогою зворотного іонофорезу. У 2007 році він був припинений через ефект подразнення шкіри. З тих пір були розроблені інші неінвазивні методи, такі як: біоімпедансна спектроскопія, нежиттєздатна техніка для безперервного моніторингу через низьку надійність і вимоги до збору, коли користувач повинен відпочити 60 хвилин перед вимірюваннями; електромагнітне зондування з недоліком сильного впливу температури; спектроскопія

я середнього та ближнього інфрачервоного діапазону є можливими технологіями, але створює кілька перешкод, як-от слабе проникнення та кореляція зчитування відповідно; Вимірювання ГК за допомогою ока, технологія, яка вже використовується Google для розробки прототипу, який було передано FDA для ранніх незалежних клінічних випробувань; Ультразвук має високу чутливість, але з деякими перешкодами від біологічних сполук. Ці технології вже використовувалися в розробці кількох неінвазивних переносних пристроїв моніторингу ГК, таких як EyeSense і SCOUT[27]. У деяких із цих пристроїв також є датчики температури, датчики потовиділення шкіри та датчики актиграфії для прогнозування витрат енергії, допомагаючи в оцінці інсуліну, який суб'єктам потрібно ввести. У цій галузі все ще існує кілька проблем і бар'єрів, що призводить до постійних зусиль багатьох дослідницьких груп для розробки нових технологій, щоб отримати стабільний, надійний, зручний і економічний носимий пристрій безперервного моніторингу. Однією з цих труднощів є затримка часу між концентрацією глюкози в крові між фактичним рівнем глюкози в крові та виміряним в інтерстиціальній рідині, що може призвести до менш надійної оцінки дози інсуліну.

Для моніторингу потовиділення шкіри існує епідермальні датчики, який має комфортний контакт між поверхнею електродів і біорідиною, як еластомерні штампи для друку електродів безпосередньо на епідермісі людини для постійного моніторингу та датчики на основі тканини/гнучкого пластику, найбільш використовувани, мають головну перевагу постійного контакту з великою площею поверхні шкіри. Їх можна вставити в тканину або надрукувати на ній за допомогою трафаретного друку, отримуючи конкретні вимірювання, такі як рН і концентрація іонів, таких як  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  і  $\text{Cl}^-$ .

Нещодавно представили новий датчик для безперервного вимірювання GSR [28] з високою зносостійкістю та зручністю використання на різноманітних тканинах. Він маленький, гнучкий, а поверхня виготовлена з сухого пінополімерного електрода для підтримки стабільного контакту зі шкірою. Також розробляється інша технологія заснована на мікрофлюїдному аналізі поту. Її

використовують з мікроконтролером і модулем Bluetooth для постійного моніторингу потовиділення шкіри. Недавно розробили епідермальний потовий пластир з мікрофлюїдними каналами, здатними контролювати швидкість потовиділення, і використовують біомаркери для моніторингу рівнів лактату, хлориду, рН і глюкози.

Вимірювання насичення крові киснем за допомогою пульсоксиметрії є широко використовуваним методом доступу до артеріальної оксигенації, але не є хорошим методом для оцінки вентиляції легень. Капнографія є неінвазивним і економічно ефективним методом оцінки вентиляції людини, що вказує на рівень монооксиду вуглецю, присутній у дихальному циклі, дуже корисний для уникнення клінічних проблем і забезпечення безпеки пацієнтів [1].

Капнографія постійно вимірює вдихуваний і видихуваний парціальний тиск вуглекислого газу у дихальних газах, звідки можна зробити оцінку парціального тиску  $\text{CO}_2$  в артеріальній крові. Це вимірювання здійснюється за допомогою захоплення повітря прямо під носом, звідки воно надходить до капнографічного пристрою для кількісного визначення газу  $\text{CO}_2$ , отримання характерної форми хвилі, за якою також можна отримати частоту дихання.

Недавнє дослідження [29] показує високу кореляцію захворюваності та смертності з недостатнім використанням капнографії у відділеннях інтенсивної терапії. Вчений з Гарвардської медичної школи назвав кілька причин, щоб пояснити, чому капнографію слід вважати рутинним монітором, підкреслюючи, що цей метод можна використовувати як орієнтир для визначення швидкості метаболізму або як важливий допоміжний засіб для моніторингу цілісності дихальних шляхів, серцевий викид і вентиляція.

Капнографія в основному використовується поза клінічним середовищем для моніторингу синдрому апное сну. Зазвичай цей розлад діагностується та контролюється за допомогою полісомнографії або серцево-респіраторної поліграфії. Безперервний моніторинг можливий завдяки портативним і носимим пристроям, таким як MediByte від Braebon Medical Company, які можна використовувати вдома.

Капнографія стає поширеною життєво важливою ознакою на портативних пристроях і допомагає тим, хто надає першу допомогу, приймати життєво важливі рішення.

Були розроблені різні переносні системи для вимірювання температури, наприклад, схожі пластирі точні температурні датчики або переносні клейкі пристрої для безперервного вимірювання температури. Останнім прикладом є багаторазовий бездротовий епідермальний датчик температури [30] — RFID-термометр без батареї, який виявляється перспективним пристроєм для оцінки КТ.

Вимірювання КТ за допомогою неінвазивних методів, таких як визначення частоти серцевих скорочень і температури шкіри, все ще залишається проблемою. В основному це пов'язано із зовнішніми факторами, які можуть впливати на фізіологічні ознаки, що ускладнює пряму кореляцію між цими змінними, яка залежить лише від фізіологічних механізмів терморегуляції людини. Було представлено алгоритм оцінки КТ на основі частоти слуху та температури шкіри, який, згідно з дослідженням авторів, може оцінювати КТ у реальному часі з високим рівнем точності.

Золотим стандартом для КТ-вимірів сьогодні все ще залишається ректальна температура [10], і хоча інші методи, як-от телеметрична таблетка, забезпечують кращу зручність використання, вони стикаються з технічними проблемами, які впливають на КТ-вимірювання. Наприклад, на вимірювання телеметричних пігулок сильно впливає вживання гарячих або холодних рідин.

Оцінка рухів тіла людини має кілька застосувань у медичній реабілітації, оцінці постави та спортивних результатах. Аналіз руху широко використовується в актіграфії, методі моніторингу для оцінки циклів відпочинку та активності людини, що дозволяє отримати уявлення про розпорядок щоденної діяльності. У медичній реабілітації важливо стежити за рухливістю, у специфічних терапевтичних вправах, щоб оцінити рухи та допомогти у вдосконаленні техніки вправ, максимально сприяючи одужанню пацієнтів [12].

WHD із належними датчиками може надавати вказівки та зворотній зв'язок пацієнту та генерувати попередження на основі фізіологічного стану пацієнта. Легенева реабілітація також може бути включена в цей тип моніторингу, допомагаючи пацієнту завершити програму реабілітації фізичної активності. Постава також є важливим фактором, який викликає особливий інтерес у пацієнтів, які перенесли операцію на кульшовому суглобі. М'язова активність може бути придбаною та пов'язаною з руховими функціональними завданнями. Оцінка руху та м'язової активності, які використовуються в спортивних заняттях, дозволяють отримати доступ до фізіологічних сигналів, кінематики тіла та втоми під час вправ, що сприяє покращенню продуктивності користувача.

Для вимірювання рухів тіла кілька датчиків можуть бути вбудовані в текстильні WHD або в портативні пристрої, такі як інерційні датчики, електроди для електроміографії, датчики сили взуття і навіть стимулятори.

Щоб отримати дані про місцезнаходження та відстань, до пристрою також можна додати GPS. Можна виміряти складні моделі рухів тіла, поєднавши ці датчики разом із тканиною WHD, оцінюючи більшу кількість рухів тіла людини. Найкращий спосіб отримати достовірні дані про пересування людини – використання тісного одягу. Щоб окреслити це та спробувати отримати достовірні дані, використовуючи звичайний одяг, проводяться деякі дослідження, щоб спробувати видалити артефакти руху, що дозволяє використовувати інерційні датчики в повсякденному одязі.

Стрімко розвивається сфера серцевих пристроїв та покращується можливість довгострокового спостереження для покращення якостей експлуатації користувачів та доглядом за ними. В основному це імплантовані кардіостимулятори, кардіовертери-дефібрилятори та системи серцевої ресинхронізаційної терапії. Дистанційний моніторинг цих пристроїв зведе до мінімуму потребу доглядальників у деяких ситуаціях, дозволяючи раннє виявлення несприятливих подій і оперативні коригувальні заходи, одержуючи доступ до актуальної інформації, що зберігається в пам'яті

пристрою. Впровадження нових комунікаційних технологій забезпечить щоденний, дистанційний, бездротовий, незалежний від користувача амбулаторний моніторинг медичних і технічних даних.

## 1.2 Постановка задачі

Для постановки задачі потрібно змодельовати ситуацію, при якій у хворого є датчик або декілька, які відстежують його стан здоров'я. Потрібно розглянути можливі параметри для вимірювання та підібрати відповідні датчики. Також, необхідно розглянути та обрати хмарні сервіси для виконання даної роботи. Варто, також, дослідити засоби для розробки додатку та уже існуючі аналоги. Під кінець, потрібно розпланувати, подальші дії із зібраними даними та методами їх обробки.

При створенні проекту буде використано датчик під'єднаний до модуля IoT. Сам модуль повинен мати можливість під'єднуватись до WiFi та передавати повідомлення у хмару. Для реалізації проекту потрібно розробити мобільний додаток, який з'єднується з хмарою та працює за протоколом MQTT. Також, важливим є можливість обробки push-повідомлень за тривожними ситуаціями.

## **2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ІОТ**

### **2.1 Аналіз існуючих IoT систем, що можуть бути використані для здійснення моніторингу життєвих функцій людини**

Для систем на основі IoT необхідно вимірювати життєво важливі показники організму, включаючи температуру тіла, частоту серцевих скорочень, ЕКГ, рівень SpO<sub>2</sub>, артеріальний тиск і рівень глюкози пацієнтів. Тепер мобільні додатки та переносні пристрої, забезпечують моніторинг симптомів, фізичної активності, медичну освіту, в сукупності допомагають в лікуванні хвороб і узгодженому догляді. Аналітичні програмні додатки можуть значно покращити інтерпретацію даних і мінімізувати час, зменшуючи необхідні для повторного збирання дані. Перспективи вивчення великих даних призведуть до електронної еволюції в медичній дисципліні, бізнес-процедурах і оптимізації часу. Оскільки кількість старіючого населення в усьому світі зростає, було б життєво важливо покращити розуміння та інтерпретацію даних про здоров'я та благополуччя, звести до мінімуму хронічні захворювання, а також покращити розумові здібності, покращити психічне здоров'я та спосіб життя. Хоча неможливо перерахувати всі системи IoT для охорони здоров'я, можна розглянути деякі з них. Переглядаючи наукову літературу, а також деякі комерційні ресурси, стає очевидним, що IoT незабаром відіграватиме помітну роль у лікуванні онкологічних захворювань, процедурах самооцінки пацієнтів, доставці ліків і моніторингу прихильності, перебільшенні лікування гострих станів і психічного здоров'я.

В останні роки спостерігається зростання популярності використання датчиків IoT для вимірювання життєво важливих показників людського організму. Але це відбувається в конкретних країнах, а у більшості країн, що розвиваються, медичне обслуговування не є адекватним, і не пріоритетне медичне обслуговування. Охорона здоров'я є недоступною, наприклад, в сільській

місцевості через брак фінансування та інфраструктури. Тому люди, які живуть у віддалених частинах своєї країни, страждають від відсутності оперативного медичного обслуговування. В даний час зростає кількість пацієнтів з такими хронічними захворюваннями, як гіпертонія, цукровий діабет, хвороби серця, хронічне обструктивне захворювання легень та інші [31]. Щороку в усьому світі помирає багато пацієнтів із хронічними захворюваннями. Постійний моніторинг життєво важливих фізіологічних параметрів цих пацієнтів має вирішальне значення. У цьому випадку життєво важливу роль може відіграти система моніторингу пацієнтів у реальному часі на основі IoT.

У віддалених від міста територіях є велика кількість хворих, які потребують регулярного контролю за станом здоров'я. А пацієнтам або лікарям доводиться долати великі відстані та проходити дорогі медичні тести, щоб стежити за своїм здоров'ям. Таким чином, наразі проблема полягає в тому, що негайний доступ до медичної допомоги недоступний для всіх. Таким чином, існує величезна потреба у виробництві дешевого бездротового портативного монітора здоров'я, який усуне географічну перешкоду та зробить медичні тести доступними для всіх у країні, таким чином покращуючи віртуальний контакт між лікарями та пацієнтами.

Спарш і Агарвал описали подальшу систему перевірки самопочуття для збору значень артеріального тиску від пацієнтів за допомогою мобільного телефону [32]. Значення, записані на універсальних телефонах, надаються та показуються спеціалістам або опікунам через мережевий інтерфейс у рамках. Фахівці можуть перевіряти та спостерігати за станом пацієнта через додаток та надавати вхідну інформацію віддалено на постійній основі. Автори описали систему моніторингу тиску для дистанційних пацієнтів за допомогою мобільного телефону та веб-інтерфейсу. Мін Фам та ін. продемонстрували хмарне домашнє середовище під назвою CoSHE для домашнього медичного приладу, що носить, приватної хмари та роботів-консультантів [33]. Структура CoSHE збирає фізіологічні, рухові та звукові сигнали від інтенсивних неінвазивних переносних датчиків мешканців і, таким чином, надає дані про повсякденну діяльність.

Вичерпна інформація про самопочуття надається особам, які здійснюють догляд, через веб-додаток, побудований на хмарному сервері системи. Крім того, структура містить додаток для спостереження за гідратацією для постійного спостереження за рівнями використання води та щоденними потребами в рідині. Спостереження за гідратацією здійснюється шляхом використання акустичної інформації, зібраної з підсилювачів, і налаштувань руху тіла, визначених акселерометром смарт-годинника всередині системи. Ерен Демір продемонстрував ефективну структуру внутрішніх координат, яка працює на робочій системі Android для підтримки життя людей із деменцією [34]. План інфраструктури дозволяє збирати, записувати та передавати інформацію через хмарні програми. Структура включає сім типів датчиків для визначення положення людини, незалежно від того, чи вона стоїть або сидить. Крім того, датчики нагадують або попереджають користувача, якщо він не помічає виконання певного доручення. У систему додатково введено перемикач, який визначає, увімкнено чи вимкнено світло. Структура також окреслена, щоб розрізняти вправи пацієнтів і надсилати інформацію спеціалісту або опікуну. Інформація відновлюється з різноманітних датчиків, розміщених у певних місцях усередині будинку для обробки. Дана схема зображена на Рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема системи для підтримки життя похилих людей або нездатних повноцінно контролювати свій життєвий процес осіб

Кашіф та ін. створили розумну національну структуру, засновану на інноваціях даних і зв'язку для людей похилого віку, використовуючи систему Android [35]. Автори запропонували систему моніторингу пацієнтів з використанням IoT. Вона передбачає вимірює ЕКГ пацієнтів за допомогою датчика ЕКГ, а потім дані обробляються за допомогою Raspberry Pi. Дані ЕКГ після обробки зберігаються в хмарі IoT. Також було використано датчики температури для вимірювання температури тіла пацієнтів. Система має вбудовану функцію відпраки SMS для надсилання повідомлень опікунам у разі будь-якої надзвичайної ситуації. Однак ця система має лише два датчики, і вона не має жодних мобільних чи веб-додатків для дистанційного моніторингу пацієнтів. Ное Т. У та ін. запропонував систему моніторингу ЕКГ для пацієнтів на основі IoT [36]. У цьому випадку для вимірювання ЕКГ пацієнтів автори використовували ЕКГ-датчик. Тут автори використали протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) для надсилання виміряних даних ЕКГ на веб-сервер. Потім дані ЕКГ можуть бути доступні за допомогою мобільного телефону або комп'ютера для моніторингу. Автори також розробили мобільний додаток для Android, щоб переглядати дані ЕКГ у реальному часі. У запропонованій системі не було веб-додатку, де лікарі могли б бачити ЕКГ пацієнтів і виписувати рецепти. Лі та ін. запропонував систему консультацій лікар-пацієнт на основі мобільного додатку, де не було системи моніторингу пацієнтів у режимі реального часу. Пацієнти повинні оновлювати свої життєві показники вручну. Пацієнти можуть поспілкуватися зі своїм лікарем через відеодзвінок. Ще одні автори запропонували систему моніторингу пацієнтів на основі IoT [37]. Вони використовували датчик частоти серцевих скорочень і вимірювання SpO<sub>2</sub>, датчик моргання очей і датчик вимірювання температури тіла, щоб вимірювати частоту серцевих скорочень пацієнтів, SpO<sub>2</sub>, рух очей і температуру тіла. Система базується на Arduino Uno та хмарних обчисленнях. Автори розробили лише апаратний прототип. Однак дані реальних випробувань були недоступні. Крім того, не вистачало розробки мобільних додатків і веб-додатків для моніторингу пацієнтів у реальному часі. У цій системі частота пульсу пацієнта вимірювалася

за допомогою датчика частоти пульсу, а потім дані оброблялися за допомогою Arduino. Виміряні дані були надіслані в програму Android. У цьому документі кількість датчиків була обмежена. Ця система також не включає веб-додаток, де лікарі можуть переглядати дані про частоту серцевих скорочень пацієнта для моніторингу та призначення.

У сфері охорони здоров'я IoT допоміг зменшити наслідки COVID-19. Датчики IoT дозволяють хворим на COVID-19 перебувати на домашньому карантині. Пацієнти, які носять підключені пристрої, дозволяють лікарям відстежувати їх прогрес, не ризикуючи безпекою інших.

Інтернет речей надає вкрай необхідні дані епідеміологам. Дослідники використовують IoT для відстеження прогресу варіантів за допомогою підключених термометрів. Kinsa, американська компанія, яка продає підключені розумні термометри, пояснює, що зібрані нею дані допомагають відстежувати рівень COVID-19 у США. Розповсюдження та відстеження поставок вакцин було б майже неможливим завданням без Інтернету речей.

У 2022 році тести на COVID-19 вдома доступні в аптеках та поштою. Але для здешевлення, пришвидшення та збільшення доступності – цю задачу можна покласти на IoT системи. Недавно було створено не дорогий прототип під назвою miSHERLOCK tests, який збирав слину під час тесту на COVID-19. Конструкція пристрою створена за допомогою 3D-принтера та використовує смартфон для обробки результатів тесту. Необхідні файли та схеми недорогого пристрою є загальнодоступними в Інтернеті. Khan M. M. та ін. представила розумну телемедичну систему для пандемії COVID-19 [38]. Система ґрунтувалася на веб- та мобільних додатках, де пацієнти могли спілкуватися з доступними зареєстрованими лікарями в системі. Лікар може виписати пацієнтам рецепт. Однак не було жодних засобів для медичного тестування, інтегрованих із моніторингом життєво важливих показників пацієнтів у режимі реального часу.

Для піклування за хворими раком було розроблено додаток мобільне здоров'я (mHealth) [39]. mHealth — це інструмент, який надає можливість заохотити людей у програмах самоконтролю. Носимі пристрої дозволяють

збирати дані пацієнтів у режимі реального часу та сприяють, наприклад, самостійному контролю побічних ефектів пацієнтами з онкологічними захворюваннями, які проходять лікування. Ці пристрої є частиною Інтернету речей. IoT змінює охорону здоров'я та є провідним інструментом для розподілених додатків у сфері охорони здоров'я, він дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг на багатьох фронтах, дозволяючи реалізувати медичну допомогу в різних середовищах, від тривалого догляду за людьми похилого віку та домашнього моніторингу пацієнтів до розвитку більш серйозної медичної реабілітації системи.

В даний час більшість хіміотерапевтичних методів лікування багатьох первинних видів раку призначаються амбулаторно, тому пацієнти повинні бути залучені до самостійного лікування побічних ефектів та інших проблем, пов'язаних з лікуванням вдома. Зміна способу життя, відповідні фізичні вправи, споживання харчових продуктів і додаткових продуктів є важливими, оскільки вони зменшують побічні ефекти, смертність, захворюваність і покращують якість життя пацієнтів. mHealth, інтегрована з носимими пристроями, може полегшити повсякденне життя пацієнта та мінімізувати труднощі самообслуговування вдома, надаючи великий обсяг інформації, а також надання можливості визначення індивідуальних програм реабілітації за допомогою зворотного зв'язку, створеного цими технологіями. Millstine та ін. продемонстрували доцільність використання інтерактивної та портативної електроенцефалографії для усунення втоми, покращення якості життя та зменшення стресу у онкологічних хворих під час хірургічного лікування [40]. Cheong та ін. оцінили використання mHealth та IoT через моніторинг симптомів і харчування, а також персоналізовану програму реабілітації, щоб отримати результати, що демонструють покращення фізичної працездатності та зменшення побічних ефектів під час активної хіміотерапії [41]. Gresham та ін. довели для пацієнтів із пізньою стадією раку, використовуючи переносний монітор активності, що збільшення фізичної активності зменшує ймовірність побічних ефектів, госпіталізації та ризик смерті [42]. Значні сприятливі ефекти щодо втоми, депресії, тривоги та якості життя спостерігалися у

пацієнтів, які проходили активну хіміотерапію та подальшу променеви терапію та контролювалися пов'язкою та системою акселерометра.

У роботі [43] Доррі та ін. оцінювали вплив втручань щодо фізичної активності, які здійснюються через eHealth, на пацієнтів з раком молочної залози. Ремсі та ін. визначили втручання в eHealth і mHealth для молоді, яка проходить лікування раку, а також дітей, підлітків і молодих дорослих, які перенесли дитячий рак. IoT для піклування за хворими арком вже перевірені в клінічній практиці. У 2018 році на щорічній зустрічі Американського товариства клінічної онкології було представлено рандомізоване клінічне випробування. Дослідження було зосереджено на пацієнтах із раком голови та шиї, за якими спостерігали за допомогою Bluetooth-ваги та манжети для вимірювання артеріального тиску, разом із додатком для відстеження симптомів, який надсилав регулярні та екстрені оновлення лікарям. Близько 400 пацієнтів були залучені до дослідження, і пацієнти, які використовували цю систему на основі Інтернету речей, відчували більш легкі симптоми порівняно з контрольною групою, яку фізично оцінювали щотижня.

Діабет — це захворювання, яке вимагає постійного самоконтролю та прихильності до лікування в різних контекстах, зокрема пероральною фармакотерапію, ін'єкцією інсуліну, вимірюванням рівня глюкози в крові та моніторингом артеріального тиску. Безперервний моніторинг рівня глюкози на основі Інтернету речей реалізовано на багатьох існуючих пристроях. Хоча безперервний моніторинг і негайне втручання в основному потрібні пацієнтам із цукровим діабетом 1 типу (T1D), накопичення доказів свідчить про те, що більш пунктуальний або навіть постійний моніторинг може запобігти ускладненням у пацієнтів із T2D. Розумні інсулінові ручки є актуальними інструментами для оцінки прихильності до лікування пацієнтів із цукровим діабетом. Хоча існуючі пристрої орієнтовані на ін'єкції інсуліну, подібні пристрої також можна використовувати для аптечок. Нині такі пристрої підключаються до додатків для смартфонів і регулярно перевіряються лікарями. Використовуючи ці модальності в контексті IoT, лікарі могли б швидше бути повідомлені про те, що пацієнти

нехтують лікуванню, і діяти відповідно. Системи замкнутого циклу введення інсуліну були довгоочікуваними в лікуванні цукрового діабету 1 типу. Потенційні регуляторні та управлінські недоліки перешкождали впровадженню таких пристроїв у клінічну практику. У мережах лікарів і пацієнтів уже було помічено кілька пропагандистських заходів, враховуючи, що IoT може внести значний внесок у подолання таких перешкод. Хоча потрібно зробити кілька кроків, автоматизована замкнута система із захищеним Інтернетом речей може бути дуже важливою для пацієнтів із T1D, які мають ризик розвитку діабетичного кетоацидозу.

Saiteja та ін. запропонували продуману систему перевірки домашнього самопочуття для недоступного спостереження за діабетом і артеріальним тиском у пацієнтів [44]. Система допомагає аналізувати артеріальний тиск і показники глюкози пацієнта вдома, надсилаючи сповіщення опікуну або постачальнику медичних послуг у разі виявлення відхилень від норми, а також, крім того, передбачаючи стан гіпертонії та діабету у пацієнтів. підготувавши читання. Крім того, система може надсилати тривоги та сповіщення в режимі реального часу від домашніх про самопочуття пацієнта до лікаря чи клініки. Автори в [44] використовували алгоритм машинного навчання для прогнозування діабету та гіпертензії пацієнтів. Для демонстраційної підготовки було використано зворотну векторну машинну класифікацію для надання життєздатних і ефективних підготовчих завдань. У цьому дослідженні автори не використовували мобільні додатки Android або веб-додатки для віддаленого моніторингу пацієнтів. У запропонованій системі створено програму, яка отримуватиме вхідні дані артеріального тиску, виконуватиме аналіз і діагностувати артеріальний тиск. Це позбавляє від необхідності відвідувати медичного працівника щоразу під час діагностики вимірювання артеріального тиску. Якщо артеріальний тиск відхиляється від норми, пацієнт може повідомити про це медичного працівника з самої програми, не відвідуючи клініку. Програма також прогнозує ризик початку діабету за показниками рівня глюкози та артеріального тиску. На Рисунку 2.2 показана блок-схема запропонованої системи.

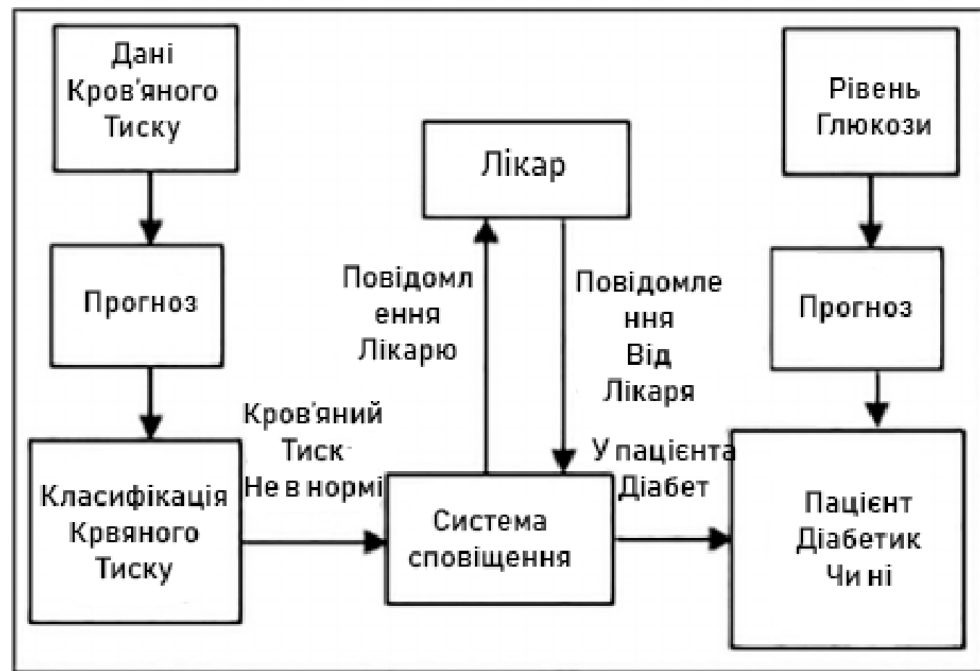


Рисунок 2.2 – Блок-схема система аналізу та попередження ризику початку діабету

Астма — це хронічний стан, що відкриває благодатне поле для охорони здоров'я на основі Інтернету речей. Це значний тягар для сотень мільйонів людей по всьому світу. Більшість пацієнтів – молоді та активні, які прагнуть стабільної якості життя. Носимі пристрої IoT, які оцінюють насичення або попереджають про наявність поширених алергенів, важливі для раннього виявлення та лікування майбутнього загострення. У тому ж рамках інгалятори на основі Інтернету речей могли б надати лікарям пацієнтів надійну інформацію про прихильність і здатність пацієнта правильно поводитися з пристроєм. Звичайно, астма має хронічний аспект, як і психічне здоров'я. Крім згаданих вище варіантів моніторингу, IoT може покращити послуги підтримки пацієнтів. У поєднанні з модальностями штучного інтелекту IoT може забезпечувати підтримку чат-ботів для широкого спектру цілей, від виявлення суїцидальних думок до регулярного когнітивного реабілітаційного лікування пацієнтів із деменцією або легкими когнітивними порушеннями.

У цьому розділі було розглянуто представлені системи у сфері охорони здоров'я для самих популярних видів оцінки здоров'я. Також, було

проаналізовано різні підходи та методи реалізовані і не тільки. Дана інформація допоможе в подальшій роботі над власною системою.

## 2.2 Огляд існуючих серверних та хмарних платформ, що можуть бути використані в проєкті.

Концепція Інтернету речей передбачає створення розподіленої мережі, що складається з численних фізичних об'єктів, оснащених вбудованим програмним забезпеченням, датчиками та можливостями підключення, які збирають і обмінюються даними один з одним і з центральною платформою через Інтернет.

Архітектура системи IoT складається з чотирьох рівнів:

- Датчики та виконавчі пристрої, які отримують дані безпосередньо з фізичних об'єктів.
- Шлюзи та системи збору даних перетворюють зібрані дані з аналогового в цифровий формат.
- Граничні обчислення забезпечують миттєву аналітику попередніх даних прямо на пристроях.
- Центри обробки даних або хмарні сервіси забезпечують глибокий аналіз, обробку та зберігання даних.

Платформа IoT являє з себе систему, яка є посередником між світом фізичних об'єктів і світом практичних ідей. Поєднуючи численні інструменти та функції, платформи Інтернету речей дозволяють створювати унікальні апаратні та програмні продукти для збору, зберігання, аналізу та керування великою кількістю даних, створених підключеними пристроями та активами.

Продукти IoT складаються з багатьох компонентів:

- Обладнання
- Програмне забезпечення
- Комунікаційні технології
- Центральний репозиторій (хмарний або локальний)
- Програми кінцевого користувача

Щоб охопити кожен аспект під час розробки продукту IoT, існує кілька типів платформ IoT.

Платформи розробки апаратного забезпечення надають плати фізичного розвитку для створення пристроїв IoT, включаючи мікроконтролери, мікропроцесори, системи на чіпі (SoC), системи на модулі (SoM).

Платформи розробки програм служать інтегрованим середовищем розробки (IDE) з інструментами та функціями для програмування програм.

Платформи підключення надають комунікаційні технології для з'єднання фізичних об'єктів із центром обробки даних (локальним або хмарним) і передачі інформації між ними. Серед популярних протоколів підключення та стандартів для Інтернету речей MQTT, DDS, AMQP, Bluetooth, ZigBee, WiFi, Cellular, LoRaWAN тощо.

Аналітичні платформи використовують інтелектуальні алгоритми для аналізу зібраної інформації та перетворення її в практичну інформацію для клієнтів.

Наскрізні платформи IoT охоплюють усі аспекти продуктів IoT, від розробки та підключення до керування даними та візуалізації.

Платформа Google Cloud IoT Core – це повністю керована служба Google, яка оптимізує безпечне з'єднання, керування та надсилання даних із глобально розосереджених пристроїв. Платформа IoT у поєднанні з іншими службами Google Cloud надає комплексне рішення для збору, обробки, аналізу та візуалізації даних у режимі реального часу для підтримки покращеної ефективності роботи. Вона використовує Cloud Pub/Sub і агрегує розосереджені дані пристроїв в єдину глобальну систему, яка повністю інтегрується зі службами аналітики даних Google Cloud. Організації можуть використовувати потік даних Google Cloud IoT Core для розширеної аналітики, візуалізації та машинного навчання, щоб підвищити ефективність роботи, передбачати проблеми та створювати детальні моделі, які краще описують і оптимізують бізнес рішення.

Основними перевагами Google Cloud IoT Core:

- Google Cloud IoT Core працює на безсерверній інфраструктурі, яка автоматично масштабується у відповідь на зміни в реальному часі. Він

також дотримується суворих галузевих стандартів протоколів безпеки, які захищають бізнес-дані.

- Він працює відразу з пристроями від провідних виробників обладнання. Підприємства можуть зменшити капітальні витрати на проекти IoT і витрати на технічне обслуговування за допомогою послуги оплати за використання.

Якщо розглядати недоліки Google Cloud IoT Core, то можна виділити те, що платформа не має функцій двофакторної аутентифікації.

До основних функцій належить диспетчер пристроїв, який дозволяє конфігурувати та безпечно керувати окремими пристроями грубим способом. Здійснювати контроль пристроями можна через консоль або програмно. Крім того, ця функція визначає унікальний ідентифікатор пристрою та забезпечує механізм автентифікації пристрою під час підключення. Він підтримує логічну конфігурацію кожного пристрою та готовий до використання для дистанційного керування пристроєм із хмари.

Ще однією функцією є протокольний міст забезпечує кінцеві точки підключення для протоколів із автоматичним балансуванням навантаження для всіх підключених пристроїв. Він має вбудовану підтримку безпечного з'єднання через стандартні галузеві протоколи, такі як MQTT і HTTP. Ця функція також публікує всю телеметрію пристрою в Cloud Pub/Sub, яка використовується аналітичними системами.

Також, є можливість увімкнути наскрізну безпеку в Google Cloud IoT Core за допомогою автентифікації асиметричного ключа через TLS 1.2. Крім того, можна використовувати сертифікати, підписані ЦС, щоб підтвердити право власності на пристрій. Пристрої, що підтримують вимоги безпеки Cloud IoT Core, можуть забезпечити повну безпеку.

Присутня єдина глобальна система, в ній користувачі можуть підключати всі пристрої та шлюзи до Google Cloud через стандартні протоколи, такі як MQTT і HTTP, через кінцеві точки протоколу. Це створює можливість керувати всіма

пристроями як єдиною глобальною системою. Сервіс використовує Cloud Pub/Sub, який зберігає дані протягом семи днів.

Google запусив свою платформу для розробки Інтернету речей на базі наскрізної Google Cloud Platform. Наразі це одна з найкращих у світі платформ Інтернету речей. Google Cloud IoT — це інтеграція різноманітних сервісів, які додають цінність підключеним рішенням:

Cloud IoT Core дозволяє отримувати та обробляти дані пристрою. Компонент диспетчера пристроїв використовується для реєстрації пристроїв у службі, їх моніторингу та налаштування. Місти протоколу MQTT і HTTP використовуються для підключення пристрою та зв'язку з Google Cloud Platform.

Cloud Pub/Sub виконує прийом даних і маршрутизацію повідомлень для подальшої обробки даних. Google BigQuery забезпечує безпечну аналітику даних у реальному часі. Платформа AI застосовує функції машинного навчання. Google Data Studio візуалізує дані, створюючи звіти та інформаційні панелі.

Платформа Google Maps допомагає візуалізувати розташування підключених активів. Платформа автоматично інтегрується з виробниками апаратного забезпечення Інтернету речей, такими як Intel і Microchip. Він підтримує різні операційні системи, включаючи ОС Debian Linux.

Основні функції Google Cloud IoT:

- Можливості ШІ та машинного навчання
- Аналіз даних у реальному часі
- Сильна візуалізація даних
- Відстеження місцезнаходження

Наступною платформою є Cisco Internet of Things (IoT) Cloud Connect — це новий пакет програмного забезпечення на основі мобільної хмари. Він пропонує повне рішення для операторів мобільного зв'язку. Cisco IoT Cloud Connect повністю оптимізує та використовує мережі користувача. Цей мобільний хмарний пакет програмного забезпечення для промислового та індивідуального використання входить до списку найкращих хмарних платформ Інтернету

речей. Cisco також надає надійне апаратне забезпечення IoT, включаючи комутатори, точки доступу, маршрутизатори, шлюзи тощо.

Cisco IoT Control Center забезпечує бездоганне керування стільниковим зв'язком, дозволяючи інтегрувати всі пристрої користувачів IoT в одне рішення SaaS.

Edge Intelligence спрощує обробку даних, розподіляючи потоки даних у локальних або багатохмарних середовищах.

Industrial Asset Vision використовує датчики для постійного моніторингу і надання даних для кращого прийняття рішень.

Cisco IoT Threat Defense захищає важливі дані та пристрої від кібератак, надаючи безпечний віддалений доступ, сегментацію, видимість і аналіз, а також інші служби безпеки.

Основні функції Cisco IoT Cloud Connect:

- Потужні апаратні рішення
- Високий рівень безпеки
- Граничні обчислення
- Централізоване підключення та керування даними

Основні випадки використання :

- Підключені автомобілі
- Управління флотом
- Домашня охорона та автоматизація
- Платіжні та POS-рішення
- Прогнозне обслуговування
- Промислові мережі
- Розумні лічильники
- Охорона здоров'я

Хмара Salesforce IoT зберігає та обробляє дані IoT і підтримується механізмом Thunder. Цей механізм збирає дані з пристроїв, веб-сайтів, програм тощо та обробляє дані подій у реальному часі.

Salesforce — це бізнес-програма, яка надає послуги кінцевим або бізнес-користувачам. Завдяки хмарі Salesforce IoT ці сервіси покращуються завдяки перевагам великих даних, отриманих із підключених пристроїв.

Хмара Salesforce IoT могла спілкуватися безпосередньо з підключеними пристроями та запускати контекстні оповіщення та дії.

Деякі реальні приклади IoT включають:

- Датчики в будь-якому підключеному пристрої виявляють пошкодження/збій і автоматично створюють заявку в службу підтримки клієнтів
- Аналіз роботи турбін у вітряку та своєчасно їх обслуговувати
- Пошук загублених ключів за допомогою систем моніторингу дому та розумних систем безпеки, замків тощо.
- Розумний одяг, фітнес-трекери, розумне спортивне взуття тощо.

Хмара Salesforce IoT працює на основі Thunder . Thunder — це потужний механізм обробки подій на основі правил, який збирає, фільтрує та відповідає на події в режимі реального часу.

Thunder побудовано на інструментах з відкритим вихідним кодом:

- Система обміну повідомленнями Apache Kafka , яка обробляє вхідні дані з усіх підключених пристроїв
- Платформа обробки подій великих даних Apache Storm , яка отримує дані від Kafka та обробляє події
- Платформа обробки великих даних Apache Spark , яка обробляє як пакетні, так і потокові дані, також проводить аналітику
- Apache Cassandra Розподілена система керування базами даних для обробки великих даних

Усі ці технології працюють на власній платформі Salesforce у вигляді послуги PaaS. Пристроями можна керувати за допомогою будь-якої платформи IoT, наприклад Amazon Web Services (AWS), а дані передаються в хмару Salesforce IoT. Він використовує REST API для зв'язку між пристроями та з них.

Алгоритм реалізації Salesforce IoT включає наступні кроки:

- План – визначення ініціаторів подій і дій або сповіщень.
- Підключити – остаточно визначити джерела даних, які потрібно підключити
- Перетворення – перетворення практичного клієнтського сценарію на технічні терміни
- Побудова – додайте правило оркестровки та включите необхідну логіку за допомогою формул
- Розгорнути – активувати правило оркестровки та зрозуміти стан пристроїв

Хмара Salesforce IoT має багато переваг. Наприклад, хмара IoT може діяти як сховище даних з багатьох підключених пристроїв. Ці дані можна використовувати для отримання контексту та стимулювання конкретних дій. Присутня можливість створювати звіти, інформаційні панелі, знаходити тенденції, шаблони тощо та бути проактивними

Покращте взаємодію з клієнтами та лояльність до бренду, надаючи спеціальні сповіщення заздалегідь.

Перш ніж запроваджувати хмару Salesforce IoT, потрібно врахувати кілька речей

- Безпека – підключені пристрої та великі дані створюють додаткові проблеми з безпекою
- Конфіденційність даних – Salesforce постійно збирає інформацію, і це може викликати у клієнтів почуття незручності, про це можна домовитися між клієнтами
- Гнучкість і масштабування – підхід із низьким кодом Salesforce надає набір попередньо визначених елементів, це може бути обмеженням, якщо функція, яка потрібна вашій компанії, відсутня

Salesforce спеціалізується на управлінні відносинами з клієнтами та майстерно розвиває цей сегмент за допомогою рішень IoT. Вона працює в парі з Salesforce CRM: дані з підключених ресурсів доставляються безпосередньо в систему CRM, де негайно ініціюються контекстні дії.

Наприклад, якщо датчики виявляють помилку в роботі вітряка, це миттєво відображається на інформаційній панелі CRM, і система може автоматично налаштувати параметри або створити сервісний квиток.

Основні функції Salesforce IoT Cloud:

- Повна інтеграція клієнтів, продуктів і CRM
- Немає потреби в навичках програмування, щоб створювати правила, умови та події завдяки простому інтерфейсу користувача, який можна натиснути
- Сумісність із сторонніми веб-сайтами, службами та іншими продуктами
- Проактивний підхід до проблем і потреб клієнтів

Ще одною платформою є IRI Voracity - сучасна програмна платформа створена для:

- Виявлення даних — пошук, витяг, структура, профіль, класифікація та діаграма наборів даних
- Інтеграція даних — вилучення, перетворення, завантаження (ETL), зміна збору даних, зведення тощо.
- Міграція даних — тип даних, формат файлу, порядок байтів і перетворення або реплікація бази даних
- Управління даними — очищення, маскування, тестові дані, основні дані та керування метаданими
- Аналітика — вбудовані звіти, інтеграція BIRT і інформаційної панелі або суперечка даних
- Швидке збирання та маскування даних

IRI Voracity — це єдина наскрізна програмна платформа для швидкого, доступного та ергономічного керування життєвим циклом даних. Мета Voracity — бути централізованою зоною розподілу даних.

Voracity відображає криві вартості, складності та ризику багатофункціональних інструментів від пакетів ETL мега-постачальників, роз'єднаних проектів Apache та спеціалізованого програмного забезпечення, оскільки включає дані: профілювання та класифікацію, інтеграцію та об'єднання,

очищення та збагачення, уніфікацію та перевірку, маскуванню і шифруванню, звітування та підготовка, підналаштування та тестування.

Загальне керування даними IRI Voracity базується на CoSort або Hadoop і є інтерфейсом Eclipse. Voracity використовує популярне графічне інтегроване середовище розробки під назвою IRI Workbench. Оскільки графічний інтерфейс для Voracity створений на базі Eclipse, він є повністю розширюваним стеком рішень. Можна відкривати в робочих областях користувача Voracity і запускати в робочих процесах Voracity багато безкоштовних і комерційних плагінів.

Voracity вирішує проблеми з обсягом, різноманітністю, швидкістю, достовірністю та цінністю при перетворенні великих даних на корисну інформацію, оскільки використовує перевірену продуктивність програми CoSort SortCL або додаткових механізмів Hadoop для переміщення, маніпулювання, маскуванню та обробки структурованих, напівструктурованих, і неструктурованих даних, тоді як поточні користувачі Hadoop можуть безперешкодно використовувати можливості Voracity повністю або частково.

Voracity дає можливість класифікувати, профілювати та складати діаграми джерел корпоративних даних. Пришвидшити або залишити застарілі інструменти сортування та ETL. В ній присутня міграція даних для модернізації та аналізу. Voracity знаходить ідентифікаційну інформацію скрізь і постійно маскує її для цілісності. Також, проводить оцінку ризиків повторної ідентифікації та анонімізує квазіідентифікатори. Створює та керує підмножинами БД або інтелектуально синтезує дані. Пакує, захищає та надає великі дані.

Voracity використовується, щоб дотримуватись законів про конфіденційність даних, очищати й керувати наборами даних, підвищувати надійність своєї аналітики та створювати безпечні розумні тестові дані.

IRI Voracity ідеально підходить, як комплексна платформа керування даними, яка забезпечує контроль даних IoT на кожному етапі бізнес-процесів.

Ця платформа використовує два механізми, IRI CoSort і Hadoop, для обробки великих даних. Вона може виявляти, керувати, інтегрувати, аналізувати, перетворювати та переміщувати дані з різних джерел і в різних форматах, в таких

системах як Unix, Linux або Windows, ISAM, MongoDB, LDIF, HIVE, JSON, S3, PostgreSQL, MQTT, Kafka тощо. .

До основних особливостей IRI Voracity належать:

- Портал управління даними дає змогу здійснювати пошук і класифікацію даних у силосах. Він також забезпечує шифрування та анонімізацію для дотримання правил конфіденційності даних
- Швидша альтернатива ETL і Analytic Alternative виконує вилучення та перетворення даних великого розміру набагато швидше, ніж застарілі інструменти ETL
- Середовище DB Ops дає змогу керувати всіма базами даних з одного місця.

Основні випадки використання:

- Аналітика великих даних
- Модернізація ETL
- Управління даними

Наступною платформою для розгляду є система від Particle, яка пропонує IoT-платформу від краю до хмари для глобального підключення та керування пристроями, а також апаратні рішення, включаючи набори для розробки, виробничі модулі та пристрої відстеження активів.

Основні особливості платформи Particle:

- Інтеграція зі сторонніми сервісами через REST API
- Хмара, захищена брандмауером
- Можливість роботи з даними з Google Cloud або Microsoft Azure
- Для використання платформи не потрібні технічні знання

Основні випадки використання:

- Моніторинг активів у реальному часі
- Відстеження автомобіля в реальному часі
- Прогнозне обслуговування
- Екологічний моніторинг
- Контроль відповідності

- Виконання замовлення в режимі реального часу

Платформа IBM Watson IoT для Bluemix надає універсальний набір інструментів, який включає пристрої-шлюзи, керування пристроями та потужний доступ до програм. Використовуючи платформу Watson IoT Platform, ви можете збирати дані підключених пристроїв і виконувати аналітику даних у реальному часі.

Платформа IBM Watson IoT — це повністю керована хмарна служба, яка надає можливості керування пристроями, а також збір даних і керування ними у форматі реального часу. У рамках пропозиції IBM PaaS IBM Bluemix можна використовувати платформу IBM Watson IoT Platform для швидкого створення додатків IoT із каталогу послуг, доступних у IBM Bluemix. Є можливість обрати такі параметри додатків IoT, як служби зберігання, правила, служби аналітики, аналітика потоку, машинне навчання, візуалізація та програми користувача. Також можна вбудувати когнітивні можливості у свої програми IoT за допомогою служб IBM Watson, доступних у IBM Bluemix.

Watson IoT підтримує майже будь-який тип пристроїв IoT, які можуть обмінюватися даними через MQTT або HTTP. Bluemix побудовано на основі Cloud Foundry, що допомагає додати підтримку мов або фреймворків, які не підтримуються в Cloud Foundry за замовчуванням. Вони розміщені на сторінці GitHub , створеної спільнотою пакетів збірки.

Технологія з відкритим кодом Cloud Foundry, яка зображена на Рисунку 2.3, робить Bluemix розширюваною платформою. Він використовує пакети збірки, які можна отримати з екосистеми спільноти. Деякі пакети збірки є вбудованими, тому не потрібно вказувати зовнішній пакет збірки під час розгортання програми, наприклад, веб-програми Java, програми Node.js або програми Ruby.

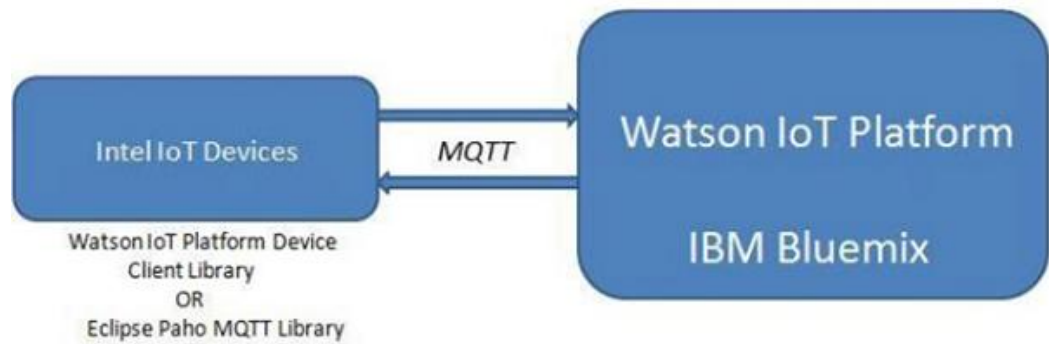


Рисунок 2.3 - Технологія з відкритим кодом Foundry

Зростаюча кількість підключених до Інтернету пристроїв, які складають Інтернет речей, збирають або генерують величезну кількість інформації щодня. До таких пристроїв належать мобільні телефони, спортивні носії, системи опалення та кондиціонування будинку тощо. IBM створила платформу IBM Watson IoT Platform спеціально, щоб полегшити розробку та розгортання рішень IoT будь-якого розміру.

Для взаємодії з датчиками та приводами на платах Intel надає бібліотеку *libmraa*. Ця бібліотека забезпечує рівень абстракції поверх підтримуваного обладнання, що допомагає зчитувати дані з датчиків і приводів стандартним способом і створювати портативний код, який працює на всіх підтримуваних платформах.

Коли дані датчика зчитуються, вони передаються на платформу IBM Watson IoT за допомогою протоколу MQTT через підтримувану мережу. Зазвичай дані перетворюються у такий формат, як нотація об'єктів JavaScript, замість того, щоб надсилати необроблені дані через MQTT за допомогою клієнтської бібліотеки пристрою. Пристрій може підключатися безпосередньо до Інтернету та платформи IBM Watson IoT за допомогою Wi-Fi або Ethernet-з'єднання, або він може підключатися до шлюзу Intel, який потім підключається до платформи IBM Watson IoT.

Не дивно, що платформа Watson IoT надає аналітику в реальному часі. Real-Time Insights дозволяє розробникам легко визначати правила, які

відстежують необроблені властивості пристрою, обчислені значення або аналітичні результати в реальному часі. Після запуску правила генерують сповіщення та керують автоматизованими діями, які можуть надсилати електронну пошту чи текстове повідомлення, створювати запит на технічне обслуговування або активувати пристрій. Real-Time Insights дає змогу контролювати обладнання, щоб розуміти та реагувати на погіршення ситуації. Машинне навчання дозволяє автоматично обробляти ці дані, щоб зрозуміти, що важливо, а також те, на що слід звернути увагу. Це допомагає вам відокремити нормальну, очікувану поведінку від ненормальної за допомогою автоматизованого аналізу. Це також допомагає аналізувати великі сховища даних, щоб зрозуміти кореляції та закономірності між сотнями властивостей пристроїв. Методи машинного навчання можуть допомогти компаніям визначити складні взаємодії, які передвіщають майбутні події, такі як погіршення стану активів, збої та проблеми з якістю. Когнітивна аналітика ідеально підходить для аналізу неструктурованих даних, таких як відео, зображення, аудіо та текст. Ці джерела даних важче піддати кількісній оцінці та отримати корисну інформацію, а аналіз такого типу даних потребує глибокого навчання та навчання, щоб зрозуміти закономірності. Когнітивна аналітика навчається та міркує на основі взаємодії з навколишнім середовищем, а не на основі явного програмування. Вони використовують *глибоке навчання та нечітку логіку* для розуміння даних, класифікації результатів і прийняття рішень на основі очікуваних результатів. Платформа Watson IoT підтримує надійні стандарти безпеки, які доповнюють використання відкритих стандартних протоколів безпечного зв'язку, таких як TLS v1.2, які забезпечують автентифікацію та шифрування взаємодії пристроїв IoT. У поєднанні з додатковими можливостями операційної безпеки як Bluemix, так і Softlayer — усі вони сумісні з широким спектром галузевих стандартів — можна налаштувати та керувати безпечним середовищем, яке відповідає сучасним вимогам пристроїв, програм та користувачів.

Платформа Watson IoT побудована на основі найвищих внутрішніх стандартів безпеки та була перевірена сторонньою компанією на відповідність

зокрема ISO 27001 — ключовому стандарту, який визначає найкращі практики для процесів управління інформаційною безпекою та гарантує, що потрібні заходи впроваджено, задокументовано та підтримується.

Node-RED — це інструмент для об'єднання Інтернету речей новими та цікавими способами, включаючи апаратні пристрої, API та онлайн-сервіси. Він створений на основі Node.js і використовує переваги величезної екосистеми модулів вузлів, щоб забезпечити інструмент, який здатний інтегрувати багато різних систем. Його легкий розмір робить його ідеальним для роботи з мережею, наприклад, на Raspberry Pi та інших платформах для створення прототипів. Node-RED містить такі вузли Watson IoT, які допомагають вам підключати пристрої, шлюзи та програми до платформи Watson IoT Platform і швидко створювати рішення IoT.

Watson IoT Node: пара вузлів для підключення вашого пристрою або шлюзу до платформи IBM Watson Internet of Things Platform. Пристрій або шлюз можуть використовувати ці вузли для надсилання подій і отримання команд від програми.

IBM IoT App Node: Пара вузлів для підключення вашої програми до платформи Watson IoT. Програма може використовувати ці вузли для отримання подій пристрою та надсилання команд назад на пристрій.

Платформа IoT, створена на базі IBM Cloud — це повністю керований хмарний сервіс для керування пристроями, гнучких і масштабованих параметрів підключення, безпечного зв'язку та керування життєвим циклом даних.

Основні функції IBM Watson IoT:

- Отримання даних з будь-якого джерела за допомогою MQTT
- Прямий доступ до останніх даних у рішенні Cloudant NoSQL DB
- Вбудовані панелі моніторингу для контролю ваших активів
- Служба аналітики для обробки необроблених показників
- Рішення Cloud Object Storage для тривалого архівування даних

Спеціалізована платформа промислового Інтернету речей (IIoT) ThingWorx використовується в різноманітних сценаріях виробництва, обслуговування та

проектування. Платформа вирішує загальні проблеми в різних галузях, від віддаленого моніторингу та обслуговування до ефективності робочої сили та оптимізації активів.

#### Основні функції ThingWorx:

- Доступ до багатьох джерел даних завдяки розширенню традиційних промислових комунікацій
- Потужні готові до використання інструменти та програми для швидкого створення та масштабування рішень IoT
- Статистика в режимі реального часу зі складних промислових даних IoT для проактивної оптимізації операцій і запобігання проблемам
- Повний контроль над мережевими пристроями, процесами та системами

#### Основні випадки використання:

- Віддалений моніторинг пристроїв
- Дистанційне обслуговування/сервіс
- Прогнозне обслуговування та управління пристроями
- Оптимізована ефективність обладнання

AWS IoT надає хмарні служби, які з'єднують ваші пристрої IoT з іншими пристроями та хмарними службами AWS. AWS IoT надає програмне забезпечення для пристроїв, яке може допомогти інтегрувати ваші пристрої IoT у рішення на основі AWS IoT. Якщо ваші пристрої можуть підключатися до AWS IoT, AWS IoT може підключати їх до хмарних служб, які надає AWS, як продемонстровано на Рисунку 2.4.

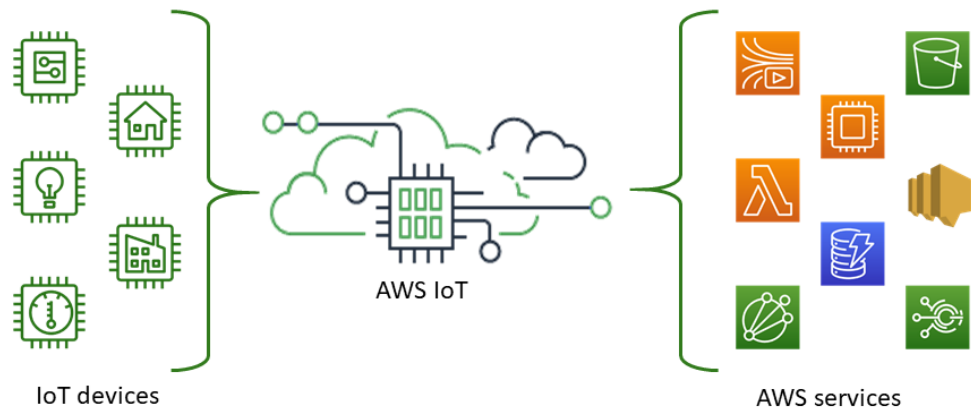


Рисунок 2.4 – Схема підключення девайсів до AWS IoT

AWS IoT дозволяє вибрати найбільш відповідні та сучасні технології для будь-якого рішення. Щоб допомогти керувати своїми пристроями IoT і підтримувати їх у польових умовах, AWS IoT Core підтримує такі протоколи:

- MQTT (черга повідомлень і транспортування телеметрії)
- MQTT через WSS (Websockets Secure)
- HTTPS (протокол передачі гіпертексту - безпечний)
- LoRaWAN (глобальна мережа дальнього дії)

Брокер повідомлень AWS IoT Core підтримує пристрої та клієнти, які використовують протоколи MQTT і MQTT через WSS для публікації та підписки на повідомлення. Він також підтримує пристрої та клієнти, які використовують протокол HTTPS для публікації повідомлень.

AWS IoT Core для LoRaWAN допомагає підключати та керувати бездротовими пристроями LoRaWAN.

AWS IoT надає такі інтерфейси для навчальних посібників AWS IoT :

- Пакети SDK для пристроїв AWS IoT — для створення програм, які надсилають повідомлення та отримують повідомлення з AWS IoT.
- AWS IoT Core для LoRaWAN — для підключення та керування пристроями та шлюзами глобальної мережі великого радіусу дії.
- Інтерфейс командного рядка AWS (AWS CLI) — виконують команди для AWS IoT у Windows, macOS і Linux. Ці команди дозволяють створювати об'єкти, сертифікати, правила, завдання та політики та керувати ними.

- AWS IoT API — створює додатки IoT за допомогою запитів HTTP або HTTPS. Ці дії API дозволяють програмно створювати об'єкти, сертифікати, правила та політики та керувати ними.
- AWS SDK — створює додатки IoT за допомогою API для певної мови. Ці SDK містять HTTP/HTTPS API і дозволяють програмувати будь-якою з підтримуваних мов.

Також можна отримати доступ до AWS IoT через консоль AWS IoT, який надає графічний інтерфейс користувача (GUI), за допомогою якого можна налаштовувати об'єкти, правила, сертифікати, політики, завдання та інші елементи ваших рішень IoT і керувати ними.

Amazon AWS IoT Core дозволяє підключати пристрої до хмарних сервісів AWS без необхідності керувати серверами. Платформа забезпечує надійність і безпеку для керування мільйонами пристроїв.

Основні функції Amazon AWS IoT Core:

- Широкий вибір протоколів підключення, включаючи MQTT, MQTT через WSS, HTTP і LoRaWAN
- Можливість використовувати з іншими службами AWS, такими як AWS Lambda, Amazon Kinesis, Amazon DynamoDB, Amazon CloudWatch, Alexa Voice Service тощо, для створення програм IoT
- Високий рівень безпеки, що забезпечується наскрізним шифруванням у всіх точках підключення, автоматизованою конфігурацією та автентифікацією
- Можливості машинного навчання
- Різноманітні сервіси для периферійних обчислень

Azure IoT Hub — це керована служба, розміщена в хмарі, яка діє як центр повідомлень для зв'язку між програмою IoT і приєднаними пристроями. Ви можете надійно та безпечно підключити мільйони пристроїв та їхні серверні рішення. Майже будь-який пристрій можна підключити до центру IoT.

Підтримується кілька шаблонів обміну повідомленнями, зокрема телеметрія з пристроєм в хмару, завантаження файлів із пристроїв і методи

запитів-відповідей для керування пристроями з хмари. IoT Hub також підтримує моніторинг, щоб допомогти відстежувати створення пристроїв, підключення пристроїв і збої пристроїв. IoT Hub масштабується до мільйонів одночасно підключених пристроїв і мільйонів подій за секунду для підтримки робочих навантажень IoT.

IoT Hub надає можливості інтегруватися в інші служби Azure для створення комплексних наскрізних рішень. Наприклад, можна використовувати:

- Azure Event Grid , щоб швидко реагувати на критичні події надійним, масштабованим і безпечним способом.
- Програми Azure Logic для автоматизації бізнес-процесів.
- Машинне навчання Azure для додавання машинного навчання та моделей ШІ до вашого рішення.
- Azure Stream Analytics для виконання аналітичних обчислень у реальному часі над потоковими даними з ваших пристроїв.
- Програми IoT Central використовують кілька концентраторів IoT як частину своєї масштабованої та стійкої інфраструктури.

Пристрої IoT відрізняються від інших клієнтів, таких як браузері та мобільні програми. Зокрема, пристрої IoT:

- Це часто вбудовані системи без оператора.
- Може бути розгорнуто у віддалених місцях, де фізичний доступ є дорогим.
- Може бути доступним лише через серверну частину рішення.
- Можуть бути обмежені потужність і ресурси обробки.
- Може мати переривчасте, повільне або дороге підключення до мережі.
- Можливо, знадобиться використання власних, користувальницьких або галузевих протоколів додатків.

Кожен центр IoT має реєстр ідентифікаційних даних, у якому зберігається інформація про пристрої та модулі, яким дозволено підключатися до нього. Перш

ніж пристрій або модуль зможе підключитися, для цього пристрою або модуля має бути запис у реєстрі ідентифікаційних даних центру Інтернету речей.

Azure IoT Hub підтримує два методи автентифікації між пристроєм і центром IoT. Можна використовувати автентифікацію на основі маркерів SAS або автентифікацію за сертифікатом X.509.

Метод маркера SAS забезпечує автентифікацію для кожного виклику, здійсненого пристроєм до IoT Hub, шляхом зв'язування симетричного ключа з кожним викликом. Аутентифікація X.509 дозволяє автентифікувати пристрій IoT на фізичному рівні як частину встановлення стандартного з'єднання Transport Layer Security. Вибір між двома методами в першу чергу залежить від того, наскільки безпечною має бути автентифікація пристрою та доступністю безпечного сховища на пристрої.

Після вибору методу автентифікації інтернет з'єднання між пристроєм IoT і IoT Hub захищається за допомогою стандарту безпеки транспортного рівня. Azure IoT підтримує TLS 1.2, TLS 1.1 і TLS 1.0 у такому порядку. Підтримка TLS 1.0 надається лише для зворотної сумісності. Як правило, пристрої IoT надсилають телеметрію від датчиків до серверних служб у хмарі. Однак можливі й інші типи зв'язку, наприклад серверна служба, яка надсилає команди на пристрої.

Пристрої IoT надсилають події в програму, щоб отримати статистику. Додаткам можуть знадобитися певні підмножини подій для обробки або зберігання в різних кінцевих точках. Azure IoT Hub надає прямі методи, які представляють взаємодію запит-відповідь із пристроєм, подібну до HTTP-виклику. Цей підхід корисний для сценаріїв, коли негайні дії відрізняються залежно від того, чи зміг пристрій відповісти.

IoT Hub дає можливість розблокувати цінність даних вашого пристрою за допомогою інших служб Azure, щоб перейти до прогнозованого вирішення проблем, а не до реактивного керування. Це відкриває можливості служб Azure, щоб виконувати машинне навчання, аналітику та штучний інтелект, щоб працювати з даними в реальному часі, оптимізувати обробку та отримати глибшу

інформацію. Завдяки платформі Azure IoT з відкритим вихідним кодом від Microsoft можна швидко створювати масштабовані та безпечні рішення. Використовуючи готові до використання інструменти, шаблони та служби, можна розробляти гнучкі програми відповідно до потреб.

#### Основні функції Azure IoT Hub:

- Захист даних на всьому шляху від краю до хмари
- Можливість працювати навіть в автономному режимі з Azure IoT Edge
- Повна інтеграція з іншими службами Azure
- Покращені рішення ШІ
- Постійна хмарна аналітика
- Повністю керовані бази даних
- Рішення Azure Industrial IoT

#### Основні випадки використання:

- Автомобільна промисловість
- Дискретне виробництво
- Енергетичний сектор
- Охорона здоров'я
- Транспорт
- Роздрібна торгівля

Oracle Internet of Things Cloud Service надає інструменти аналізу в реальному часі, які дозволяють корелювати, агрегувати та фільтрувати вхідні потоки даних. Управління та аналіз величезної кількості даних у реальному часі, створених усіма пристроями, підключеними до IoT, вимагає багатогранного, але надійного рішення IoT. Oracle також забезпечує вбудовану інтеграцію, яка дозволяє автоматично синхронізувати потоки даних із Oracle Business Intelligence Cloud Service .

Oracle Internet of Things Cloud Service забезпечує безпечний і надійний двонаправлений зв'язок між пристроями IoT і хмарою. Пристрої можуть підключатися до хмари безпосередньо або опосередковано через шлюз. Хмарний

сервіс Oracle Internet of Things призначає унікальну цифрову ідентифікацію кожному пристрою для встановлення довірчих відносин між пристроями та програмами. Він також забезпечує автентифікацію та авторизацію для наскрізної безпеки зв'язку та забезпечення підтвердження походження даних. Він використовує міжпротокольну функціональність, яка дозволяє безпосередньо звертатися до будь-якого пристрою, підключеного до хмари, незалежно від мережевого протоколу та обмежень брандмауера. Ще він забезпечує надійний зв'язок між хмарою та вашими пристроями, навіть через ненадійні мережі або з пристроями, які підключаються з перериваннями.

Хмарна служба Oracle Internet of Things (IoT) Asset Monitoring Cloud Service дозволяє відстежувати місцезнаходження, стан і використання активів. Управління активами традиційно використовує ручні методи. Хмарна служба Oracle IoT Asset Monitoring допомагає підвищити продуктивність бізнесу та зменшити операційні витрати та неефективність, пов'язану з керуванням активами. Завдяки хмарній службі Oracle IoT Asset Monitoring місцезнаходження та стан активів відомі в будь-який час. Такі функції, як виявлення аномалій і прогнозна аналітика, можуть допомогти виявити проблемні області та вирішити їх.

Хмарний сервіс Internet of Things від Oracle — це керована платформа як послуга (PaaS) для підключення пристроїв до хмари. Вона допомагає ефективно керувати своїми активами та зменшуйте загальні витрати на обслуговування. З функціями відстеження в реальному часі місцезнаходження, стану і виконання запитів. Надається можливість моніторити свої активи та аналізувати дані на інформаційній панелі та автоматизувати дії на основі прогносної статистики з бізнес-додатків.

Основні функції Oracle IoT:

- Можливість створювати програми та підключати їх до пристроїв з JavaScript, Java , Android, iOS, C POSIX і REST API
- Інтеграція з корпоративними програмами, веб-службами та іншими хмарними службами Oracle

- Інструменти аналізу в реальному часі для агрегування та фільтрації вхідних потоків даних
- Автоматична синхронізація потоків даних з Oracle Business Intelligence Cloud Service
- Унікальна цифрова ідентифікація для кожного пристрою для встановлення довірчих відносин між пристроями та програмами

### **2.3 Вивчення програмних засобів для створення додатків AppStore та GooglePlay**

Перед початком розробки, слід розглянути основні мови програмування та платформи. Також, розглянути їх риси релевантні для поставленої задачі.

Python широко використовується в науці та освіті, техніці, веб-розробці, чисельних обчисленнях тощо. Python є стандартною мовою програмування, і на даний момент це найкраща мова програмування у світі за індексом ТЮВЕ. Це мова з відкритим кодом, яка дозволяє розробникам писати код для широкого кола завдань. Він має достатньо простий синтаксис для його швидкого освоєння. Тому, його найчастіше рекомендують початківцям, які хочуть стати розробниками, тим самим, збільшуючи ком'юніті та кількість мануалів. Крім того, він також сумісний з великими даними та може бути інтегрований в інші мови програмування. Ще одним тягарем на терези Python, це його зручність використання, читабельність і менший час розробки. Саме це робить його ідеальним для мобільного ринку, де час виходу на ринок має вирішальне значення для отримання та збереження частки.

По суті, iOS і Android не підтримують мови типу інтерпретатора. Це означає, що не можна запустити програму Python нативно. Але це залишилось у минулому шляхом появи кількох фреймворків. Існують різноманітні фреймворки графічного інтерфейсу Python, щоб подолати розрив між програмою Python, яка працює на мобільних пристроях.

Python є чудовою мовою для розробки програм для мобільних пристроїв, оскільки її легко читати й писати, її легко зрозуміти та вона потужна для вирішення складних завдань. Він має дуже повну стандартну бібліотеку, яка дозволяє підключати мову до сторонніх API або модулів.

Python можна використовувати на різних платформах, таких як iOS, Android, телефони Windows і комп'ютери. Велика кількість фреймворків Python допомагають створювати мобільні програми за більш короткий час. Деякі з них Kivy, BeeWare або PyQt. Крім того, Python є чудовою мовою для створення прототипів і може випробовувати нові ідеї на ходу за допомогою програми.

Для Python не є проблемою розробка додатків, які підтримують музику та інші типи аудіо- та відеопрограм. Можна використовувати Python для дослідження аудіо- та відеоконтенту в Інтернеті. Для цього в Python є бібліотеки OpenCV і PyDub, які допомагають в розробці.

Також, для розробників присутня можливість створювати швидкі прототипи ігор і тестувати їх у реальному часі за допомогою Python і Pygame. Ще він застосовується для створення дизайнів рівнів і діалогових дерев.

Актуальною на сьогодні є технологічна тенденція, яку можна назвати домінантною на сучасному ринку, але складною для рядового розробника. Python значно полегшує задачі, які з'являються у цій сфері. Він є легкою для розуміння мовою, яка робить створення блокчейн-програм без проблем. Розробники можуть використовувати HTTP-запити для взаємодії з блокчейном в Інтернеті. Крім того, розробники використовують структуру Python, таку як Flask, для створення кінцевих точок для різних функцій блокчейну. Розробники також можуть запускати сценарії на кількох машинах і розробляти розподілені мережі за допомогою Python.

Програма командного рядка - це комп'ютерна програма, яка використовується з командного рядка та не має графічного інтерфейсу користувача. Python ідеально підходить для таких програм командного рядка, оскільки він має функцію Real-Eval-Print-Loop. Всі бібліотеки для створення програм командного рядка є безкоштовними.

Ще одна технологічна тенденція останнього десятиліття, розвиток машинного навчання, — це алгоритмічна технологія, яка надає дані операційним системам і дозволяє приймати інтелектуальні рішення. Розробка програми машинного навчання раніше була складною задачею, але завдяки Python вона стала доступнішою. Python надає безкоштовні бібліотеки для машинного навчання, такі як Pandas і Scikit. Його можна використовувати за ліцензією GNU.

Пріоритетною на сьогоднішній день мовою реалізації для Android є Java. Тому, щоб написати додаток для Android на Python, знадобиться спосіб запуску коду Python на віртуальній машині Java.

Це можливо завдяки VOCs. Він є частиною набору BeeWare і дозволяє отримувати доступ до рідних об'єктів Java, реалізовувати інтерфейси Java у класах Python і створювати підкласи класів Java у класах Python.

VOC — транскompілятор, який компілює вихідний код Python у байт-код CPython і транскompілює цей байт-код у сумісний з Java байт-код. Це означає компіляцію вихідного коду Python у байт-код CPython і перетворення його на сумісний з Java байт-код. Є також кілька інших інструментів, які реалізують Python у Java або навпаки.

Створення програми для iOS трохи складніше, ніж для Android. Процес зазвичай передбачає налаштування середовища Python, кодування програми за допомогою Python/Kivy та її розгортання за допомогою Xcode.

Instagram є найбільшим прикладом масштабованої мобільної програми, створеної з використанням Python. Маючи 400 мільйонів активних користувачів на день, програма змінила світ цифрової фотографії.

Pinterest, третя за величиною соціальна мережа після Facebook і Twitter, дозволяє користувачам додавати зображення в закладки, збирати їх і ділитися ними з іншими. Pinterest, один із поширених додатків в Інтернеті, використовує Python і Django для швидкої обробки великих обсягів вмісту. Ця програма одразу біла створена з використанням Python.

Disqus — це простий і ефективний спосіб ефективною модерації коментарів, залучення аудиторії та сприяння обговоренню, одночасно

контролюючи вміст, який вони отримують. Завдяки множинним параметрам входу та міжсайтовим сповіщенням ця програма підходить для аудиторії з будь-якими смаками. У цьому випадку Python повністю використовує функції безпеки Django та регулярні виправлення безпеки.

Spotify є найбільшим у світі потоковим сервісом із річним доходом понад 4 мільярди євро. Це означає, що компанія одночасно є провідним гравцем на ринку та одним із найкращих додатків на Python. Вони вирішили розробляти на Python через швидкість Python і вдосконалений аналіз даних. Це дозволяє Spotify керувати такими функціями, як Radio та Discover, на основі особистих музичних уподобань користувача.

Щоб створити мобільний додаток на Python, необхідна ініціалізація за допомогою GUI. Є два найпоширеніших фреймворка Kivy і BeeWare. Однак вони не єдині, які використовуються в процесі розробки.

Kivy використовує інноваційний користувальницький інтерфейс, такий як мультисенсорний додаток, як бібліотеку Python з відкритим кодом для швидкої розробки програм. Фреймворк покладається на різні бібліотеки Python, включаючи PIL, GStreamer і Cairo. Його переваги прискорення GPU, кросплатформенність, робота з бізнес додатками та навіть прискорення GPU, оскільки він побудований з використанням OpenGL ES2.

Kivy вперше було випущено на початку 2011 року. Цю кросплатформну структуру Python можна розгорнути на Windows, Mac, Linux і Raspberry Pi. Проект використовує ліцензію MIT, тому є можливість використовувати цю бібліотеку для безкоштовного та комерційного програмного забезпечення.

При створенні додатку допомогою Kivy реалізується нативний інтерфейс користувача або NUI. Його ідея полягає в тому, що користувач може легко навчитися користуватися програмним забезпеченням практично без інструкцій. Усі його віджети запозичені у середовище куди його інтегрують. Це означає, що програми Kivy виглядатимуть однаково на всіх платформах. Однак це також означає, що зовнішній вигляд програми відрізнятиметься від власних програм користувача.

Kivy також надає мову дизайну під назвою KV, яку можна використовувати з програмами Kivy. Мова KV дозволяє відокремити дизайн інтерфейсу від логіки програми. Це відповідає принципу поділу інтересів і є частиною архітектурного шаблону Model-View-Controller .

Kivy — це справді цікава структура графічного інтерфейсу користувача, яку можна використовувати для створення інтерфейсів користувача для робочого столу та мобільних додатків як на iOS, так і на Android.

Підсумовуючи його переваги, це єдиний код для всіх платформ, надійний графічний механізм, побудований на OpenGL ES 2, спеціальний інструментарій інтерфейсу користувача, єдина кодова база для всіх платформ, велика спільнота інвестованих розробників. Він видається за ліцензією MIT і є безкоштовним для комерційного використання.

Ще одним популярним рішенням є BeeWare, який використовується для розробки та розгортання нативних програм на Python. Він також з'єднаний з Toga, вбудованим набором інструментів для ОС, Python і кросплатформним графічним інтерфейсом.

Крім того, набір інструментів BeeWare містить Rubicon Java, яка є бібліотекою для роботи з бібліотеками Java за допомогою коду Python. Він надає можливість використовувати попередньо скомпільовану збірку Python на платформах, де офіційний інсталятор Python недоступний. Також, він має Rubicon ObjC — це бібліотечний інструмент для роботи з бібліотеками Objective C у macOS та iOS за допомогою коду Python.

Ще одне рішення PyJNIus — це структура, розроблена для забезпечення взаємодії між Python і Android API. Використовуючи цей API, розробники можуть отримувати інформацію з різних частин мобільного пристрою, як-от вібрація, пауза та перезапуск.

Набір PyQt5 організовано навколо фреймворку Qt, кросплатформного фреймворку для створення багатьох програм для різних платформ. Пакет PyQt5 містить повний набір оболонок Python на основі останньої версії фреймворку додатків Qt. PyQt5 є повністю кросплатформним. Контролюючи PyQt5,

розробники можуть створювати програми для Windows, Mac, Linux, iOS, Android та інших платформ.

Більшість розробників Python часто називають Tkinter інструментарієм графічного інтерфейсу. Він був створений, щоб надати сучасним розробникам стандартний набір інструментів Tk GUI, пов'язаний з інтерфейсом Python. Tkinter вбудовано в програму встановлення Python для всіх основних поточних операційних систем і надає кілька загальних елементів, з якими, ми вважаємо, ви знайомі.

Falcon, високопродуктивний і безпечний мережевий фреймворк Python, який створює мікросервіси та серверні програми. Програма Falcon працює на будь-якому сервері ASGI або WSGI.

Крім того, Falcon має розширювану кодову базу та є високооптимізований. Falcon забезпечує інтуїтивно зрозумілу маршрутизацію, включаючи класи ресурсів REST і шаблони URI. Він також пропонує легкий доступ до заголовків і тіл через класи запитів і відповідей.

Falcon дозволяє проводити швидке модульне тестування за допомогою помічника WSGI. Він також обробляє DRYrequest через компоненти проміжного програмного забезпечення та хуки.

Об'єктно-орієнтований веб-фреймворк, створений на Python, — CherryPy. Можна створити веб-програму так само, як і інші об'єктно-орієнтовані програми Python. Цей інструмент також може забезпечувати одночасний запуск різних HTTP-серверів.

CherryPy забезпечений гнучкою системою плагінів. Крім того, вбудовані такі інструменти, як кодування, автентифікація, кешування, сеанси і статичний вміст. Цей інструмент забезпечує роботу Python з Android. Його основною функцією є створення папки проекту, в якій наявні інструменти, необхідні для запуску мобільної програми. Ця папка складається з різних бібліотек, таких як Pygame, Kivy і SDL. Ця папка також містить завантажувач Java, який є посередником між Kivy та ОС. Потім ви можете додати свої сценарії або використати Android NDK для компіляції програми.

Хоча Python досить універсальний, є кілька речей, які розробники повинні пам'ятати, використовуючи його для розробки мобільних програм. Він має динамічний кооператив для оцінки додатків. Це означає, що інтерпретатор шукає змінні в поточному блоці та всіх функціях. Проблема полягає в тому, що кожне слово має перевірятися в усіх можливих контекстах. Лямбда-функції обмежені в Python. Вони можуть містити лише один оператор за раз і мають бути написані в одному рядку. Це означає, що на відміну від звичайних функцій, вони не можуть використовувати явні оператори повернення. Python практикує редактор, а не компілятор. Якщо в програмі є помилка, вона буде виявлена лише під час виконання. Тому швидкість падає і потрібно створювати різні тести.

Іншою мовою є, Java — це об'єктно-орієнтована мова програмування на основі класів, яка була створена для того, щоб підтримувати якомога менше залежностей, щоб скомпільований код Java міг працювати на всіх платформах, що підтримуються Java, без необхідності повторної компіляції.

Java має багато функцій, які роблять її популярним вибором серед розробників як веб-, так і мобільних програм. Об'єктно-орієнтована природа також прискорює процес розробки. Розробники можуть створювати багаторазовий код за допомогою Java для розробки мобільних додатків. Вони можуть легко використовувати вихідний код, щоб змінити програму відповідно до вимог. Також, не є залежною від платформи, програми Java спочатку перетворюються на байт-код компілятором Java, а сам код може працювати на будь-якій машині, яка підтримує середовище виконання Java. З того, що вона не взаємодіє з операційною системою впливає її безпека в порівнянні з іншими мовами. Завдяки перевіреному часом власному компілятору ця мова не обділена високою продуктивністю. За допомогою Java можна писати програми, які виконують кілька завдань в окремих потоках. Наприклад, програма Java може надавати користувачам форму входу, одночасно запускаючи фонові процеси. Час що ця мова знаходиться у використанні вона накопичила велику колекцію бібліотек з відкритим вихідним кодом, які значно полегшують розробку мобільних програм Java. Оскільки Java є

старішою мовою програмування, вона має велику спільноту розробників, які діляться цінними ідеями та знаннями, коли йдеться про розробку програм Java. Віртуальна машина Java інтерпретує «байт-код» під час виконання.

У Java є все, що потрібно мобільному розробнику. Він пропонує багаті API, аналіз XML, з'єднання з базами даних, зручну IDE тощо. Перераховані вище переваги розкривають очі на то, чому Java використовується для розробки мобільних додатків та є самим популярним рішенням для цього.

Java має дуже потужну екосистему. Вона є зрілою мовою програмування. Це означає, що доступно більше розробників, набагато краща підтримка та більше оновлень. З зростанням попиту на мобільні додатки, Java намагається не відставати та знаходить своє належне застосування в мобільній розробці. Java має можливості створювати нативні програми для Android із дивовижними можливостями.

Однією з найбільших переваг використання Java є обширність вибору відкритих інструментів і бібліотек .

Доречно буде розглянути деякі з найпоширеніших інструментів Java для створення найкращих мобільних програм Java.

Android Studio є обов'язковим для розробки мобільних додатків. Він є офіційним інтегрованим середовищем розробки для платформи Android. Android Studio базується на IntelliJ IDEA, написаному на Java IDE, розробленому для максимального підвищення продуктивності завдяки потужному редактору коду та інструментам розробника.

Деякі додаткові функції Android Studio включають швидкий і багатофункціональний емулятор, гнучку систему збирання на основі Gradle, уніфіковане середовище для розробки програм для мобільних пристроїв Android, інструменти Lint і багато іншого.

Як і сама Java, NetBeans є ще одним продуктом корпорації Oracle. Це IDE, розроблена для мови Java, і є абсолютно безкоштовною.

Розробники можуть використовувати NetBeans для створення не лише програм для мобільних пристроїв, а й для настільних і веб-програм .

NetBeans працює на модульній архітектурі з цілим набором інструментів і функцій для процесу розробки додатків, від зародження ідеї до запуску магазину додатків. Він постачається з аналізаторами коду, конвертерами, візуальними налагоджувачами, редакторами тощо, які допомагають полегшити цикл розробки програми.

Gradle — це не середовище розробки, а гнучкий інструмент автоматизації збірки, який працює на віртуальній машині Java (**JVM**). Розробники можуть використовувати Java API у своїй логіці збірки, як-от плагіни та спеціальні типи завдань, і можуть використовувати цей інструмент на різних платформах.

Оскільки Gradle дозволяє використовувати кеш збірки для повторного використання результатів завдань із попередніх запусків, а також інших оптимізацій, він має високу продуктивність.

Крім того, більшість основних IDE, таких як Android Studio та IntelliJ IDEA, мають можливість імпортувати збірки Gradle і взаємодіяти з ними.

Eclipse — ще одна популярна IDE, яка надає допомогу для перевірки синтаксису, рефакторингу коду та загалом завершення коду. Він також пропонує проект Java Development Tools (JDT), який надає набір плагінів, які додають можливості повноцінної Java IDE до платформи Eclipse.

Oracle JDeveloper — це абсолютно безкоштовна IDE, яка існує для спрощення розробки додатків на основі Java, розглядаючи кожен етап циклу додатків, від моделювання та кодування до налагодження, розгортання та моніторингу. Ця IDE оптимізована для платформи Oracle і допомагає з ручним кодуванням, сумісністю з підключенням до бази даних Java, крос-платформними можливостями, налагодженням, тестуванням тощо.

Потрібно розглянути концепції та принципи розробки мобільних програм на Java.

Оскільки розробка мобільних додатків за допомогою Java є відносно простою, варто взяти до уваги деякі моменти. Корисним при розробці приймати до уваги, що мобільні ресурси є досить обмеженими, тому код має бути

максимально ефективним. Це накладає обов'язок відповідально ставитись до створення об'єктів, використання пулів об'єктів у відповідних випадках тощо. Також, пересилити себе і відмовитись від повноцінних фреймворків, тому що вони занадто важкі для мобільних пристроїв. Потрібно користуватися легкими альтернативами створеними спеціально для мобільних розробок.

При тестуванні свого мобільного додатку потрібно контролювати час запуску, використання пам'яті та час автономної роботи, щоб оптимізувати ці параметри. Потрібно пам'ятати, що не всі мобільні пристрої використовують однакову версію Java або мають однакові можливості, і потрібно знати про ці відмінності та кодувати відповідно.

Ретельне тестування має важливе значення для будь-якого проекту розробки програмного забезпечення, але воно також абсолютно життєво важливе для мобільних додатків, де помилки важко та дорого виправляти після реалізації додатку.

Зараз набуває популярність така мова розробки, як Kotlin. Вона зайняла місце Java як офіційна мова Google для розробки програм для Android, але це не означає, що розробники відмовилися від Java.

Тому потрібно порівняти їх для подальшого застосування однієї з них. Kotlin — це безкоштовна мова програмування з відкритим кодом, яка працює на JVM і є офіційною мовою розробки Android. Подібно до Java, Kotlin також можна використовувати в тих самих областях, включаючи веб, сервер, клієнт і розробку додатків для Android.

Хоча це наймолодша мова програмування, вона показала себе як потужна з надійними функціями та чистим кодом мова.

Для розробників, які хочуть розширити функціональність існуючих класів за допомогою Java, потрібно буде створити новий клас із тими функціями, які також успадкували б від батьківського класу.

У Kotlin все набагато простіше, ця мова надає можливість розширювати існуючу функціональність класу, просто додаючи префікс імені класу до імені нової функції.

Нульова безпека, також відома як void-безпека, гарантує, що жодні посилання на об'єкти в об'єктно-орієнтованих мовах, таких як Java, не матимуть значення void або null.

У Java розробники можуть призначити значення null будь-якій змінній за допомогою NullPointerExceptions, але під час спроби отримати доступ до посилання на об'єкт нульове значення призведе до виключення нульового вказівника, яке потім має оброблятися програмою користувача. У Kotlin усі типи змінних за замовчуванням не допускають нульові значення, тому можливість призначити їм нульові значення відсутня.

Класи даних існують виключно для того, щоб зберігати дані та робити ці дані доступними за допомогою геттерів і сеттерів. Класи даних є однією з найбільших точок збору шаблонного коду в багатьох прикладних проектах.

Під час використання Java, якщо потрібно створити клас лише для зберігання даних, потрібно буде визначити конструктор, змінні для зберігання даних, методи отримання та налаштування, а також деякі функції, такі як hashCode() і toString().

За допомогою Kotlin, якщо потрібні класи, які містять лише дані, можна оголосити клас за допомогою ключового слова «data», і компілятор подбає про всю важку роботу.

Співпрограми — це компоненти, які узагальнюють підпрограми для випереджаючої багатозадачності, дозволяючи призупинити або відновити виконання. Вони використовуються для реалізації кооперативних завдань, циклів подій, винятків, ітераторів, каналів і нескінченних списків. Під час ініціювання тривалої мережі або операції з інтенсивним навантаженням на процесор відповідний потік буде заблоковано, оскільки Android за замовчуванням однопотоковий. За допомогою Java можна створювати багато потоків у фоновому режимі, але керування ними може бути складним.

За допомогою Kotlin можна створити кілька потоків, але з підтримкою співпрограм, які зупинять виконання в певний момент без необхідності блокувати будь-які потоки.

Деякі мобільні програми, які використовують Java, це Spotify, Twitter, Cash App тощо.

Kotlin, з іншого боку, швидше компілюється. Він легкий і вимагає написання менше коду порівняно з Java, яка, як правило, більш багатослівна.

Оскільки Kotlin компілює код у байт-код, він може працювати в JVM, тому всі бібліотеки та фреймворки Java можна легко перенести та запустити в проекті Kotlin. Деякі труднощі Kotlin полягають у тому, що він не такий популярний, оскільки це нова мова, тому спільнота розробників набагато менша, ніж такі добре відомі мови, як Java.

Через це він також має менше бібліотек і навчальних посібників.

Але його легко освоїти, він має крос-платформні можливості та безпечний, що робить його вдалою мовою для розробки програм.

Для розробки безпосередньо додатка, який би працював з протоколом MQTT для зв'язку з IoT, в нагоді станеться служба RaHo Android — це клієнтська бібліотека MQTT, написана на Java для розробки програм на Android. Проект RaHo було створено для забезпечення надійних реалізацій відкритих і стандартних протоколів обміну повідомленнями з відкритим вихідним кодом, спрямованих на нові, існуючі та нові програми для Machine-to-Machine (M2M) та Інтернету речей (IoT). RaHo відображає властиві фізичні та вартісні обмеження підключення пристрою. Його цілі включають ефективний рівень відокремлення між пристроями та програмами, призначений для того, щоб підтримувати ринки відкритими та сприяти швидкому зростанню масштабованого проміжного програмного забезпечення та додатків для Інтернету та підприємств. З'єднання MQTT інкапсульоване в службу Android, яка працює у фоновому режимі програми Android, зберігаючи її активність, коли програма Android перемикається між різними діями. Цей рівень абстракції необхідний для надійного отримання повідомлень MQTT. Оскільки служба Android RaHo базується на клієнтській

бібліотеці Java Path, її можна вважати стабільною та використовувати у виробництві. Проект активно підтримується проектом Eclipse Path.

## **2.4 Аналіз методів штучного інтелекту та машинного навчання для оцінки життєвих показників людини**

Для оцінки життєвих показників людини методи машинного навчання та аналізу не дуже відрізняються від цього ж в інших галузях. Єдине, що слід мати на увазі, що результати повинні бути точними та однозначними. Машинне навчання — це галузь дослідження, мета якої в медичній сфері навчити машини виконувати когнітивні завдання по оцінці життєвих показників людини. Незважаючи на те, що вони мають набагато менші когнітивні здібності, ніж звичайна людина, вони здатні швидко обробляти великі обсяги даних і отримувати важливу комерційну інформацію.

Алгоритми машинного навчання використовують обчислювальні методи для вивчення інформації безпосередньо з даних, а не в залежності від моделі, заснованої на заздалегідь складеному рівнянні. Коли кількість зразків, доступних для навчання, зростає, алгоритми змінюють свою продуктивність.

Перед тим як розглянути методи навчання, потрібно звернути увагу на категорії навчання, які взагалі існують.

Перша категорія – це контрольоване навчання, воно відноситься до сценарію, в якому модель використовується для вивчення відображення між вхідними зразками та цільовою змінною. Використовується, якщо є розуміння чому потрібно навчитись машині. Зазвичай це передбачає піддавання алгоритму великому об'єму навчальних даних, дозволяючи моделі вивчати вихідні дані та тонке налаштування параметрів до отримання бажаних результатів. Потім машину можна протестувати, дозволивши їй генерувати прогнози для набору даних перевірки або нових даних.

Інша категорія – це навчання без нагляду, воно дозволяє машині вивчати набір даних без допомоги людини. Після початкового дослідження комп'ютер намагається виявити приховані шаблони, які пов'язують різні змінні. Цей метод навчання може допомогти класифікувати дані за категоріями виключно на основі статистичних атрибутів. Неконтрольоване навчання не потребує великих наборів даних для навчання, що робить його значно швидшим і легшим у застосуванні, ніж контрольоване навчання. Навчання без контролю, на відміну від навчання під контролем, базується виключно на вхідних даних, без результатів або цільових змінних.

Наступна - напівконтрольоване навчання, яке є контрольованим навчанням з невеликою кількістю позначених екземплярів і великою кількістю непозначених прикладів у навчальних даних. На відміну від навчання під контролем, мета моделі напівконтрольованого навчання полягає в тому, щоб ефективно використовувати всі наявні дані, а не лише позначені дані.

У напівконтрольованому навчанні використовуються методи навчання без контролю та під контролем. Наприклад, категоризація частини даних вручну може стати прикладом для алгоритму того, як слід сортувати решту набору даних.

Навчання з підкріпленням – це техніка, яка дозволяє машині взаємодіяти з оточенням. Зрештою машина може навчитися на своєму досвіді, повторюючи операцію тисячі чи мільйони разів. Модель має певну реакцію, з якої можна навчатися, подібно до навчання під наглядом, хоча зворотний зв'язок може бути затриманим і статистично шумним, що ускладнює для агента чи моделі зв'язок між причиною та наслідком. В медичній сфері це може застосовуватись при навчанні машини на симуляторі з подальшим застосуванням на практиці. Але ця категорія не дуже підходить для поставлених цілей по оцінці життєвих показників людини.

Тепер можна приступити до огляду найпопулярніших методів машинного навчання, які підпадають під згадані вище категорії методів машинного навчання.

Коли результатом є дійсне або безперервне значення, для створення прогнозів на числах зазвичай використовуються методи регресії. Він

використовує дані навчання для прогнозування даних нових тестів, оскільки він підпадає під категорію навчання під контролем. Метою методів регресії є використання попереднього набору даних для пояснення чи прогнозування певного числового результату. У випадку прогнозування життєвих показників людини алгоритми регресії можуть використовувати дані про попередні показники та передбачити, яких значень вони набудуть в майбутньому та заздалегідь попереджета лікарів про можливі потреби в догляді за хворим.

Модель класифікації — це метод навчання під наглядом, який генерує висновок із спостережуваних значень як один або більше категорійних результатів. Алгоритми класифікації, наприклад, можуть допомогти передбачити, реакції хворих на хронічні хвороби, на ті або інші способи лікування. Алгоритми класифікації не обмежуються двома класами і можуть використовуватися для класифікації матеріалів у багато різних груп. Модель класифікації використовує різні методи, включаючи логістичну регресію, багат шарове сприйняття та інші. У цій моделі ми класифікуємо наші дані за різними категоріями та призначаємо мітки цим категоріям. Існують класифікатори з двома унікальними класифікаціями та двома виходами, відомі як двійкові класифікатори, та класифікатори, що мають більше двох класів, відомі як багатокласові класифікатори.

Кластеризація – це підхід машинного навчання для класифікації точок даних у окремі групи. Якщо є набір об'єктів або точок даних, можна використовувати метод кластеризації, щоб проаналізувати та згрупувати їх на основі їхніх ознак і характеристик. Кластерні алгоритми використовують навчальні дані, щоб робити прогнози та формувати групи на основі схожості чи незнайомості.

Нейронні мережі створені так, щоб нагадувати структуру мозку: кожен штучний нейрон з'єднується з багатьма іншими нейронами, і мільйони нейронів працюють разом, щоб утворити складну когнітивну структуру. Структура нейронних мереж є багат шаровою: нейрони одного шару передають дані багатьом нейронам наступного шару тощо.

Дані зрештою досягають вихідного рівня, коли мережа вирішує, як вирішити проблему, категоризувати об'єкт тощо. Дослідження нейронних мереж характеризується як глибоке навчання через його багат шарову структуру.

Нейронні мережі можна використовувати для машинного перекладу, виявлення встановлення діагнозів, виписуванні методів лікування та іншого.

Процес розпізнавання неочікуваних елементів або подій у наборі даних відомий як виявлення аномалій. Ця технологія використовується для виявлення збоїв, моніторингу справності системи та інших подій. Виявлення аномалій можна розділити на точкові аномалії, такі коли один фрагмент даних є неочікуваним, контекстуальні аномалії, що залежать від контексту, та колективні аномалії, коли група або набір пов'язаних елементів даних є аномальними.

Універсального рішення по вибору методу оцінки життєвих показників людини не існує. Ми впевнені, що наразі ви добре розумієте, яка техніка машинного навчання вам найкраще підійде. Машинне навчання пропонує широкий спектр застосувань у реальному світі. Певні методи, які були описані вище, необхідні для досягнення найвищої продуктивності. Ці методи є передовими, футуристичними та заохочують до автоматизації процесів для економії часу.

### 3. РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

#### 3.1 Рекомендації до організаційних заходів

Провівши аналіз всіх доступних методів реалізації, існуючих систем та платформ, було зроблено висновки про деякі організаційні заходи. Найефективнішим буде використання брокера MQTT працюючого на серверах AWS. Основна причина в тому, що брокер виконує роль центрального вузла для клієнтів вузла MQTT. Він отримує дані від кінцевих пристроїв з одної сторони, обробляє їх, та надає доступ всім хто підпишеться на тему контролюючи весь процес. Датчики можуть знаходитись на будь якій дистанції від сервера головна вимога підключення до інтернету.

Брокер використовує протокол MQTT для комунікації пристроїв, проводячи обмін повідомленнями. Основне призначення – робота з невеликими комп'ютерними моделями, такими як Raspberry PI і Intel Edison. Вони в свою чергу налаштовуються через Arduino IDE. Сам MQTT оптимальний варіант для проведення роботи, тому що це архітектура, орієнтована на повідомлення, заснована на моделі клієнт/сервер. Датчик є клієнтом і він підключається до брокера через TCP. Повідомлення публікується в темі. Клієнти підписуються на кілька тем. Pub/sub модель використовує в MQTT для комунікації між пристроями. JSON і XML типово використовуються для розповсюдження повідомлень, але після проведення аналізу було виявлено, що JSON є кращим вибором для програм ІОТ.

Оптимальною хмарною платформою було обрано AWS. Вона дозволяє постачальникам та продавцям додатків швидко та безпечно розміщувати на хостингу власні програми на основі моделі SaaS. Для масштабних проєктів максимально оптимізовані витрати, потрібно сплачувати лише за обчислювальну потужність, обсяг сховища та інші ресурси, що використовуються, без довгострокових контрактів або попередніх зобов'язань.

AWS ручається, що користувачі отримують переваги масштабованої, надійної та безпечної глобальної обчислювальної інфраструктури, яка є віртуальною основою багатомільярдного інтернет-бізнесу Amazon.

Було проаналізовано існуючі сервіси та чітко сформульовано вимоги, тому сервісом, який буде виконувати роль брокера, із усіх доступних варіантів було обрано CloudMQTT. Який відповідає усім виниклим задачам. Він не потребує встановлення додаткових застосунків на будь який з пристроїв. Також, він надає всі рівні якості обслуговування та дозволяє обробляти великий потік даних і проводити аналітику в реальному часі.

Перед початком тестування спочатку потрібно запустити MQTT брокер, щоб налагодити зв'язок між ESP32 та додатком. Для цього було обрано MQTTCloud, який надає безкоштовні послуги для всіх бажаючих. Для початку потрібно авторизуватися на їх сайті, як це показано на Рисунку 3.1.

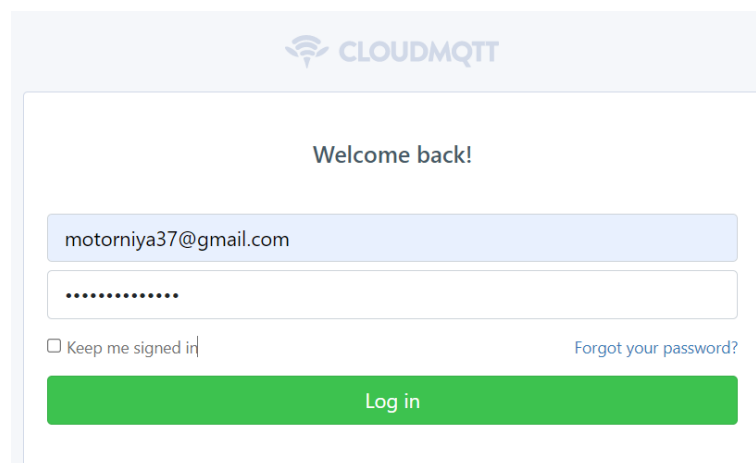


Рисунок 3.1 – форма авторизації у MQTT брокері

Наступним кроком є створення сервера за безкоштовним планом на основі розглянутої в попередніх розділах платформи AWS, результат показаний на Рисунку 3.2.

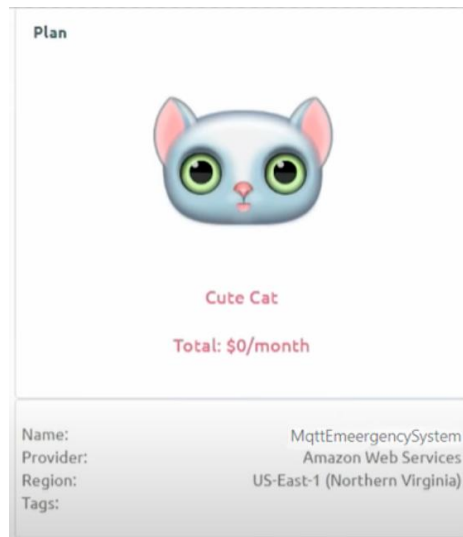


Рисунок 3.2 – вікно підтвердження створення плану для підтримки брокера

Тепер залишилось знайти сервер у переліку всіх запущених серверів на аккаунті та в розділі деталі переглянути інформацію про сервер, як зображено на Рисунку 3.3, яка стане в нагоді для подальшої роботи.

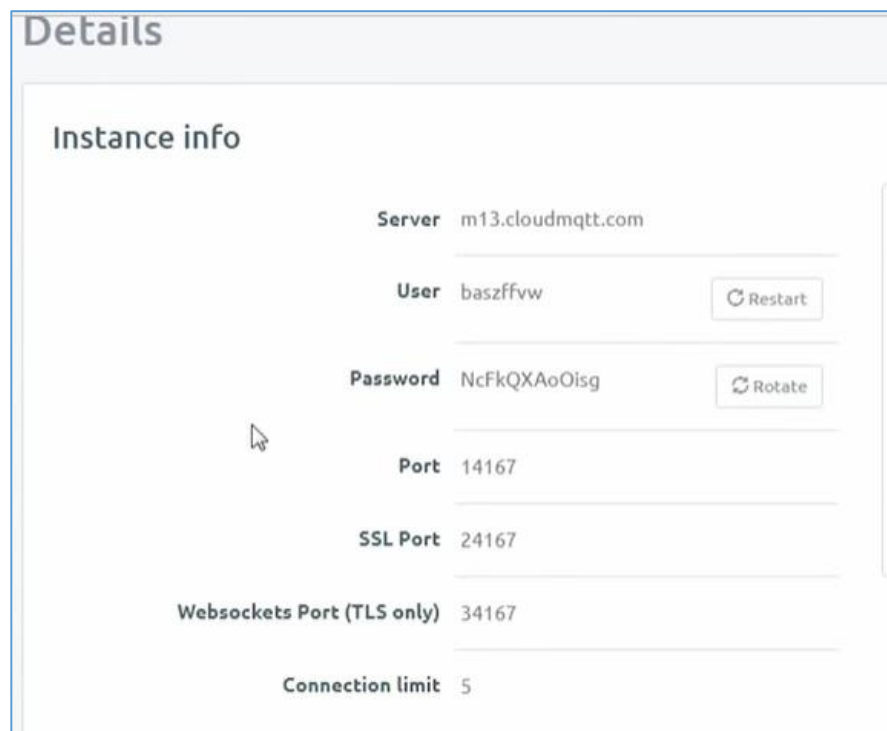


Рисунок 3.3 – інформація про сервер

Тепер брокер повністю налаштований та готовий до використання у повному обсязі. Він з'єднає наші датчики та систему тривожного сповіщення медичного персоналу.

### 3.2. Рекомендації до програмного забезпечення

Порівнявши доступні апаратні рішення та програмні забезпечення, були зроблені висновки про оптимально необхідні системи. Найефективнішим варіантом, буде використовувати платформу з великим функціоналом та значною технічною підтримкою, для датчиків, та багатоплатформну, сучасну мову програмування для додатку. Тому було обрано платформу ESP32. Це надзвичайно високотехнологічний пристрій, який має потужний процесор та значний обсяг оперативної пам'яті, що покриває всі потреби з запасом. Він на відміну від інших подібних пристроїв має велику кількість виходів та входів, що збільшує кількість можливих підключень та виконуваних задач. У плані роботи в мережі, цей пристрій показує надзвичайно хороші результати, являючись найкращим з усіх існуючих пристроїв.

Щодо програмного забезпечення то найкращим на сьогоднішній день рішенням, після перегляду всіх варіантів було визнано застосунок на мові програмування Kotlin.

Вона дозволяє писати менше коду, що допоможе в майбутньому легко модернізувати додаток. При її застосуванні полегшується та оптимізується технічне обслуговування проекту. Kotlin повністю сумісна з Java. Розробники на цій мові мають доступ до всіх фреймворків і бібліотек Java. При використанні Kotlin Multiplatform Mobile не має значення, яка операційна система встановлена на телефоні.

Для проведення тестування знадобиться Arduino IDE останньої версії. У скрипті потрібні бути встановлені бібліотеки WiFi.h для під'єднання до WiFi, MAX30100.h, для взаємодії з потрібним датчиком, та PubSubClient.h. PubSubClient.h бібліотека дозволяє надсилати та отримувати повідомлення MQTT. Він підтримує останній протокол MQTT 3.1.1 і може бути налаштований на використання старішої версії MQTT 3.1, якщо потрібно. Також потрібно

пристрій з операційною системою Android п'ятої версії або вище. Якщо все є то можна приступати до тестування.

### 3.3. Тестування

У цьому проекті було створено розумний пристрій моніторингу здоров'я, який зможе вимірювати SpO2 і частоту серцевих скорочень у BPM. Суть цього проекту полягає в тому, що можна підключити цей пристрій до спеціально створеного Android додатку, який буде записувати та регулярно оновлювати дані для SPO2 і BPM через Інтернет. Датчик має два світлодіоди, один випромінює червоне світло, інший випромінює інфрачервоне світло. Для частоти пульсу потрібне лише інфрачервоне світло. І червоне, і інфрачервоне світло використовуються для вимірювання рівня кисню в крові. Схема пристрою зображена на Рисунку 3.4.

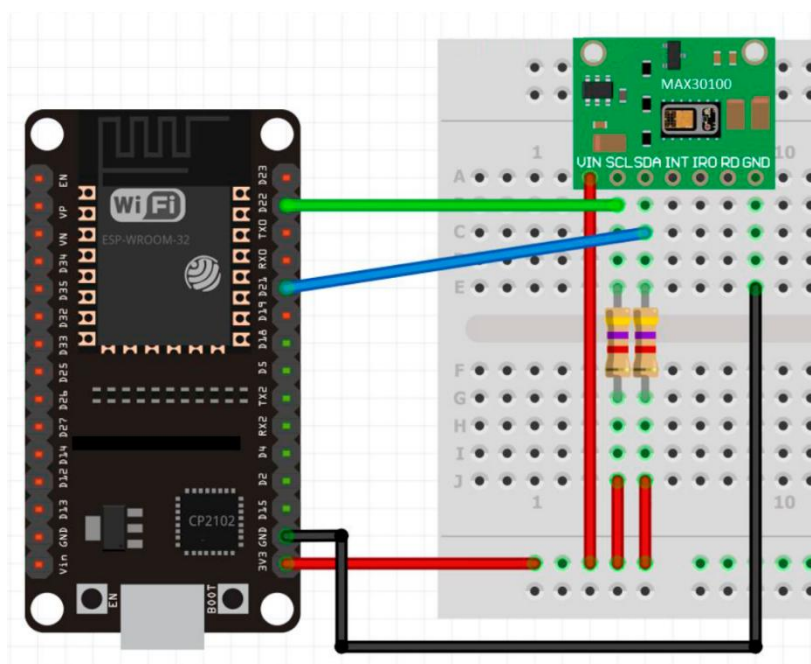


Рисунок 3.4 – схема пристрою на платі ESP32 з датчиком MAX30100

У Для того, щоб датчики могли працювати по протоколу MQTT платформа повинна бути підключена до Інтернет мережі. У скетчі Arduino потрібно внести дані сервера для підключення та WiFi мережі, щоб пристрій міг зв'язатися з

зовнішнім світом. Потім пристрій підписується на тему або створює її, якщо її ще немає, та починає кожні двадцять секунд публікувати дані окремо показників частоти серцевого скорочення та рівня кисню в крові. Скрипт підключення показаний на Рисунку 3.5.

```
const char *ssid = "TP-Link-1";  
const char *pass = "3ewRtas";  
  
const char *mqtt_server = "m13.cloudmqtt.com";  
const int mqtt_port = 10646;  
const char *mqtt_user = "baszffvw";  
const char *mqtt_pass = "NcFkQXAo0isg";
```

Рисунок 3.5 – встановлення значень для підключення до Інтернет мережі та брокера

Тепер можна запускати Android додаток. Щоб підключити його до брокера потрібно внести адресу сервера, його порт та дані користувача. Якщо все успішно то після запуску внизу екрана з'явиться сповіщення про успішне підключення до брокера. Основна сторінка показана на Рисунку 3.6.

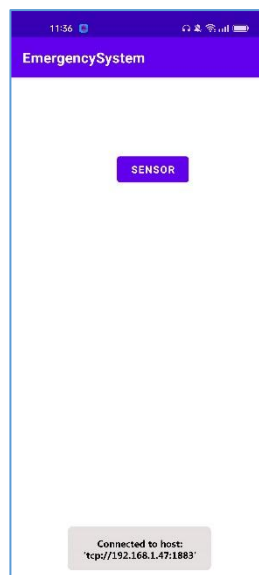


Рисунок 3.6 – основна сторінка з підтвердженням підключенням до брокера

Тепер потрібно перейти до розділу с датчиками та додаток сам підпишиться на тему, в яку датчики надсилають свої дані. Після натискання на

кнопку Sensor додаток підписується на ті самі теми, що і датчик. І кожні двадцять секунд отримує останні показники та демонструє їх. Перед появою на екрані дані порівнюються з критичними значеннями, і якщо вони є аномальними то разом с тим, щоб опублікувати їх, на екрані телефону з'являється сповіщення. Інтерфейс цього розділу зображено на Рисунку 3.7.

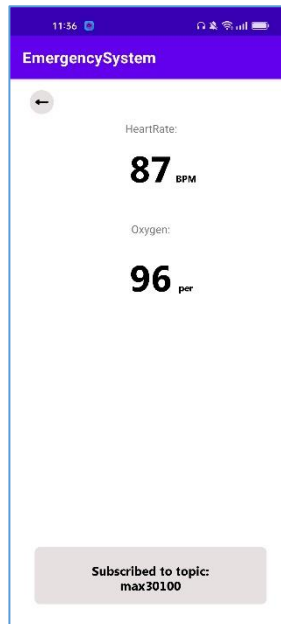


Рисунок 3.7 – сторінка з відображенням датчиків та сповіщенням про успішне підписання на тему

Для показників рівню кисню значення завжди повинні знаходитися на рівні не нижче дев'яноста відсотків, в іншому випадку потрібно дослідити причини зниження, а додаток допомагає це контролювати. Частота серцевих скорочень являється дуже унікальним для кожного показником, тому контроль за нею є індивідуальним для кожного пацієнта, а додаток дає можливість лікарям це зробити. Тепер коли показники будуть виходити за межі норми вказаних в програмі, буде з'являтися спливаюче сповіщення Рисунок 3.8,3.9, яке на це вказує.

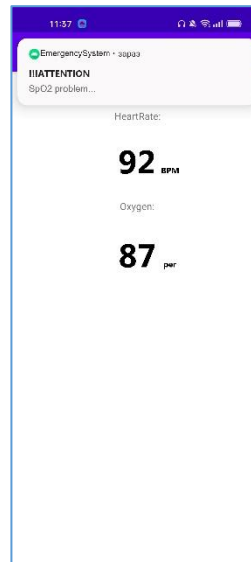


Рисунок 3.8 – сповіщення про зниження SpO2 нижче дев'яноста відсотків

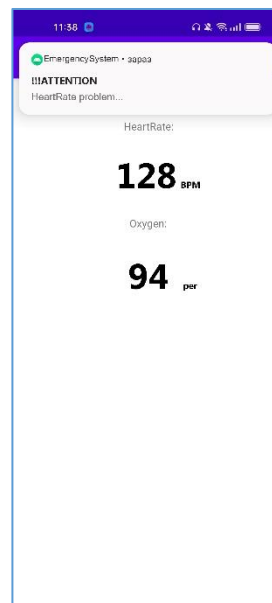


Рисунок 3.9 - сповіщення про підвищення частоти серцевого скорочення до показників вищих ніж 125 ударів в хвилину

В цілому можна спостерігати готовий додаток, який відповідає наміченим цілям, з оптимальним набором якостей та покращеними показниками ефективності у роботі з пацієнтами в медичних закладах.

## ВИСНОВОК

Розробка даного проекту пов'язана з моніторингом життєво важливих показників людини. Тому було проведено огляд та детальний аналіз доступних для вимірювання параметрів, їх оцінка та ознайомлення з існуючими методами по роботі з ними. На основі даних досліджень було обрано, такі показники, що охоплюють достатньо велику кількість людей по рекомендаціям контролю за ними та є індикаторами багатьох захворювань, що можна запобігти при ранньому виявленні. Також, вони мають значну цінність для проведення дослідницької діяльності в роботі з великими даними, для подальшого прогнозування з ціллю проведення превентивних заходів при діагностиці деяких хвороб.

Наступними були розглянуті всеможливі існуючі IoT системи, які були створені спеціально для контролю за життєвими показниками людини. В них достатньо помітні сильні та слабкі сторони. В цілому більшість з них створено для конкретних та однозначних цілей в напрямку створення чогось оригінального, ігноруючи більш прості потреби та поліпшення якості життя масового споживача. Під час виконання проекту було пророблено значні кроки по усуненню таких недоліків.

Також, було проаналізовано можливості та функціонал більшості найпопулярніших хмарних платформ, які спеціалізуються на наданні серверів та можуть працювати з IoT. Було обрано такий, що легко інтегрується в будь яку систему, зокрема в лікарню. Вона достатньо доброзичлива для рядового користувача, має оптимальні затрати на підтримку та не потребує великих зусиль при обслуговуванні.

При створенні проекту обладнання, яке було рекомендоване до використання є доступним, простим та вимагає помітно менших витрат, аніж всі розглянуті аналоги. Написаний додаток підтримує роботу на всіх доступних мобільних платформах та не потребує використання найновіших мобільних пристроїв. В цілому, інтерфейс є набагато простішим в опануванні за всі подібні

додатки, програма добре оптимізована, не навантажує пристрої на яких використовується. З оптимальним набором датчиків та підбраною хмарною платформою було збільшено потенційний обсяг користувачів порівняно з аналогами. Новаторство проекту полягає в розробці системи, яку легко впровадити в лікарні та здружити з персоналом, що на сьогоднішній день не спостерігається в масовому вжитку.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Ahrens T. The most important vital signs are not being measured. *Aust. Crit Care*. 2008; p:3–5
2. Elliott M.C.A. Critical care: The eight vital signs of patient monitoring. *Br. J. Nurs*. 2012; p:621–625
3. Saritha C., Sukanya V., Murthy Y.N. ECG Signal Analysis Using Wavelet Transforms. *Bulg. J. Phys*. 2008; p:68–77
4. Turner J.R., Viera A.J., Shimbo D. Ambulatory blood pressure monitoring in clinical practice: A review. *Am. J. Med*. 2015; p:14–20
5. Chan M., Esteve D., Fourniols J.Y., Escriba C., Campo E. Smart wearable systems: Current status and future challenges. *Artif. Intell. Med*. 2012; p:137–156
6. Dias D., Ferreira N., Cunha J.P.S. VitalLogger: An adaptable wearable physiology and body-area ambient data logger for mobile applications; Proceedings of the 2017 IEEE 14th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN); Eindhoven, The Netherlands. 9–12 May 2017; p: 71–74
7. Xiao-Fei T., Yuan-Ting Z., Poon C.C.Y., Bonato P. Wearable Medical Systems for p-Health. *IEEE Rev. Biomed. Eng*. 2008; p:62–74
8. Medtronic MiniMed I. Continuous Glucose Monitoring.  
URL: <https://www.medtronicdiabetes.com> (дата звернення: 23.11.2022)
9. Nikolic-Popovic J., Goubran R. Measuring heart rate, breathing rate and skin conductance during exercise; Proceedings of the 2011 IEEE International Workshop on the Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA); Bari, Italy. 30–31 May 2011; p: 507–511
10. Buller M.J., Tharion W.J., Hoyt R.W., Jenkins O.C. Estimation of human internal temperature from wearable physiological sensors; Proceedings of the Twenty-Second Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference (IAAI-10); Atlanta, GA, USA. 11–15 July 2010

11. Marco Di Rienzo G.P., Brambilla G., Ferratini M., Castiglioni P. MagIC System: A New Textile-Based Wearable Device for Biological Signal Monitoring. Applicability in Daily Life and Clinical Setting; Proceedings of the 2005 IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference 2005
12. Lymberis A.G.L. Wearable health systems: From smart technologies to real applications; Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; New York, NY, USA. 30 August–3 September 2006
13. Seoane F., Mohino-Herranz I., Ferreira J., Alvarez L., Buendia R., Ayllon D., Llerena C., Gil-Pita R. Wearable biomedical measurement systems for assessment of mental stress of combatants in real time. *Sensors*. 2014
14. Banaee H., Ahmed M.U., Loutfi A. Data mining for wearable sensors in health monitoring systems: A review of recent trends and challenges. *Sensors*. 2013
15. Xu P.J., Zhang H., Tao X.M. Textile-structured electrodes for electrocardiogram. *Text. Prog.* 2008
16. Luo N., Ding J., Zhao N., Leung B.H.K., Poon C.C.Y. Mobile Health: Design of Flexible and Stretchable Electrophysiological Sensors for Wearable Healthcare Systems; Proceedings of the 2014 11th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks; Zurich, Switzerland. 16–19 June 2014
17. Giovangrandi L., Inan O.T., Banerjee D., Kovacs G.T. Preliminary results from BCG and ECG measurements in the heart failure clinic; Proceedings of the 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; San Diego, CA, USA. 28 August–1 September 2012
18. Aleksandrowicz A., Leonhardt S. Wireless and non-contact ECG measurement system—The “Aachen SmartChair” *Acta Polytech.* 2007
19. Aarts V., Dellimore K.H., Wijshoff R., Derkx R., Laar J.V.D., Muehlsteff J. Performance of an accelerometer-based pulse presence detection approach compared to a reference sensor; Proceedings of the 14th Annual Body Sensor Networks Conference; Eindhoven, The Netherlands. 9–12 May 2017

20. Puke S., Suzuki T., Nakayama K., Tanaka H., Minami S. Blood pressure estimation from pulse wave velocity measured on the chest; Proceedings of the 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); Osaka, Japan. 3–7 July 2013
21. Yu-Pin H., Young D.J. Skin-Coupled Personal Wearable Ambulatory Pulse Wave Velocity Monitoring System Using Microelectromechanical Sensors. *IEEE Sens. J.* 2014
22. Guo L., Berglin L., Wiklund U., Mattila H. Design of a garment-based sensing system for breathing monitoring. *Text. Res. J.* 2012
23. Tognarelli S.L.D., Cecchi F., Scaramuzzo R., Cuttano A., Laschi C., Menciassi A., Dario P. Analysis of a dielectric EAP as smart component for a neonatal respiratory simulator; Proceedings of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); Osaka, Japan. 3–7 July 2013
24. Mendelson Y., Dao D.K., Chon K.H. Multi-channel pulse oximetry for wearable physiological monitoring; Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Body Sensor Networks (BSN); MA, USA, USA. 6–9 May 2013
25. Zysset C., Nasser N., Büthe L., Münzenrieder N., Kinkeldei T., Petti L., Kleiser S., Salvatore G.A., Wolf M., Tröster G. Textile integrated sensors and actuators for near-infrared spectroscopy. *Opt. Express.* 2013
26. Tierney M.J., Tamada J.A., Potts R.O., Jovanovic L., Garg S. Clinical evaluation of the GlucoWatch<sup>®</sup> biographer: A continual, non-invasive glucose monitor for patients with diabetes. *Biosens. Bioelectron.* 2001
27. MedCityNews FDA Approval for First Glucose Monitoring App. URL: <http://healthmanagement.org/> (дата звернення: 24.11.2022)
28. Jeehoon K., Sungjun K., Sangwon S., Kwangsuk P. Highly wearable galvanic skin response sensor using flexible and conductive polymer foam; Proceedings of the 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); Chicago, IL, USA. 26–30 August 2014
29. Kodali B.S. Capnography outside the operating rooms. *Anesthesiology.* 2013

30. Miozzi C., Amendola S., Bergamini A., Marrocco G. Reliability of a Re-usable Wireless Epidermal Temperature Sensor in Real Conditions; Proceedings of the 14th Annual Body Sensor Networks Conference; Eindhoven, The Netherlands. 9–12 May 2017
31. Smith J. Healthy bodies and thick wallets: the dual relation between health and socioeconomic status. *J Econ Pers.* 1999
32. Sparsh A, Chiew TL. Remote health monitoring using mobile phones and web services. *Telemed e-Health J.* 2010
33. Minh P, Yehenew M, Ha D, Weihua S. Delivering home healthcare through a cloud- based smart home Environment (CoSHE) *Future GenerComput Syst.* 2018;81:129–140. doi: 10.1016/j.future.2017
34. Eren D, Erdem K, Radosveta S, Burhan S (2017) Smart home assistant for ambient assisted living of elderly people with dementia. In: International workshop on IoT, M2M and healthcare. IMH 2017
35. Kashif N, Asri A I Ag, LifenW, Abzetdin A, Jamal DM (2016) Smart home for elderly living using wireless sensor networks and an android application. In: IEEE 10th international conference on application of information and communication technologies. Baku: AICT)
36. Yew HT, Ng MF, Ping SZ, Chung SK, Chekima A, Dargham JA (2020) “IoT Based real-time remote patient monitoring system,” *2020 16th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, 2020
37. Lee EK, Wang Y, Davis RA, Egan BM. Designing a low-cost adaptable and personalized remote patient monitoring system. *IEEE Int Conf Bioinform Biomed (BIBM)* 2017
38. Khan MM, Karim R (2020) “Development of Smart e-Health System for Covid-19 Pandemic,” *2020 23rd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIIT)*
39. J.Y. Soh, W.C. Cha, D.K. Chang, J.H. Hwang, K. Kim, M. Rha, H. Kwon Development and validation of a multidisciplinary mobile care system for

- patients with advanced gastrointestinal cancer: Interventional observation study  
JMIR MHealth UHealth, 6, 2018
40. D.M. Millstine, A. Bhagra, S.M. Jenkins, I.T. Croghan, D.L. Stan, J.C. Boughey, M.-D.T. Nguyen, S. Pruthi Use of a Wearable EEG Headband as a Meditation Device for Women With Newly Diagnosed Breast Cancer: A Randomized Controlled Trial, 2019
  41. I.Y. Cheong, S.Y. An, W.C. Cha, M.Y. Rha, S.T. Kim, D.K. Chang, J.H. Hwan Efficacy of Mobile Health Care Application and Wearable Device in Improvement of Physical Performance in Colorectal Cancer Patients Undergoing Chemotherapy Clin. Colorectal Cancer., 2018
  42. G. Gresham, A.E. Hendifar, B. Spiegel, E. Neeman, R. Tuli, B.J. Rimel, R.A. Figlin, C.L. Meinert, S. Piantadosi, A.M. Shinde Wearable activity monitors to assess performance status and predict clinical outcomes in advanced cancer patients, 2018
  43. S. Dorri, F. Asadi, A. Olfatbakhsh, A. Kazemi A Systematic Review of Electronic Health (eHealth) interventions to improve physical activity in patients with breast cancer Breast Cancer.,2020

