



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

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

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Осухівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Задойному Віктору Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» лютого 2021 року № 4.7-97

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Фактори, що впливають на появу серцевих захворювань, засоби аналізу стану серця, принципи функціонування IoT пристроїв

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ. 1. Аналіз вимог та особливостей проектування комп'ютерних систем медичного призначення. 2. Модель та структура комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань. 3. Програмна модель інтелектуального модуля прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
1. Загальна архітектура системи управління охорони здоров'я.  
2. Архітектура системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань  
3. Схема електрична принципова для вимірювання життєвих показників людини.  
4. Схема електрична принципова для вимірювання показників навколишнього середовища.  
5. Препроцесинг даних.  
6. Результати прогнозування ризиків настання летальних випадків при серцевих захворюваннях.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та аналіз технічного завдання</i>	<i>10.02-17.02.2021</i>	
2	<i>Аналіз принципів організації комп'ютерних систем медичного призначення</i>	<i>19.02-06.03.2021</i>	
3	<i>Обґрунтування вибору апаратного забезпечення комп'ютерної системи прогнозування ризиків серцевих захворювань</i>	<i>07.03-20.03.2021</i>	
4	<i>Проектування архітектури системи прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань</i>	<i>21.03-29.03.2021</i>	
5	<i>Розробка схем електричних принципів</i>	<i>30.03-12.04.2021</i>	
6	<i>Реалізація програмної моделі інтелектуального модуля</i>	<i>13.04-18.05.2021</i>	
7	<i>Розробка інструкцій з налаштування параметрів комп'ютерної системи</i>	<i>18.05-25.05.2021</i>	
8	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>25.05-10.06.2021</i>	
9	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>10.06-12.06.2021</i>	
10	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>13.06-18.06.2021</i>	
11	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>25.06.2021</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Задойоний Віктор Андрійович*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Яцишин Василь Володимирович*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Задойоний Віктор Андрійович// ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2021 // с.– 76, рис. – 32 , табл. – 3, аркушів А1 – 6, бібліогр. – 23.

Ключові слова: ризик, захворювання, серце, прогнозування, система.

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектовано комп'ютерну систему прогнозування ризиків появи серцевих захворювань. До її складу входять дві основні компоненти: підсистема збору даних життєвих показників людини та інтелектуальний модуль прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.

Підсистему збору життєвих показників людини реалізовано за допомогою мобільних сенсорів, які кріпляться до організму людини, однокристального міні-комп'ютера Raspberry PI, як центрального вузла, що виконує функції контролера при передачі даних та хмарного сховища – для зберігання та аналізу зібраної інформації. В якості сенсорів, які кріпляться до тіла людини використано: пульсометр, давач температури тіла та вимірювач артеріального тиску. Окрім цього, для врахування параметрів навколишнього середовища, у якому перебуває людина, застосовано сенсори аналізу параметрів повітря: температури, вологості, наявності шкідливих речовин та інтенсивності світла.

Інтелектуальний модуль прогнозування ризиків появи серцевих захворювань реалізовано за допомогою мови програмування Python та із застосування відкритих бібліотек машинного навчання.

При моделюванні використано і досліджено характеристики шести моделей бінарної класифікації, у результаті якого встановлено, що найбільш ефективною є модель на основі випадкові лісів (Random Forest), що забезпечує точність прогнозування на рівні 97,5%.

## ABSTRACT

Computer-aided system of heart disease risk forecast // Bachelor's thesis // Zadoionyi Viktor Andriyovych // TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2021 // p.– 76 , fig. – 32 , tab. – 3, posters A1 – 6, ref. – 23.

Keywords: risk, disease, heart, prediction, system.

The computer system for predicting the risk of heart disease has been designed in the bachelor's thesis. It consists of two main components: a subsystem for collecting data on human vital signs and an intelligent module for predicting the risk of heart disease. The human vital signs collection subsystem is implemented using mobile sensors attached to the human body, a single-chip Raspberry PI mini-computer, as a central node that acts as a controller for data transmission and cloud storage - to store and analyze the collected information. The following sensors attached to the human body: a heart rate monitor, a body temperature sensor and a blood pressure monitor. In addition, sensors for analyzing air parameters: temperature, humidity, the presence of harmful substances and light intensity were using to take into account the parameters of the environment in which a person is.

The intelligent module for predicting the risk of heart disease is implemented using the Python programming language and the use of open machine learning libraries. The simulation used and investigated the characteristics of six models of binary classification, as a result of which it was found that the most effective model is based on random forests (Random Forest), which provides forecasting accuracy of 97.5%.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання на проектування комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.....	10
1.2 Обґрунтування доцільності та особливості проектування комп'ютерної системи .....	18
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЬ ТА СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ПОЯВИ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	23
2.1 Моделі та архітектури комп'ютерних систем у сфері охорони здоров'я... 23	
2.2 Фактори впливу навколишнього середовища на стан організму людини та комп'ютерна система автоматизованого їх аналізу .....	26
2.3 Різновиди та розвиток IoT у медичній галузі .....	30
2.4 Проектування архітектури комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань .....	35
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	43
3.1 Аналіз відкритих джерел даних для побудови моделі прогнозування щодо виникнення серцевих захворювань.....	43
3.2 Препроцесинг даних.....	45
3.3 Виявлення залежностей між ознаками вхідного набору даних.....	52

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розроб.		Задойоний В.А.			<i>Комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань</i>		6	
Перевір.		Яцишин В.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						
						<b>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44</b>		

3.4	Виявлення значимих ознак набору даних.....	57
3.5	Реалізація моделей прогнозування розвитку серцевих захворювань .....	60
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ....		67
4.1	Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо його зниженню до допустимих величин.....	67
4.2	Вплив діяльності людини на довкілля .....	70
ВИСНОВКИ .....		76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		77
Додаток А. Технічне завдання		

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,  
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

БД	База даних
КС	Комп'ютерна система
ПЗ	Програмне забезпечення
ML	Machine Learning
IEEE	Institution of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standartization

					<i>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## ВСТУП

Здоров'я є однією з найголовніших цінностей людини, оскільки від нього залежить якість життя, працездатність, можливість використовувати надбання суспільства. Розрізняють багато різних його форм і проявів, основними з яких є фізіологічні та ментальні аспекти. На захисті здоров'я зазвичай стоять як сама людина, що повинна вести активний фізичний та розумовий спосіб життя, так і заклади охорони здоров'я, які покликані підтримувати та забезпечувати захист людини в процесі її життєдіяльності.

Враховуючи сучасний розвиток інформаційних технологій, все більше систем автоматизації почали інтенсивно впроваджуватися у систему охорони здоров'я. Комп'ютерні системи, наприклад у вигляді нанороботів, використовують при проведенні складних операційних втручань. Інші типи систем дозволяють проводити спостереження за життєво важливими показниками стану організму, забезпечувати підтримку прийняття рішень при встановленні діагнозу, а також є основою для одержання доступу до різних органів без хірургічного втручання. Хоча на даний час розроблено і використовується дуже багато систем автоматизації різних процесів у галузі охорони здоров'я, все ж смертність населення від різних хвороб є доволі високою. Враховуючи той факт, що наразі триває глобальна пандемія коронавірусу COVID-19, основна увага систем охорони здоров'я прикута до його подолання та зменшення масштабів поширення. Однак за показниками ВООЗ все ж найбільша смертність у світі пов'язана з серцево-судинними захворюваннями. Тому розробка і впровадження систем прогнозування ризиків появи і розвитку таких хвороб є актуальною задачею, особливо в умовах реформування медицини в Україні.

При побудові таких систем необхідно враховувати фактори, які впливають на виникнення та розвиток серцевих захворювань, забезпечувати отримання життєвих показників людини, виконувати їх зберігання, а також формувати сповіщення про критичність показників.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1.1 Аналіз технічного завдання на проектування комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань

Комп'ютерна система, що проектується у даній роботі, орієнтована на прогнозування та можливу появу серцевих захворювань на основі показників життєдіяльності організму людини.

Дана система повинна виконувати збір та аналіз даних щодо схильності до проблем з серцево-судинними захворюваннями з врахуванням способу життя людини.

Із розвитком IoT сфери, на ринку інформаційних технологій з'явилося багато рішень медичного призначення, які дозволяють віддалено контролювати такі життєві показники організму як:

- температура тіла;
- електрокардіограма (ЕКГ);
- кров'яний тиск;
- рівень цукру в крові;
- частоту пульсу.
- рівень насичення киснем.

Окрім цього, у розвинутих країнах прийнято проходити повне обстеження організму із застосуванням спеціалізованих пристроїв по типу магнітно-резонансної томографії, ультразвукової діагностики, електроенцефалографів та ін. Показники стану організму зберігаються у базу даних електронної картки пацієнта. На основі таких накопичених даних можна проводити прогнозування щодо можливості появи серцево-судинних захворювань.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Задойоний В.А.</i>			<i>Аналіз вимог та особливостей проектування комп'ютерних систем медичного призначення</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					10	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Комп'ютерна система прогнозування появи серцевих захворювань повинна забезпечувати віддалений збір даних з давачів і сенсорів життєвих показників людини і на основі накопиченої інформації шляхом застосування методів інтелектуального аналізу виконувати прогнозування виникнення проблем з серцем.

Мета створення комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань полягає у реалізації проекту апаратно-програмного комплексу з інтелектуальною складовою, які давали б можливість попереджувати про виникнення серцево-судинних захворювань, а також прогнозувати імовірність летальних випадків хворих за значеннями життєвих показників організму.

Виходячи з мети роботи, можна сформулювати наступні задачі, які приведуть до її досягнення:

- дослідження принципів організації комп'ютерних систем медичного призначення;
- проектування архітектури та визначення особливостей структурних компонентів комп'ютерної системи;
- обґрунтування технологій і пристроїв віддаленого збору даних;
- визначення технічних характеристик, вимог і структури сховища для зберігання даних;
- реалізація інтелектуальної складової комп'ютерної системи прогнозування ризиків серцевих захворювань на основі відкритих даних;
- проведення тестування та експериментальних досліджень щодо точності прогнозування.

Основними задачами і функціями комп'ютерної системи прогнозування появи серцевих захворювань є забезпечення можливості віддаленого збору, накопичення та передбачення показників, які вказують на ймовірність виникнення ризиків щодо серцево-судинних захворювань.

В якості давачів, які знімають життєві характеристики стану організму людини можуть виступати як пристрої побутового застосування, наприклад,

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

смарт годинники із функціями вимірювання частоти серцевих скорочень, пульсу та фізичної активності людини, так і спеціалізовані апаратно-програмні комплекси, що розміщені у спеціалізованих медичних закладах.

Для прогнозування серцевих захворювань необхідна база даних інформативних ознак появи серцевих захворювань та історії хвороб пацієнта протягом всього періоду його життя.

Найбільш важливою задачею, які потрібно розв'язати при проектуванні комп'ютерної системи є побудова моделі прогнозування ризиків появи серцевих захворювань та реалізація відповідного програмного модуля. Критеріями оцінки ризиків виникнення таких захворювань повинні виступати точність на рівні не менше, ніж 80%, або похибка до 5%.

Окрім основної задачі, необхідно розв'язати і супутні, як наприклад:

- забезпечення апаратної і програмної узгодженості пристроїв для фіксації показників стану організму;
- обґрунтування параметрів апаратного забезпечення комп'ютерної системи;
- можливість використання даних з відкритих джерел, що стосуються показників серцево-судинних захворювань;
- проектування архітектури комп'ютерної системи для забезпечення взаємодії між її компонентами;

В якості комунікаційних каналів, у комп'ютерній системі доцільно використовувати будь-які технології та пристрої, які мають можливість передачі даних і доступ до мережі Інтернет.

Технічні характеристики апаратних засобів для проведення моделювання і тестування інтелектуальної складової комп'ютерної системи повинні підтримувати механізми розпаралелювання і мати достатній об'єм оперативної пам'яті.

Вимоги, які в цілому висуваються до комп'ютерної системи прогнозування серцевих захворювань, включають у себе:

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- вимоги до давачів і сенсорів, які дозволяють одержувати фізичні та фізіологічні параметри організму;
- вимоги до середовища передачі даних;
- вимоги до локальної системи збору та передачі даних;
- вимоги до глобальної системи формування прогнозів щодо стану організму та імовірності виникнення серцевих захворювань.

При обґрунтуванні вибору сенсорів потрібно враховувати можливості щодо їх фіксації на тілі людини, здатності передачі даних до, наприклад смартфонів, а в подальшому у локальне та глобальне сховище даних.

Серед давачів обов'язково повинні бути такі сенсори, які дозволяють зчитувати температуру, тиск, частоту серцевих скорочень, а також значення факторів зовнішніх та внутрішніх метеоумов.

Середовище передачі даних повинно підтримувати відповідні протоколи для IoT пристроїв, які сумісні з протоколами передачі даних на основі WiFi технологій, 4 або 5 G стандартів та ін.

Сховища зберігання даних можуть бути реалізовані на основі реляційних баз даних, або даних, які зберігаються у JSON форматі.

Програмне забезпечення комп'ютерної системи повинно дозволяти формувати прогнози щодо ризиків появи серцевих захворювань та відповідно базуватись на відкритому наборі факторів, які впливають на їх виникнення.

В цілому вимоги до комп'ютерної системи можна сформулювати наступним чином:

- здатність отримувати дані про життєві показники організму;
- можливість одержувати інформацію про умови зовнішнього середовища проживання людини;
- можливість передачі даних до локального та глобального сховищ;
- можливість інтелектуального аналізу даних щодо прогнозування ризиків серцевих захворювань;
- можливість сповіщення людей про стан організму на основі аналізу їхніх життєвих показників;

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- забезпечення захищеності персональних даних.

Структура комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань повинна включати в себе клієнтську і серверну частину.

В якості клієнтів будуть виступати кінцеві пристрої – сенсори, які знімають життєві характеристики організму людини, а також програмні компоненти, які виконують їх надсилання у сховища даних.

Серверна частина включає в себе сховища даних і програмне забезпечення для формування прогнозу щодо імовірності виникнення серцевих захворювань.

Варто відмітити, що існує кілька вкладених рівнів при використанні клієнт-серверної технології, зокрема це стосується взаємодії сенсорів з мікроконтролерами, які виконують перетворення електричних сигналів у зрозумілі значення параметрів життєдіяльності організму. Інша складова може виконувати надсилання даних від контролера до смартфона, або напряму до локального сховища даних. Ще однією реалізацією клієнт-серверної архітектури є відправка повідомлень або сповіщень на смартфон користувача щодо імовірності виникнення серцевого нападу чи розвитку захворювання.

Основними компонентами комп'ютерної системи, яка проектується є:

- сенсори життєвих показників організму людини та якості навколишнього середовища;
- мікроконтролер (и) опрацювання даних із сенсорів;
- локальне сховище даних;
- глобальне сховище даних;
- інтелектуальний програмний модуль прогнозування імовірності виникнення серцевих захворювань та можливого летального випадку.

Комп'ютерна система повинна відповідати вимогам надійності до такого класу систем, а також бути захищеною на різних рівнях взаємодії компонентів.

Вимогами до способів і засобів зв'язку між сенсорами життєвих показників організму людини та мікроконтролерами повинна відбуватись за допомогою безпроводних протоколів передачі даних. В якості таких технологій можна використати WiFi-технології або Bluetooth.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передача даних від мікроконтролера до смартфона та сховищ даних повинна використовувати на транспортному рівні стек протоколів TCP/IP. Окрім цього, компоненти комп'ютерної системи мають бути захищені на фізичному і програмному рівні.

Діагностику компонентів комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань та передбачення летальних випадків умовно можна поділити на дві частини: апаратну і програмну. Вимоги до діагностики апаратного забезпечення включають:

- здатність само ініціалізації давачів життєвих показників;
- ініціалізація мікроконтролерів;
- ідентифікація з'єднань давачів з Raspberry PI;
- тестування і діагностика зв'язку зі сховищем даних.

Діагностика програмного забезпечення проводиться згідно регламенту та у випадку виявлення порушень і помилок при його роботі. Діагностика інтелектуального модулю прогнозування появи серцевих захворювань відбувається у випадку зниження точності прогнозів.

Перспективами розвитку комп'ютерної системи є її впровадження та/або інтеграція із суміжними системами регіонального та загальнонаціонального рівня у сфері управління охорони здоров'я. Модернізація системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань можлива при зміні вимог до її експлуатації, або у випадку побудови більш оптимальної моделі за точністю та одночасно за кількістю використовуваних ресурсів.

Перспективи розвитку і модернізації комп'ютерної системи можуть бути також пов'язані з необхідністю розширення функціональних властивостей або переходу на іншу програмно-апаратну платформу. При цьому проектувана система повинна бути гнучкою і масштабованою.

Вимогами надійності до комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих випадків та імовірних летальних випадків виступають:

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– безвідмовність функціонування протягом визначеного періоду часу, зазвичай, протягом активної фази життєдіяльності людини протягом світлового дня (стан бадьорості) ;

– можливість використання однотипних та взаємозамінних сенсорів життєвих показників організму людини з похибками в межах допустимих інтервалів;

– безвідмовність роботи мікроконтролерів Raspberry PI;

– час напрацювання компонентів системи на відмову до 10000 год.;

– сумісність із зовнішніми однорідними системи;

– захищеність доступу до апаратного і програмного забезпечення;

– захист апаратних пристроїв від впливу агресивних зовнішніх метеофакторів.

Основними вимогами до функцій і задач, які має розв'язувати комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань є:

– можливість одержання показників життєдіяльності організму;

– здатність перетворення фізичних характеристик сенсорів у характеристики стану організму людини;

– можливість комунікації компонентів системи за визначеними протоколами передачі даних;

– здатність накопичувати інформацію про характеристики стану організму;

– здатність до прогнозування появи серцевих захворювань та імовірності настання летальних випадків;

– врахування факторів впливу на появу серцевих захворювань, зокрема віку, статі, способу життя, вживання алкоголю, куріння і т.п.;

– забезпечення точності результатів прогнозування не нижче 80% та стійкості алгоритму;

– здатність до масштабування сховища даних;

– можливість налаштування прав доступу до ресурсів комп'ютерної системи;

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- можливість надсилання сповіщень про критичний стан організму.

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи для збору даних життєвих показників організму при прогнозуванні появи серцевих захворювань включає в себе:

- сенсор для вимірювання частоти серцевих скорочень (пульсометр);
- сенсор температури тіла (TTC05);
- сенсор артеріального тиску (US9111);
- мікроконтролер на базі Raspberry Pi.

Оскільки, система повинна враховувати показники навколишнього середовища, то доцільним є застосування наступного апаратного забезпечення:

- сенсор температури (TTC05);
- сенсор вологості (RH31);
- сенсор якості повітря (MQ2);
- сенсор інтенсивності світлового потоку (LM393);
- мікроконтролера на базі Raspberry Pi.

При реалізації інтелектуального модуля для прогнозування ризиків появи серцевих захворювань необхідно застосування комп'ютерної техніки з наступними технічними характеристиками:

- процесор з кількістю логічних ядер не менше 16 і тактовою частотою на рівні 2,1 ГГц;
- відеокарта об'ємом 8 ГБ;
- розмір оперативної пам'яті – не менше 32 ГБ;
- об'єм накопичувачу – 4 ТБ.

Операційними системами мікроконтролера Raspberry Pi повинна бути Rasbian, а для сховищ даних може використовуватись як Windows, так і Linux системи.

Реалізація інтелектуального модуля повинна бути виконана з використанням мови програмування Python і відповідних відкритих бібліотек.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Обґрунтування доцільності та особливості проектування комп'ютерної системи

Здоров'я є основною здатністю організму людини щодо можливості сприймати, відчувати та ефективно діяти в процесі життєдіяльності та є основним елементом розвитку особистості і середовища, до якого належить людина. Загально визнаними є важливість розвиненості систем охорони здоров'я для забезпечення якості життя та соціальної стабільності у сучасному суспільстві. Поліпшення здоров'я та добробуту людини є кінцевою метою будь-якого економічного, технологічного та соціального розвитку. Отже, здоров'я населення є відповідальністю держави, що також впливає на конкурентоспроможність сучасних економік.

У роки, що передували економічній кризі, фінансування охорони здоров'я випереджало решту видатків бюджету практично в усіх країнах. Однак в останні роки, очевидно, що із збільшенням фінансових ресурсів на охорону здоров'я відповідно до загального економічного розвитку, витрати на охорону здоров'я у відсотках від ВВП залишаються стабільними. У багатьох європейських країнах до 2019 року спостерігалось подальше зниження фінансування медичної галузі, згідно з даними статистики охорони здоров'я OECD. (рис. 1.1).

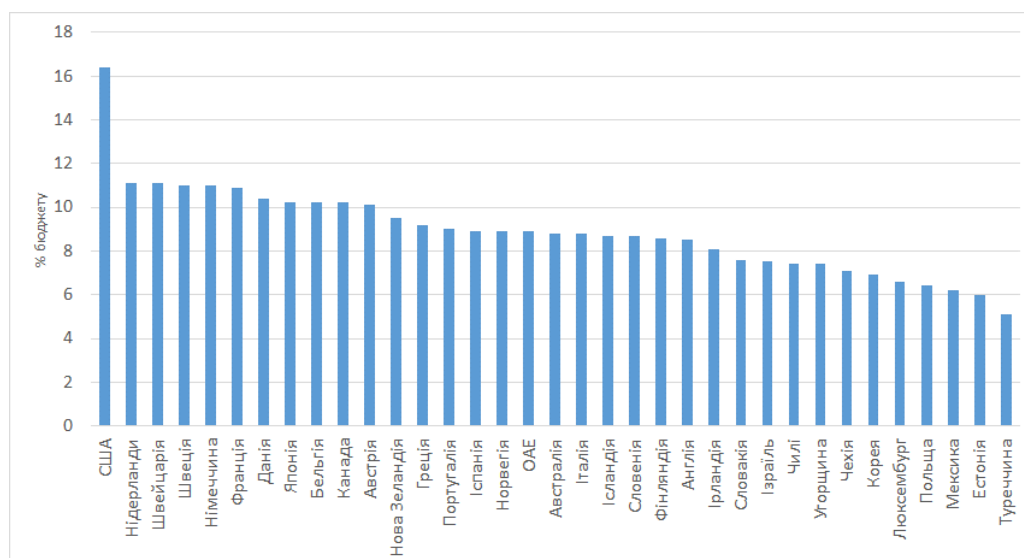


Рисунок 1.1 – Статистика витрат на охорону здоров'я

Більшість країн Європейського Союзу повідомляють про реальні витрати на охорону здоров'я на душу населення нижче рівня 2009 року.

За межами Європи рівень фінансування охорони здоров'я зростає приблизно на 2,5% на рік з 2010 року. Середньорічні витрати на охорону здоров'я в 2014 – 2018 роках становлять від 2,4% у Західній Європі до 4,9% у Північній Америці; і з 8,1% в Азії та Австралії до 8,7% на Близькому Сході та в Африці. Найкращі напрямки розвитку охорони здоров'я на 2015 рік представлені на рис. 1.2.

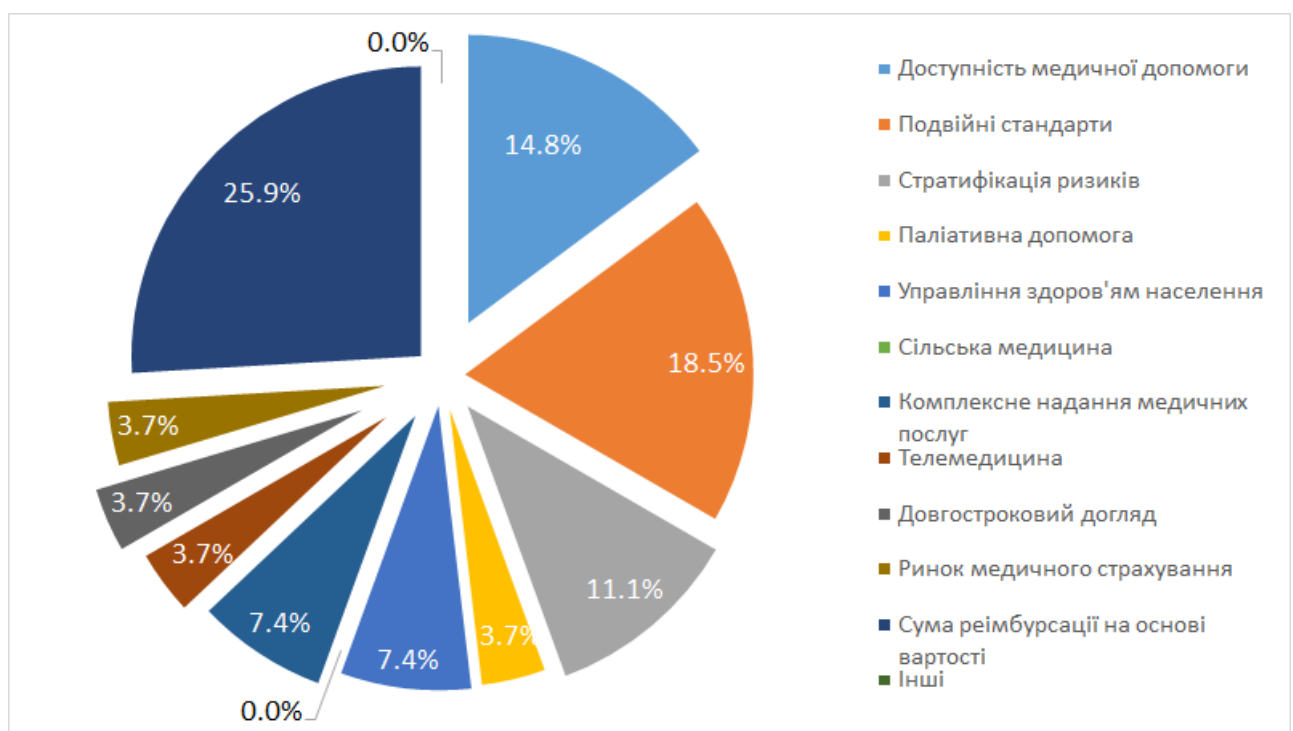


Рисунок 1.2 – Статистика розвитку напрямів охорони здоров'я

Надання якісних і доступних за ціною медичних послуг стає дедалі складнішим завданням. Для розв'язання цих задач системи охорони здоров'я, як правило, повинні враховувати потреби охорони здоров'я цільового населення. Досягнення у медичній галузі всього світу у двадцятому-двадцять першому столітті вражають застосуванням нових технологій і підходів до лікування та попередження хвороб. Здоров'я та якість життя населення в основному є результатом досягнення та розвитку галузі медичної допомоги, виробляючи та

надаючи широкому колу людей комплекс послуг, що зосереджуються на індивідуальних, приватних та групових практиках, лікарнях та громадському здоров'ї. Цим здобуткам у галузі забезпечення здоров'я сприяв швидкий прогрес у сфері інформаційно-комунікаційних технологій та зростання кількості застосування IoT (портативних пристроїв і сенсорів). Практику охорони здоров'я, що підтримується електронними процесами та взаємодією, зазвичай називають електронним здоров'ям. На сьогодні електронне здоров'я тісно пов'язане з використанням мережі Інтернет. Швидкий розвиток технологій та інструментів, які підтримають комунікацію через мережу Інтернет призводить до все більшого застосування нових технологічних рішень на глобальному рівні.

Системи електронної охорони здоров'я можуть «доставляти» високоякісну інформацію в режимі реального часу та способом, який є легко доступним. Вони здатні розв'язувати складні проблеми зі здоров'ям людей у віддаленому режимі. Наприклад, особи, які здійснюють догляд, можуть легше отримати доступ до медичних карток пацієнтів, отримати швидкий доступ до результатів тестування в лабораторії та доставляти рецепти безпосередньо фармацевтам. Підводячи підсумок, використання електронної охорони здоров'я включає профілактичне здоров'я, попереджувальний моніторинг, подальший догляд та лікування хронічних захворювань.

Оскільки охорона здоров'я «Do It Yourself» (DIY, «Зроби сам») стала головним напрямом охорони здоров'я, починаючи з 2015 року у даній роботі розглядається комп'ютерна система, яка включатиме все, що пацієнт очікує від комерційної системи. Іншими словами, використовуючи недороге обладнання та програмне забезпечення з відкритим кодом, можна створити систему «зроби сам» таким чином, щоб власне рішення відповідало конкретним потребам користувача. Запропоноване рішення може бути використано для моніторингу життєвих параметрів людини, а також деяких параметрів навколишнього середовища, що впливають на здоров'я. Отже, надання інструментів кінцевим споживачам та можливість формувати власні потреби вигідне як користувачам, так і розробникам продуктів медичної галузі.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Соціальне, економічне, культурне та навколишнє середовище, в якому проживають люди, має значний вплив на їхнє здоров'я та добробут. Тому на функціональний та емоційний стан організму людини прямо чи опосередковано впливають багато факторів, такі як умови життя та праці, освіта, культура, навколишнє середовище, економіка тощо. Тим не менше, індивідуальні особливості та поведінка людини відіграють важливу роль у формуванні здоров'я людини.

Моніторинг життєвих параметрів пацієнта проводиться, щоб допомогти оцінити загальне фізичне здоров'я людини, дати підказки про можливі захворювання та показати прогрес на шляху до одужання.

Швидкий розвиток технологій супроводжується впровадженням нових пристроїв, що використовуються пацієнтами у багатьох формах. Це дозволяє відстежувати інформацію про стан здоров'я, яка може мати життєво важливе значення для деяких пацієнтів.

У наш час існує безліч пристроїв на ринку, які можуть віддалено контролювати життєві показники пацієнта, такі як: температуру, електрокардіограму (ЕКГ), артеріальний тиск, рівень цукру в крові, частоту пульсу або рівень насичення киснем.

Метою використання датчиків, які кріпляться до тіла людини чи знаходяться навколо нього є збір сигналів, що відповідають або фізичним навантаженням, або фізіологічним умовам користувача.

До списку загально використовуваних типів датчиків входять:

- інерційні давачі руху – використовуються для оцінки та контролю стану організму та різних моделей руху людини;
- біоелектричні давачі – наприклад, давачі ЕКГ, сенсори ЕМГ (електроміографія);
- електрохімічні давачі – для прикладу давачі рівня глюкози в крові, сенсори рівня концентрації вуглекислого газу;
- оптичні сенсори – наприклад, для визначення міри насичення киснем;
- сенсори температури.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, актуальною задачею, яка розв'язується у даній роботі, є розробка проекту комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань, яка може розглядатись як складова більш комплексної системи управління здоров'ям пацієнтів на регіональному та національному рівнях. У наступному розділі розглядаються етапи проектування комп'ютерної системи, обґрунтовується апаратне забезпечення та виконується проектування структурної схеми компонентів.

					<i>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЬ ТА СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ПОЯВИ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

### 2.1 Моделі та архітектури комп'ютерних систем у сфері охорони здоров'я

Сучасні моделі охорони здоров'я, підсистемою яких є комп'ютерна система прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань, у наш час застосовується здебільшого до трьох найпоширеніших хронічних розладів, які, як передбачається, стануть трьома основними причинами смертності у 2020 році (серцево-судинні, неврологічні та дихальні розлади). Пацієнти, як правило, оснащені мобільними легкими пристроями, здатними отримувати дані про параметри життя та охорони здоров'я людини. Згодом вони передають інформацію у локальну підсистему опрацювання даних за допомогою визначених протоколів і ліній зв'язку (Bluetooth, NFC або RFID).

Локальна підсистема опрацювання життєвих показників організму людини може просто передавати дані у зовнішню віддалену систему (клініка / мережеві медичні працівники) через GSM або Wi-Fi, або може застосовувати складнішу обробку інформації, наприклад із застосуванням методів та інструментів штучного інтелекту, перш ніж їх відправити.

У першому випадку віддалена підсистема зберігає та опрацьовує дані і як результат створює попередження у випадку, коли стан пацієнта наближається до критичного. При іншому варіанті, локальна підсистема опрацювання даних, запускає спеціальне програмне забезпечення для аналізу отриманих показників.

На рис. 2.1 наведено узагальнену архітектуру комп'ютерної системи щодо управління показниками здоров'я людини.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Задойоний В.А.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>				23	
<i>Реценз.</i>					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Модель та структура комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань</i>		



Рисунок 2.1 – Узагальнена структура управління життєвими показниками людини

У разі будь-яких відхилень, результати та зібрані життєво важливі дані негайно передаються медичним працівникам для подальшого аналізу, а також формуються попереджувальні повідомлення.

Таким чином, телемоніторинг пацієнтів, обробка сигналів та зображень, система оповіщення та сигналізації мають вирішальне значення для порятунку життя. На сьогодні найбільш відомими централізованими системами управління процесами охорони здоров'я узагальнені є:

- система @Home, основним функціональним призначенням якої є віддалене контролювання життєвих показників пацієнта;
- HEARTFAID – система, що орієнтована на покращення ранньої діагностики стану організму і як наслідок робить більш ефективним медичне клінічне лікування захворювань серця серед людей похилого віку;
- ALARM-NET – це система-асистент аналізу життєвих показників людини та мережа моніторингу середовища проживання людей на основі впровадженого адаптивного медичного обслуговування;
- CAALYX – програмно-апаратний комплекс, який підвищує автономність та впевненість у собі людей похилого віку, шляхом впровадження



системи світлових пристроїв і сенсорів для вимірювання певних життєвих показників, виявлення падінь та автоматичного спілкування у режимі реального часу з постачальником послуг при виникненні надзвичайної ситуації, незалежно від місця перебування людини;

– TeleCARE – комплекс, що інтегрує мобільні агенти з мережею Інтернет для побудови загальної гнучко-налаштовуваної інфраструктури з метою, щоб люди похилого віку та особи, відповідальні за надання допомоги, могли отримати максимальний ефект від розроблених технологій;

– CHRONIC – це нова європейська модель, що орієнтована на догляд за хронічними хворими на базі інтегрованого ІТ-середовища;

– MyHeart – це інтелектуальна система профілактики та моніторингу серцево-судинних захворювань, що використовує розумні електронні і текстильні системи та відповідні послуги, що дозволяють пацієнтам контролювати стан власного здоров'я;

– OLDES – це інноваційна недорога технологічна платформа, яка надає широкий спектр послуг людям похилого віку;

– SAPHIRE – система, яка забезпечує спостереження за пацієнтом на основі технології розподілених агентів, доповнена інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень на основі рекомендацій клінічної практики.

У процесі забезпечення охорони здоров'я використовуються спостереження, отримані від бездротових медичних датчиків, разом із історією хвороби пацієнта. Подібним чином організовано ряд інших систем, які використовують розумні, інтелектуальні бездротові сенсорні пристрої. Їх можна ефективно використовувати разом з побутовими пристроями для повсякденного життя, і таким чином визначати стиль життя самотньої літньої людини.

Система, яка проектується у даній кваліфікаційній роботі, використовує обмежену кількість сенсорів і може бути легко встановлена та супроводжувана у звичайних побутових умовах. Сучасні системи особистого моніторингу здоров'я та подібні медичні вироби повинні використовувати цілий ряд проектних рішень, а також забезпечити захист особистої інформації, яка зберігається в пристрої або передається до / із пристрою.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Багато приладів особистого контролю здоров'я також повинні бути портативними, отже їхні розміри мають бути невеликими, а самі сенсори і плати керування легкими та малопотужними.

Наприклад, надзвичайно дешева, але при цьому корисна, невелика і потужна комп'ютерна плата - Raspberry Pi (RPi) має вбудовану підтримку великої кількості вхідних і вихідних периферійних пристроїв та мережевого зв'язку, і це ідеальна платформа для взаємодії з багатьма різними пристроями. Його Sensor Shield V2.0 (SSV2.0) виконує біометричні та медичні програми, де параметри тіла моніторяться за допомогою 10 різних датчиків: пульсу, кисню в крові (SpO2), потоку повітря (дихання), температури тіла, електрокардіограми (ЕКГ), глюкометр, гальванічна реакція шкіри (GSR - потовиділення), артеріальний тиск (сфігмоманометр), положення пацієнта (акселерометр) та датчик м'язів / електроміографії (ЕМГ).

Така система дозволяє в режимі реального часу контролювати стан пацієнта або отримувати конфіденційні дані для подальшого аналізу з метою встановлення медичного діагнозу. Зібрану біометричну інформацію можна передавати бездротовим способом, використовуючи будь-який із шести доступних варіантів підключення: Wi-Fi, 3G, GPRS, Bluetooth, 802.15.4 та ZigBee, залежно від програми. Використовуючи підтримку RPi для DSI (Display Serial Interface) і для CSI (Camera Serial Interface) рішення можна легко підключити до дисплея та камери відповідно

## 2.2 Фактори впливу навколишнього середовища на стан організму людини та комп'ютерна система автоматизованого їх аналізу

Сучасний стан розвитку і впровадження сенсорних і комунікаційних технологій, а також інтелектуальних методів аналізу даних дозволяють не тільки вимірювати життєво важливі показники організму, але й оснащувати житлове середовище системами аналізу якості навколишнього середовища. Приклад архітектури частини розумного будинку, орієнтованого на збір та аналіз якості критеріїв навколишнього середовища показано на рис. 2.2.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

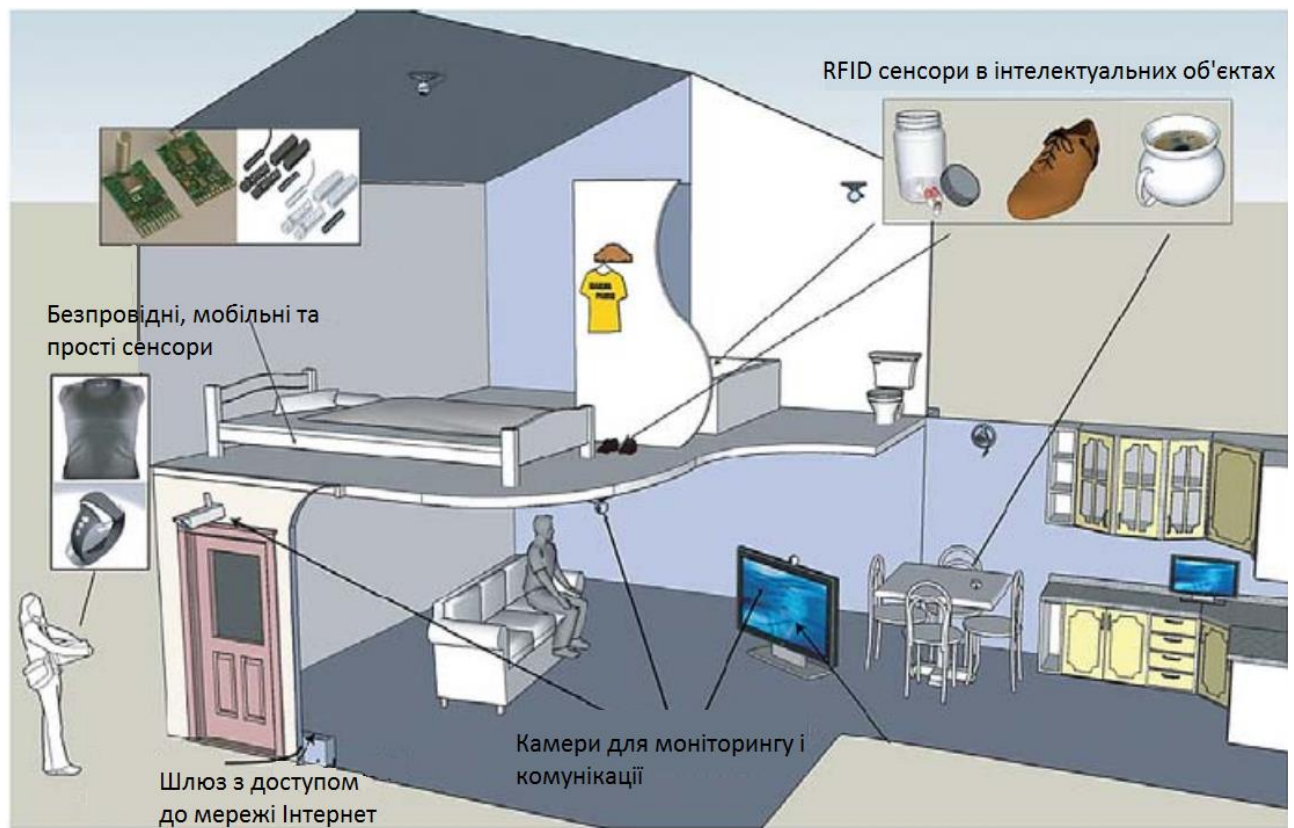


Рисунок 2.2 – Застосування IoT пристроїв при визначенні показників навколишнього середовища

Фактори навколишнього середовища впливають на великі групи живих організмів (людей зокрема), які перебувають у спільних житлових або робочих просторах, і можуть впливати на психологічний стан організму людини.

Загалом, до факторів навколишнього середовища, які є важливими для здоров'я, належать:

- природне оточення, таке як рослини, погода чи кліматичні зміни;
- середовище створене людиною, таке як будівлі (робочі місця, школи, будинки, вуличні сполучення і т.д.), фізичні бар'єри (особливо для людей з обмеженими можливостями) або транспорт;
- наявність токсичних речовин та інші небезпеки.

Наявність у повітрі формальдегіду, вуглекислого газу, озону, діоксиду азоту, метану, пилку, температури, відносної вологості, радіації, загальних

летких органічних сполук та багатьох інших фізичних факторів зовнішнього середовища має величезний вплив на здоров'я.

Крім того, екстремальна спека або холод може спричинити деякі порушення, такі як інсульт. Домашній пил або пилок можуть спричинити алергічні ефекти, а, наприклад, шум – порушення сну тощо.

На дослідження параметрів навколишнього середовища для охорони здоров'я практично не звертали уваги, хоча при цьому не складно реалізувати комп'ютерну систему на основі звичайних сенсорів якості показників навколишнього середовища.

Застосування існуючих сенсорних технологій створює багато можливостей для домашнього моніторингу параметрів здоров'я.

Наприклад, температуру та вологість повітря в кожному приміщенні можна легко контролювати. Звук і вібрацію можна спостерігати в різних діапазонах частот. Також існує можливість контролювати освітленість у кожній кімнаті.

Детектори диму встановлюються у житлових і не житлових приміщеннях для виявлення осередку загоряння, тоді як вуглекислий газ можна контролювати за допомогою простого сенсора типу інфрачервоного поглинання.

Отже, представлені вище підходи також можуть бути використані для вимірювання параметрів навколишнього середовища, використовуючи адекватний тип датчиків.

Обрані датчики повинні бути неінвазивними, простими в налаштуванні та використанні, з ефективною щоденною діяльністю, захистом від перешкод, шуму та світла, водонепроникними, стабільними та з надійними характеристиками бездротової або дротової мінімальної передачі. Окрім цього, вони повинні мати мінімальний вплив на нормальне життя користувача та відповідати медичним вимоги до такого класу сенсорів.

Порівняно із використанням великої кількості бездротових датчиків, стратегія розгортання декількох, але дуже точних цифрових, недорогих, розумних та інтелектуальних сенсорів має значні переваги у випадку моніторингу якості параметрів навколишнього середовища всередині будинку.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною вимогою при цьому є розташування давачів поблизу джерела потенційного проблемного явища, де отримані дані, ймовірно, матимуть найбільшу користь або вплив на здоров'я людини.

Для обґрунтування ефективності застосування сенсорів та їх функціонального призначення у мереже-орієнтованій системі, датчик повинен відповідати набору вимог, які демонструють його переваги та призначення у системі.

На сьогоднішній день запропоновано та створено багато пристроїв моніторингу для побутового застосування і телеобслуговування, і деякі з них є характеризуються не великою ціною.

Деякі апаратні пристрої не вимагають підключення давача до корпусу і повністю запрограмовані таким чином, щоб можна було контролювати параметри здоров'я людини, не виконуючи жодної операції. Використовуючи такі інструменти та приєднавшись до системи телекомунікаційних мереж, існує можливість відстеження фізичного стану пацієнтів із хронічними захворюваннями. Крім того, можна їх використовувати у повсякденному житті самотніх людей похилого віку з віддалених місць, а зібрані дані можна аналізувати на центральній станції.

Отже, тепер стають доступними технології моніторингу показників здоров'я в домашніх умовах, що дають змогу збирати дані на основі довгострокового моніторингу, які навряд чи отримають традиційні обстеження в лікарнях.

Такий підхід створює можливість для впровадження інтелектуальних пристроїв передачі більш цінної інформації, зменшуючи необхідність безпосередньої взаємодії пацієнта та медичного працівника.

Завдяки швидшому та кращому аналізу, медичні працівники можуть підвищити якість догляду за пацієнтами, лікування хронічних захворювань, ефективність управління лікарнями та ланцюгами поставок ліків, а також надавати медичні послуги більшій кількості людей за зменшених витрат.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Різновиди та розвиток IoT у медичній галузі

Поява Інтернету речей (IoT), що характеризується як дуже динамічна та глобально розподілена мережева система до складу якої може входити дуже велика кількість «розумних об'єктів», пропонує перспективні рішення для галузі охорони здоров'я. Такі технології, створюючи більш революційний підхід для управління процесами управління та забезпечення якості здоров'я людей, функціонують на основі моделі конфіденційності/безпеки. Іншими словами, включення та застосування концепцій IoT в системі охорони здоров'я передбачає можливість її використання для збереження життя практично необмеженої кількості населення.

Рішення для електронного охорони здоров'я, що працюють на основі IoT, повинні акумулювати та забезпечувати велику кількість інформації для пацієнтів та їхніх лікарів. Ці дані можуть виступати основою для прийняття рішень незалежно від місцезнаходження особи.

Інтернет речей вже вніс суттєві зміни у багатьох сферах охорони здоров'я, зокрема:

- моніторинг та діагностика пацієнта;
- передача, зберігання та обмін інформацією і даними;
- інтелектуальні медичні пристрої та інструменти (розумні крісла, RFID, давачі).
- підключення аварійних відділень, машин реагування та лікарні.

У своєму звіті Глобальний інститут МакКінсі представляє прогнози та економічну доцільність охорони здоров'я, що працює на основі Інтернету речей, в якому зазначається, що до 2025 року найбільший відсоток доходів від Інтернету речей піде на охорону здоров'я (рис. 2.3).

В останні роки спостерігається поява великої кількості підключених до мережі Інтернет медичних пристроїв, таких як інтелектуальні пульсометри, манжети для артеріального тиску, глюкометри, інгалятори від астми, термометри та пляшки з таблетками. Такі пристрої і відповідне програмне

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення одержали назву Інтернет медичних речей (IoMT – Internet of Medical Things).

### Економічний вплив від застосування IoT у 2025 р.

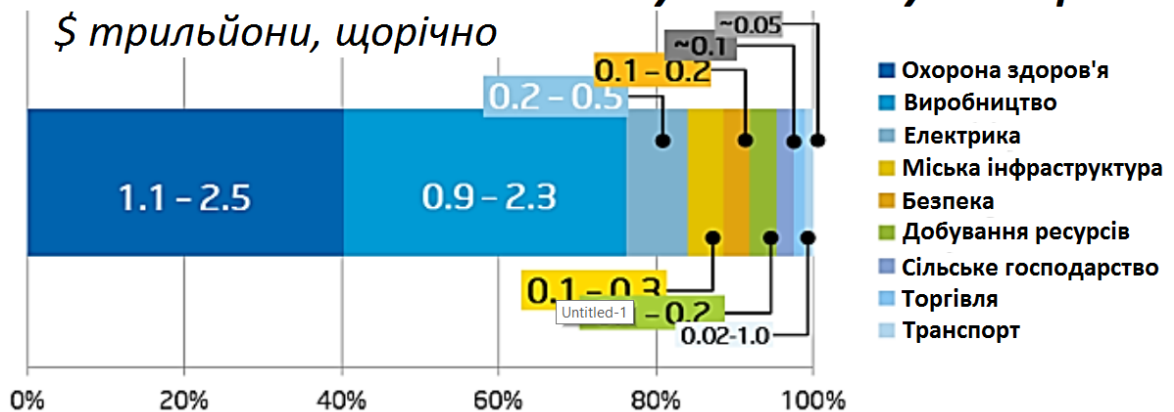


Рисунок 2.3 – Прогноз видатків на охорону здоров'я до 2025 року

Згідно з класифікацією Атлантичної ради, існує чотири категорії медичних пристроїв, які відповідають критеріям IoT:

- загального призначення – системи, які можуть використовуватись пацієнтами і не потребують особливих навиків налаштування, наприклад, фітнес-браслети;
- мобільні зовнішні пристрої – апаратні засоби, які людина може фіксувати на тілі і є частковими інвазивними, наприклад, інсулінові насоси;
- вбудовані пристрої – клас апаратного забезпечення до якого відносять, наприклад, кардіостимулятори та імплантовані пристрої для дефібриляції серця, мініатюрні (всередині тіла) сенсори;
- стаціонарні пристрої по типу магнітно-резонансних томографів, ультразвукової діагностики, системи внутрішньовенного моніторингу та ряд інших.

Можна сказати, що IoMT, як і IoT, є рушійним нововведенням, яке прийшло на зміну традиційним засобам діагностики, лікування і надання медичних послуг. Вони кардинально змінюють спосіб обслуговування пацієнтів при цьому забезпечуючи:

- досягнення кращих результатів у порівнянні з існуючими підходами;

- підвищення ефективності надання послуг;
- зростання економічності процесів управління охороною здоров'я;
- підвищенню якості персоналізованої допомоги.

Нове покоління "медичних" або "клінічних носіїв" на основі IoT буде оснащено більш складними функціями зондування, захоплення та аналізу, завдяки чому користь цих пристроїв стане ще більш ефективною.

Нещодавнє дослідження Frost & Sullivan про поведінку споживачів у сфері цифрового здоров'я показує, що в даний час приблизно 24% споживачів використовують мобільні програми для відстеження стану здоров'я та самопочуття, 16% використовують переносні мобільні сенсори та 29% використовують електронні особисті записи про здоров'я.

Очікується, що ця тенденція збережеться, оскільки 47% споживачів найближчим часом розглянуть можливість використання мобільних сенсорів з доступом до мережі Інтернет.

Прикладами застосування IoMT є:

- дистанційний моніторинг пацієнтів з хронічними або тривалими захворюваннями;
- відстеження стану замовлень на лікування пацієнтів
- встановлення місцезнаходження пацієнтів, які потрапляють до лікарень;
- мобільні пристрої охорони здоров'я пацієнтів, які можуть надсилати інформацію доглядачам.

Інфузійні насоси, які підключаються до аналітичних приладових панелей та лікарняних ліжок, оснащені давачами, що вимірюють життєві показники пацієнтів. Ці медичні пристрої можна перетворити та/або використовувати як технологію IoMT. Практику використання пристроїв IoMT для дистанційного спостереження за пацієнтами в їхніх будинках по-іншому називають телемедициною.

Лікарні використовують IoT для відстеження місця розташування медичних виробів, персоналу та пацієнтів. Таке лікування позбавляє пацієнтів від поїздок до лікарні чи кабінету лікаря, коли вони мають медичний запит або

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



змінюється їхній стан здоров'я. Крім того, зміні загальної системи охорони здоров'я також сприяє стрімкий розвиток нанотехнологій. IoT із нано-машинами привернув велику увагу як одну з нових дослідницьких областей, надавши системі охорони здоров'я новий глобальний домен - Інтернет наноречей (IoNT) та наномедицину.

Застосування IoNT у наномедицині формує значне покращення результатів щодо зміцнення здоров'я людини шляхом застосування нових способів та засобів спостереження і діагностики, зокрема в галузі профілактики здоров'я, попереджувального моніторингу, подальшого догляду та лікування хронічних захворювань.

Іншими словами, завдяки проектуванню, характеристиці, виробництву та застосуванню нанорозмірних інтелектуальних матеріалів та їх застосуванню у медицині існує можливість здійснити революцію в галузі охорони здоров'я. Очевидно, що пацієнти та особи, які доглядають за ними, можуть отримати вигоду від IoT / IoMT / IoNT, забезпечуючи більшу присутність у охороні здоров'я.

Адекватні шляхи та засоби для забезпечення належного надання медичної допомоги на основі моніторингу параметрів та безпосереднього надання медичної допомоги. Для того, щоб відстежувати та реєструвати в режимі реального часу особисті дані, а також параметри навколишнього середовища, що впливають на здоров'я, необхідно використовувати відповідні пристрої чи інструменти, які є доступними для широкого кола громадськості.

Такі пристрої, як правило, придатні для носіння, а інструменти доступні в цифровому вигляді через програми для мобільних пристроїв, тоді як масштаб нанопристроїв дозволяє досягти важкодоступних областей та доступу до життєво важливої інформації на абсолютно новому рівні (молекулярна інформація).

Наномашини, розміщені всередині людського тіла, а також різні медичні пристрої та датчики можуть віддалено керуватися через Інтернет зовнішнім користувачем (постачальником медичних послуг).

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсумовуючи, концепція IoT / IoMT / IoNT передбачає використання електронних пристроїв, які фіксують або відстежують дані та підключаються до приватного чи публічного хмарного сховища, що дозволяє їм автоматично запускати певні події.

Ці концепції швидко змінюють сценарій охорони здоров'я, зосереджуючись на тому, як люди, пристрої та програми пов'язані та взаємодіють між собою. Зрештою, усі члени групи з догляду будуть пов'язані, як показано на рис. 2.4

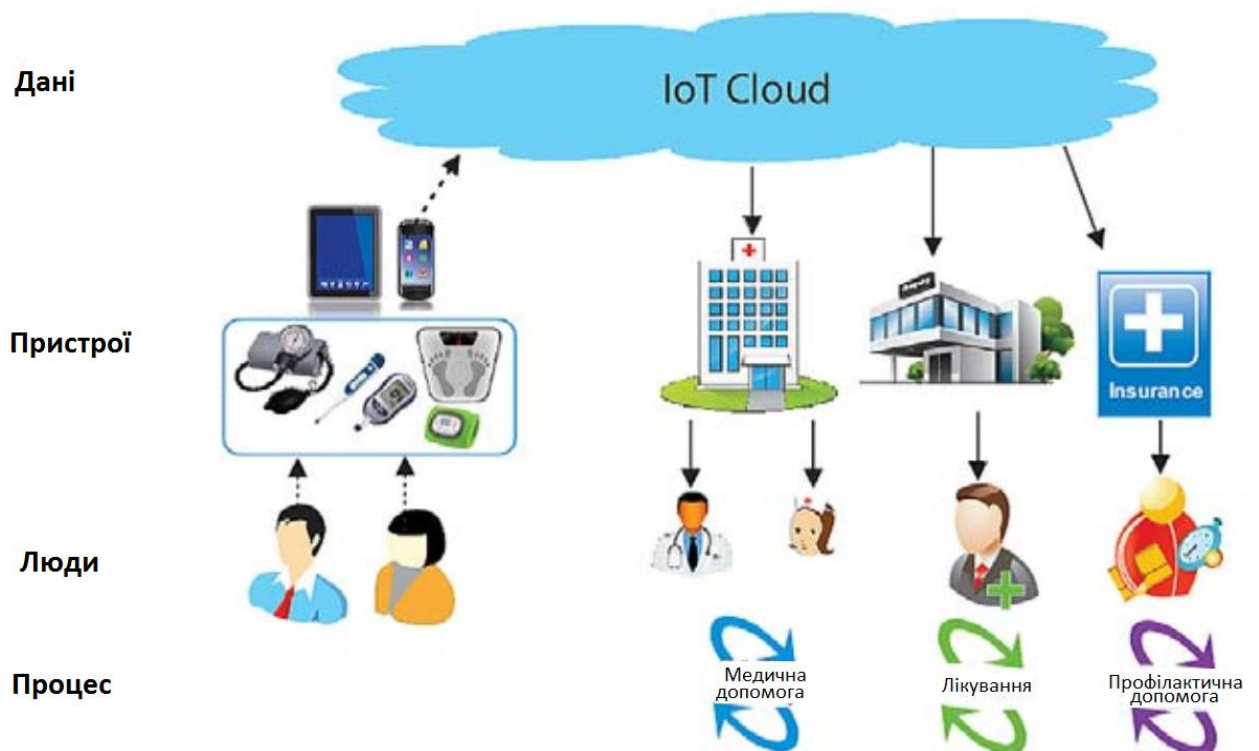


Рисунок 2.4 – Принципи організації та взаємодії компонентів комп'ютерної системи медичного призначення на основі IoT

На основі результатів проведеного аналізу можна зробити висновок, що конвергенція IoT, даних про здоров'я, біомедицини, бездротового зв'язку та мобільних пристроїв перетворює медицину на науку, що керується даними. При цьому забезпечується правильна допомога у потрібному місці, в потрібний час та за доступною ціною. Тому рішення IoT для охорони здоров'я є ключовими факторами для переосмислення допомоги пацієнтам.

Перевагами застосування IoT у сфері охорони і догляду за здоров'ям є:

- кращий догляд за пацієнтами;
- більша операційна ефективність та зниження вартості;
- покращений контроль та відстеження активів.

Симбіоз галузі охорони здоров'я та Інтернету речей є перспективним, але вимагає вирішення ряду проблем. Основні питання, які потрібно буде розв'язувати полягають з частою зміною та оновленням програмного забезпечення мобільних пристроїв, узгодженості протоколів обміну даними та захищеністю і безпекою щодо втручання сторонніх сервісів.

#### 2.4 Проектування архітектури комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань

На сьогодні найбільшим викликом у галузі охорони здоров'я є те, як надати можливість лікарям у режимі реального часу відстежувати стан організму пацієнтів і при цьому забезпечити уникнення відвідування медичних закладів чи лабораторій. Такі рішення можна знайти при використанні мобільних медичних пристроїв і сенсорів, які дозволяють провайдерам охорони здоров'я виконувати деякі основні завдання моніторингу пацієнтів. При цьому ефективним є пристрої самоконтролю, які утворюють систему «Зроби сам» (DIY).

Пристрої для самоконтролю створюються з метою надання негайної доступності особистих даних медичному фахівцю. Як правило, комп'ютерні системи охорони здоров'я на основі IoT, виконують такі функції:

- моніторинг – спостереження за станом здоров'я пацієнтів, самообслуговування хронічних захворювань, моніторинг літніх людей або оздоровчий та профілактичний догляд;
- надання послуг дистанційного обслуговування;
- управління інформацією;
- міжорганізаційна інтеграція.

Найбільш суттєвою перевагою комп'ютерних систем самоконтролю є уникнення необхідності проведення діагностики у закладах медичного

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначення. Додатково плюсом таких систем є забезпечення зв'язку із експертними системами охорони здоров'я. Це дуже важливо з точки зору надання достовірної інформації для проведення діагностики, зменшення лікарських помилок та оперативного надання медичних послуг. Охорона здоров'я своїми руками («Зроби сам»), передбачає використання мобільних програм та пристроїв медичного призначення, є однією з головних тенденцій охорони здоров'я сьогодні.

Багато медичних працівників ефективно застосовують мобільні програми для комунікації з пацієнтами, особливо при розв'язанні таких питань, як здорове харчування, втрата ваги та фізичні вправи. Найближчим часом очікується, що акцент буде зроблений на гнучкості, зручності та технологіях, що забезпечують персоналізований досвід, який відповідає конкретним потребам користувача.

Відповідно до цього, основна увага у кваліфікаційній роботі зосереджена на створенні власної системи, яка включатиме все, що користувач очікує від комерційної системи. Іншими словами, за допомогою недорогого обладнання та програмного забезпечення з відкритим кодом можна створити систему «зроби сам» таким чином, щоб власне рішення відповідало потребам користувача та надавало реальні вигоди.

Важливо зазначити, що при розробці або використанні пристроїв медичного призначення важливо знати нормативні акти, які стосуються цього приладу, та переконатися, що пристрій відповідає вимогам. Іншими словами, медичні пристрої вимагають певного регулювання, щоб забезпечити їх електричну, хімічну, біологічну та фізичну безпеку для кінцевого споживача. Вимоги та норми, що висуваються до давачів у сфері охорони здоров'я та аналізу охорони навколишнього середовища представлені у відповідних стандартах і нормативних актах.

У даний час пристрої самоконтролю при охороні здоров'я пацієнтів існують у багатьох формах. Різні технології та архітектури IoT для вирішення цих задач можна знайти у різних наукових працях і прикладних дослідженнях, але наступні структурні елементи є загальними для всіх:

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- давачі, які забезпечують збір необхідних даних, наприклад, медичні сенсори, прикріплені до організму пацієнта для вимірювання життєво важливих параметрів та сенсори навколишнього середовища, які контролюють вплив зовнішніх факторів;
- мікроконтролери – основна функція яких полягає в опрацюванні, аналізі і передачі даних з використанням безпроводних технологій зв'язку;
- персональні комп'ютери або смартфони, що забезпечують розширений графічний інтерфейс користувача;
- програмно-апаратні шлюзи, що виконують функції додаткового аналізу одержаної інформації та подальшої її передачі у хмарне сховище.

Враховуючи тенденції використання міні-комп'ютерів, плат керування по типу Arduino і STM32, їхньою перевагою є невеликі розміри, відносно не дорога ціна та гнучкість налаштування. В якості ключового елемента архітектури при проектуванні комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань на основі IoT доцільно використовувати однокристальний міні-комп'ютер Raspberry Pi ( RPi). Даний пристрій представляє собою повністю настроювану і програмовану невелика плату.

Raspberry Pi має вбудовану підтримку 40-контактного порту GPIO (General Purpose Input and Output), який можна використовувати як цифрові входи/виходи, які можуть бути запрограмовані безпосередньо на RPi за допомогою мов програмування високого рівня, таких як C ++, Python та Java.

Деякі виводи GPIO можна використовувати як інтерфейси для вбудованих протоколів при управлінні набором електронних схем (датчиків, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), реле, кнопки стану тощо). Тому порт GPIO є основним способом підключення RPi до інших електронних плат. Через даний інтерфейс можна обмінюватися даними з іншими обчислювальними пристроями на основі різноманітних протоколів, включаючи послідовний периферійний інтерфейс (SPI), інтегральну мікросхему (I<sup>2</sup>C) та універсальний асинхронний приймач/передавач (UART).

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним недоліком RPi є відсутність АЦП. Однак цю проблему можна розв'язати за допомогою дешевого зовнішнього АЦП, такого як PCF8591 8-розрядний I<sup>2</sup>C або MCP3008 10-розрядний SPI-пристрій.

У даній роботі проектується комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань до складу якої входять дві основні складові:

- підсистема збору та вимірювання життєвих показників організму людини;
- підсистема моніторингу параметрів навколишнього середовища.

Основною метою представленої системи є розробка колекції модулів, які можуть полегшити діагностику лікарям за допомогою телемоніторингу пацієнтів. Сферою застосування мережі датчиків, прикріплених до людського тіла є постійний моніторинг стану здоров'я та реєстрація життєво важливих параметрів пацієнтів. Запропоноване рішення дозволяє вести спостереження за температурою тіла, артеріальним тиском та частотою серцевих скорочень. Схема підсистеми збору та аналізу життєвих показників організму людини показана на рис. 2.5.

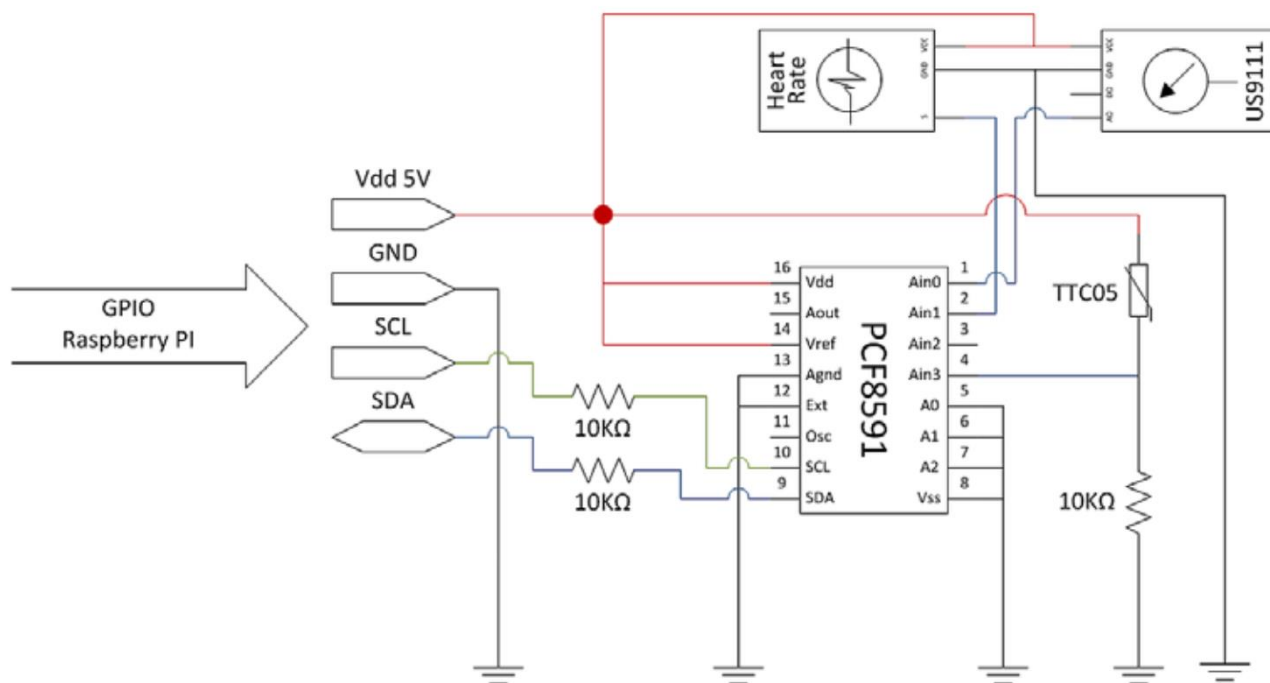


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципова для вимірювання життєвих показників організму людини

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У даному випадку використовуються такі сенсори:

- датчик температури (TTC05) – призначений для вимірювання температури тіла;
- датчик серцевого ритму (пульсометр) – визначення показників пульсу людини, що використовується як індикатор втрати ваги та встановлення рівня фізичних навантажень;
- датчик артеріального тиску (US9111) – використовується для визначення показників артеріального тиску та запобігання небезпекам для здоров'я, таким як інфаркт та інсульт.

Схема електрична принципова підсистеми моніторингу показників навколишнього середовища показана на рис. 2.6.

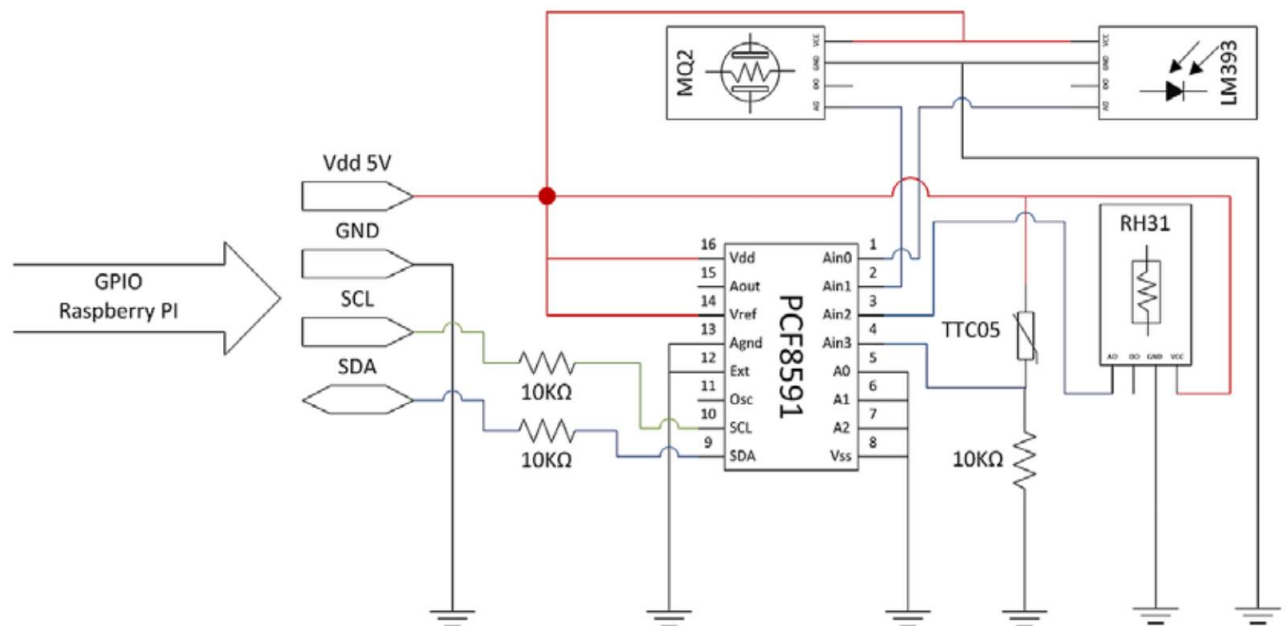


Рисунок 2.6 – Схема електрична принципова для моніторингу показників навколишнього середовища

У даному випадку температура повітря, вологість, якість повітря та інтенсивність світла як параметри навколишнього середовища моніторяться за допомогою таких датчиків:

- сенсор температури TTC05 – призначений для вимірювання температури навколишнього середовища;

– сенсор вологості RH31 – давач, що використовується для визначення відносної вологості та виконує функцію екологічного аналізу підвищеного її значення;

– давач якості повітря MQ2 – сенсор, що дає змогу визначити наявність у повітрі таких речовин, як бензол, алкоголь, дим, CO та CO<sub>2</sub>. Деякі з цих речовин є високо канцерогенними, і їх присутність не є бажаною у предметах, де перебувають або працюють люди;

– сенсор інтенсивності світла LM393 – використовується для визначення інтенсивності світла.

Метою запропонованої системи є використання обмеженої кількості датчиків, які можна легко встановити/підтримувати в середовищі, в якому проживають або працюють люди. Додаткова системна перевага полягає у простоті інсталяції в існуючому домашньому/робочому просторі без серйозних модифікацій. Незалежно від розглянутого випадку, мережеві підсистеми постійно контролюють фізіологічні умови та параметри навколишнього середовища пацієнтів, що впливають на здоров'я людини і передають дані у реальному часі через дротову або безпроводну технологію (WiFi/GPS/GSM) до централізованого сховища. При цьому інформація у сховищі може бути ефективно опрацьована медичним персоналом. На рис. 2.7 показано архітектура запропонованої комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.

Для передачі інформації вимірних життєвих показників пацієнта до постачальників медичних послуг з використанням принципів IoT, що використовує RPi, має використовуватись один із WETP-серверів (наприклад web-сервер Apache Tomcat), який може взаємодіяти по протоколу REST.

У випадку застосування служби REST в комплексі з IoT рішенням кожна операція представляє собою ресурс і має унікальну адресу URI, через яку здійснюється доступ до даних датчика.

Наприклад, для показників температури тіла з датчика надається адреса URI: (адреса сервера)/RPIHealthCare /sw/temp який генерує відповідь JSON у вигляді: {"temp": "36,5"}.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Оскільки дані з датчиків отримуються у форматі JSON, на основі потреб користувача може бути створений інший клієнтський додаток для візуалізації та опрацювання даних. Вартість запропонованого рішення «зроби сам» залежить від якості датчиків (різний виробник надає різну якість обладнання) та роздільної здатності АЦП.

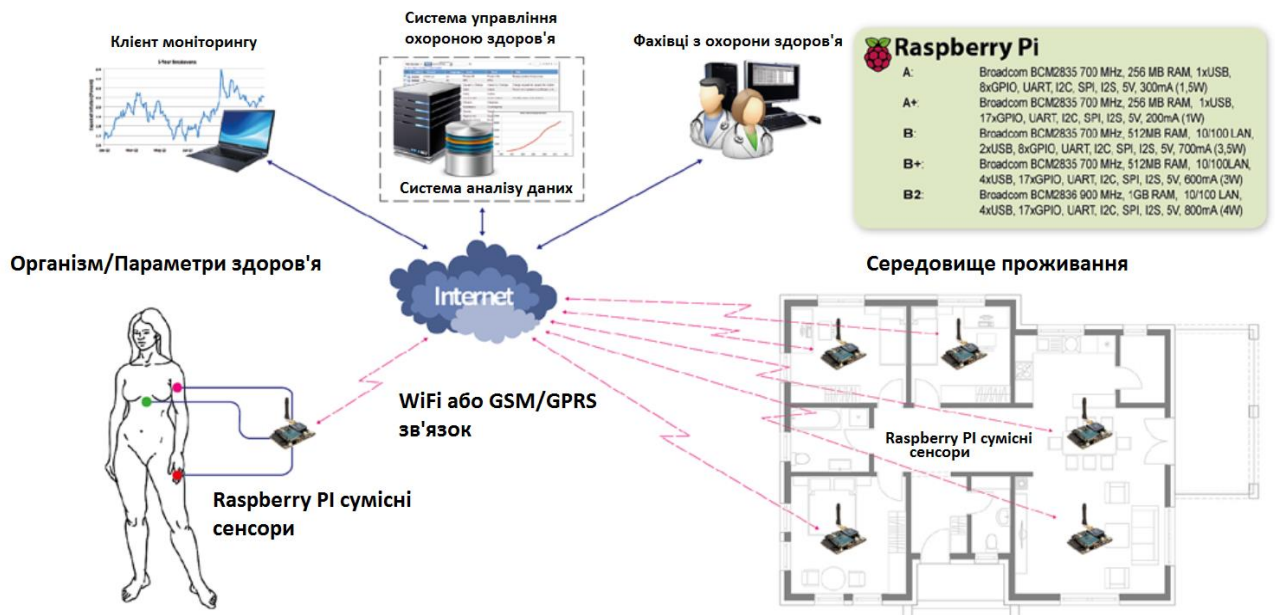


Рисунок 2.7 – Архітектура комп'ютерної системи збору та прогнозування ризиків появи серцевих захворювань

Сенсорні дані можуть бути передані на сервер або базову станцію в безпосередній близькості. Таким чином, лікарі та особи, які відповідальні за догляд пацієнтів, можуть контролювати стан пацієнта в режимі реального часу за допомогою інформації, отриманої через сервер.

Історія хвороби кожного пацієнта, включаючи ліки та медичні звіти, зберігаються у центральній базі даних у хмарі. Дані медичних показників можуть візуалізуватися в режимі реального часу для забезпечення зручності доступу та опрацювання з метою прогнозування майбутніх ускладнень.

Дані показників здоров'я людини можуть бути опрацьовані двома способами:

– інтегрованою обробкою, що дозволяє в режимі реального часу виявити аномалії та надати рекомендації, перш ніж пацієнт потрапить до медичних закладів;

– серверною обробкою, що використовує метадані реального часу, отримані від датчиків, що зберігаються в самому хмарному сховищі.

Для серверної обробки інформації потрібні потужніші ресурси оперативної пам'яті, канали передачі даних з високою пропускну здатністю і мінімальним часом опрацювання.

Оскільки, програмно-апаратна та інформаційна інфраструктура вимагає залучення значних ресурсів для опрацювання величезного обсягу різнорідних даних, як правило, різної просторової і часової розмірності, застосування нових пристроїв і протоколів передачі даних, високошвидкісного трафіку та значних апаратних витрат у хмарних сховищах, то вони обов'язково повинні бути врахованими в контексті побудови глобальної інформаційної системи забезпечення охорони здоров'я людей.

При застосуванні IoT існує протиріччя між зусиллями, ефективністю та часом виходу на ринок, і, як правило, між ними є компроміс: можна мати будь-які два компоненти, але не всі три.

Підключені пристрої, сенсори, мобільні датчики та інші речі виробляють величезну кількість даних, і тому одержана з датчиків інформація зумовлює проблеми в контексті агрегування, зберігання та обробки даних. Такий потік інформаційних пакетів створює сильну загрозу для різних мереж та систем, що ними керують. Тому для ефективного управління такими комп'ютерними системами необхідно проводити їх декомпозицію. Іншими словами, для забезпечення ефективності акумуляції та опрацювання даних, необхідно застосовувати розподілені мережі, що дають можливість впоратися з наявністю даних, що генеруються IoT. Одержання актуальної інформації про стан пацієнта, швидке і точне прогнозування показників і прийняття рішень повинно виконуватись інтелектуальними модулями.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

### 3.1 Аналіз відкритих джерел даних для побудови моделі прогнозування щодо виникнення серцевих захворювань

Для реалізації інтелектуальної складової комп'ютерної системи прогнозування ризиків виникнення серцевих і серцево-судинних захворювань необхідно мати набір даних, що відображає фактори впливу на можливість появи захворювання та імовірність виникнення летальних випадків. Серед сукупності проаналізованих ресурсів мережі Інтернет обрано набір даних Heart Failure Prediction, який є у вільному доступі на платформі Kaggle. Даний дата сет хоч і призначений для побудови системи прогнозування смертності від серцево-судинних захворювань, проте він є актуальним і при реалізації системи прогнозування ризиків їх виникнення, оскільки дозволяє визначити найбільш важливі фактори впливу, що призводять до виникнення хвороби і її загострення.

Серцево-судинні захворювання є основною причиною смерті у всьому світі, що оцінюється щорічно у 17,9 мільйони життів і становить 31% усіх смертей у всьому світі. Серцева недостатність є загальною причиною, що спричиняє хвороби серця. У набір даних, який представлений на рис. 3.1 входять 12 факторів, які можна використовувати для прогнозування смертності від серцевої недостатності. Як видно, з рис. 3.1 до основних факторів, які найбільше впливають на розвиток і можуть призводити до смерті пацієнтів з серцевими захворюваннями належать:

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Задойоний В.А.</i>			<i>Програмна модель інтелектуального модуля прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					43	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

- вік (age) – вік людини з серцевою недостатністю;
- анемія (anemia) – значення рівня зниження еритроцитів або гемоглобіну;
- креатинфосфокіназа (creatinine\_phosphokinase) – вид ферменту, що забезпечує клітини серця енергією;
- цукровий діабет (diabets) – наявність у пацієнта хвороби, що пов'язана з недостатністю вироблення гормону інсулін;
- фракція викиду (ejection\_fraction) - це вимірювання, виражене у відсотках, кількості крові, яку відкачує лівий шлуночок при кожному скороченні.
- високий артеріальний тиск (high\_blood\_pressure) – наявність у пацієнта гіпертонії;
- тромбоцити (platelets) – кількість тромбоцитів у крові пацієнта (од/мл)
- креатинін (serum\_creatinine) – рівень креатиніну у сироватці крові;
- натрій (serum\_sodium) – рівень натрію у сироватці крові (мЕкв/л);
- стать (sex) – стать жінка чи чоловік (двійковий);
- куріння (smoking) – визначає чи палить пацієнт чи ні;
- час (time) – період спостереження у днях;
- летальний випадок (DEATH\_EVENT) – маркер того чи помер пацієнт.

1	age	anaemia	creatinine_phosphokinase	diabetes	ejection_fraction	high_blood_pressure	platelets	serum_creatinine	serum_sodium	sex	smoking	time	DEATH_EVENT
2	75	0	582	0	20	1	265000	1.9	130	1	0	4	1
3	55	0	7861	0	38	0	263358.03	1.1	136	1	0	6	1
4	65	0	146	0	20	0	162000	1.3	129	1	1	7	1
5	50	1	111	0	20	0	210000	1.9	137	1	0	7	1
6	65	1	160	1	20	0	327000	2.7	116	0	0	8	1
7	90	1	47	0	40	1	204000	2.1	132	1	1	8	1
8	75	1	246	0	15	0	127000	1.2	137	1	0	10	1
9	60	1	315	1	60	0	454000	1.1	131	1	1	10	1
10	65	0	157	0	65	0	263358.03	1.5	138	0	0	10	1
11	80	1	123	0	35	1	388000	9.4	133	1	1	10	1
12	75	1	81	0	38	1	368000	4	131	1	1	10	1
13	62	0	231	0	25	1	253000	0.9	140	1	1	10	1
14	45	1	981	0	30	0	136000	1.1	137	1	0	11	1
15	50	1	168	0	38	1	276000	1.1	137	1	0	11	1
16	49	1	80	0	30	1	427000	1	138	0	0	12	0
17	82	1	379	0	50	0	47000	1.3	136	1	0	13	1
18	87	1	149	0	38	0	262000	0.9	140	1	0	14	1
19	45	0	582	0	14	0	166000	0.8	127	1	0	14	1
20	70	1	125	0	25	1	237000	1	140	0	0	15	1
21	48	1	582	1	55	0	87000	1.9	121	0	0	15	1
22	65	1	52	0	25	1	276000	1.3	137	0	0	16	0
23	65	1	128	1	30	1	297000	1.6	136	0	0	20	1
24	68	1	220	0	35	1	289000	0.9	140	1	1	20	1

Рисунок 3.1 – Вхідний набір даних для прогнозування наслідків серцево-судинних захворювань

Маючи такий набір даних, для побудови і реалізації моделі прогнозування серцевих захворювань потрібно виконати наступні кроки:

- препроцесинг даних – передбачає виконання дій щодо формування «чистого» набору даних;
- аналіз факторів впливу на виникнення і розвиток серцевих захворювань та визначення кореляції між ними;
- обґрунтування моделей і алгоритмів прогнозування летальності внаслідок серцево-судинних захворювань;
- тестування моделей.

Перейдемо до препроцесингу даних.

### 3.2 Препроцесинг даних

В якості мови програмування для реалізації моделі прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань обрано мову програмування Python. Перший крок полягає у підключенні необхідних бібліотек, програмний код підключення яких показано у лістингу 3.1.

#### Лістинг 3.1 – Підключення бібліотек

```
import numpy as np # лінійна алгебра
import pandas as pd # опрацювання даних, робота з CSV файлами
import seaborn as sns # візуалізація статистичних даних
import matplotlib.pyplot as plt # візуалізація даних
import scipy # алгоритми та інструменти оптимізації у різних

from scipy import stats
from scipy.stats import norm, skew, boxcox
from collections import Counter

from sklearn.preprocessing import RobustScaler, StandardScaler
from sklearn.metrics import mean_squared_error,
confusion_matrix, accuracy_score, plot_confusion_matrix, auc
```

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

```

from sklearn.base import BaseEstimator, TransformerMixin,
RegressorMixin, clone

from sklearn.model_selection import train_test_split,
StratifiedKFold, GridSearchCV

from sklearn.linear_model import LogisticRegression

from catboost import CatBoostClassifier, Pool

from sklearn.svm import SVC

from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier,
VotingClassifier

from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier

from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier

from sklearn.feature_selection import RFE

from imblearn.over_sampling import SMOTE

#XGBOOST

from xgboost import XGBClassifier

#warning

import warnings

warnings.filterwarnings('ignore')

import os

for dirname, _, filenames in os.walk('/kaggle/input'):
    for filename in filenames:
        print(os.path.join(dirname, filename))

```

Після імпорту необхідних бібліотек далі виконується зчитування даних, як показано у лістингу 3.2.

### Лістинг 3.2 – Зчитування даних з дата сету

```

data = pd.read_csv("/kaggle/input/heart-failure-clinical-
data/heart_failure_clinical_records_dataset.csv")

print("Data Columns --> ",data.columns)

data.head()

```

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Коректність результату зчитування даних показана на рис. 3.1.

	age	anaemia	creatinine_phosphokinase	diabetes	ejection_fraction	high_blood_pressure	platelets	serum_crea
0	75.0	0	582	0	20	1	265000.00	1.9
1	55.0	0	7861	0	38	0	263358.03	1.1
2	65.0	0	146	0	20	0	162000.00	1.3
3	50.0	1	111	0	20	0	210000.00	1.9
4	65.0	1	160	1	20	0	327000.00	2.7

Рисунок 3.1 – Зчитані з вхідного набору дані

Розподіл та агрегатні функції значень за стовбцями набору даних показано на рис. 3.2.

	age	anaemia	creatinine_phosphokinase	diabetes	ejection_fraction	high_blood_pressure	plate
count	299.000000	299.000000	299.000000	299.000000	299.000000	299.000000	299.
mean	60.833893	0.431438	581.839465	0.418060	38.083612	0.351171	2633
std	11.894809	0.496107	970.287881	0.494067	11.834841	0.478136	9780
min	40.000000	0.000000	23.000000	0.000000	14.000000	0.000000	2510
25%	51.000000	0.000000	116.500000	0.000000	30.000000	0.000000	2125
50%	60.000000	0.000000	250.000000	0.000000	38.000000	0.000000	2620
75%	70.000000	1.000000	582.000000	1.000000	45.000000	1.000000	3035
max	95.000000	1.000000	7861.000000	1.000000	80.000000	1.000000	8500

Рисунок 3.2 – Застосування агрегатних функцій до вхідного набору даних

Для перевірки значень набору даних на невизначені поля використовується наступний код: «`print(data.isna().sum())`». Результат перевірки показано на рис. 3.3.

Як видно з одержаних результатів у дата сеті відсутні невизначені значення.

```

age                0
anaemia            0
creatinine_phosphokinase  0
diabetes           0
ejection_fraction  0
high_blood_pressure  0
platelets          0
serum_creatinine   0
serum_sodium       0
sex                0
smoking            0
time               0
DEATH_EVENT        0
dtype: int64

```

Рисунок 3.3 – Результат перевірки на Null значення

Для того, щоб зрозуміти структуру даних вхідного набору виконаємо команду: «`data.info()`». Результат виконання показано на рис. 3.4, з якого видно, що усі дані мають тип float64 (поля age, platelets, serum\_creatinine) та int32 – всі інші дані.

```

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 299 entries, 0 to 298
Data columns (total 13 columns):
#   Column                                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   age                                    299 non-null    float64
1   anaemia                                299 non-null    int64
2   creatinine_phosphokinase              299 non-null    int64
3   diabetes                               299 non-null    int64
4   ejection_fraction                     299 non-null    int64
5   high_blood_pressure                   299 non-null    int64
6   platelets                              299 non-null    float64
7   serum_creatinine                       299 non-null    float64
8   serum_sodium                           299 non-null    int64
9   sex                                    299 non-null    int64
10  smoking                                299 non-null    int64
11  time                                    299 non-null    int64
12  DEATH_EVENT                            299 non-null    int64
dtypes: float64(3), int64(10)
memory usage: 30.5 KB

```

Рисунок 3.4 – Типи даних вхідного набору



Хоча поля `anaemia`, `diabetes`, `high_blood_pressure`, `sex`, `smoking`, `DEATH_EVENT` мають цілочисельний тип, однак вони інтерпретуються як булеві змінні, тобто 1 – відповідає наявності того чи іншого супутнього захворювання, а 0 – відповідно відсутності. Щодо статі, то 1 – відповідає чоловічій статі, а 0 – жіночій.

Наступний крок при виконанні препроцесингу даних полягає в аналізі розподілу значень за кожною ознакою вхідного набору даних. Оскільки у наборі наявні два типи даних, які умовно можна розділити на числові і категорійні, потрібно реалізувати функції для візуалізації та визначення ймовірного закону розподілу. Для цього потрібно визначити відповідно дві функції, які наведені у лістингу 3.3 і лістингу 3.4.

Лістинг 3.4 – Функція візуалізації закону розподілу числових типів даних

```
def plot_hist(variable):  
    print("min {} : {}".format(variable, min(data[variable])))  
    print("max {} : {}".format(variable, max(data[variable])))  
  
    plt.figure(figsize=(9,3))  
    plt.hist(data[variable], color="darkred")  
    plt.xlabel(variable)  
    plt.ylabel("Frequency")  
    plt.title("{} distribution with hist ".format(variable))  
    plt.show()
```

Результат візуалізації законів розподілу за стовбцями з числовими даними показано на рис. 3.5. При цьому значення мінімального та максимального значень (область визначення) за кожним стовпцем відповідає наступним значенням:

- `age` – [40; 95];
- `creatinine_phosphokinase` – [23;7861]
- `ejection_fraction` – [14;80]
- `platelets` – [25100;850000];

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- serum\_creatinine – [0,5;9,4];
- serum\_sodium – рівень натрію у сироватці крові [113;148];
- time – [4;285];

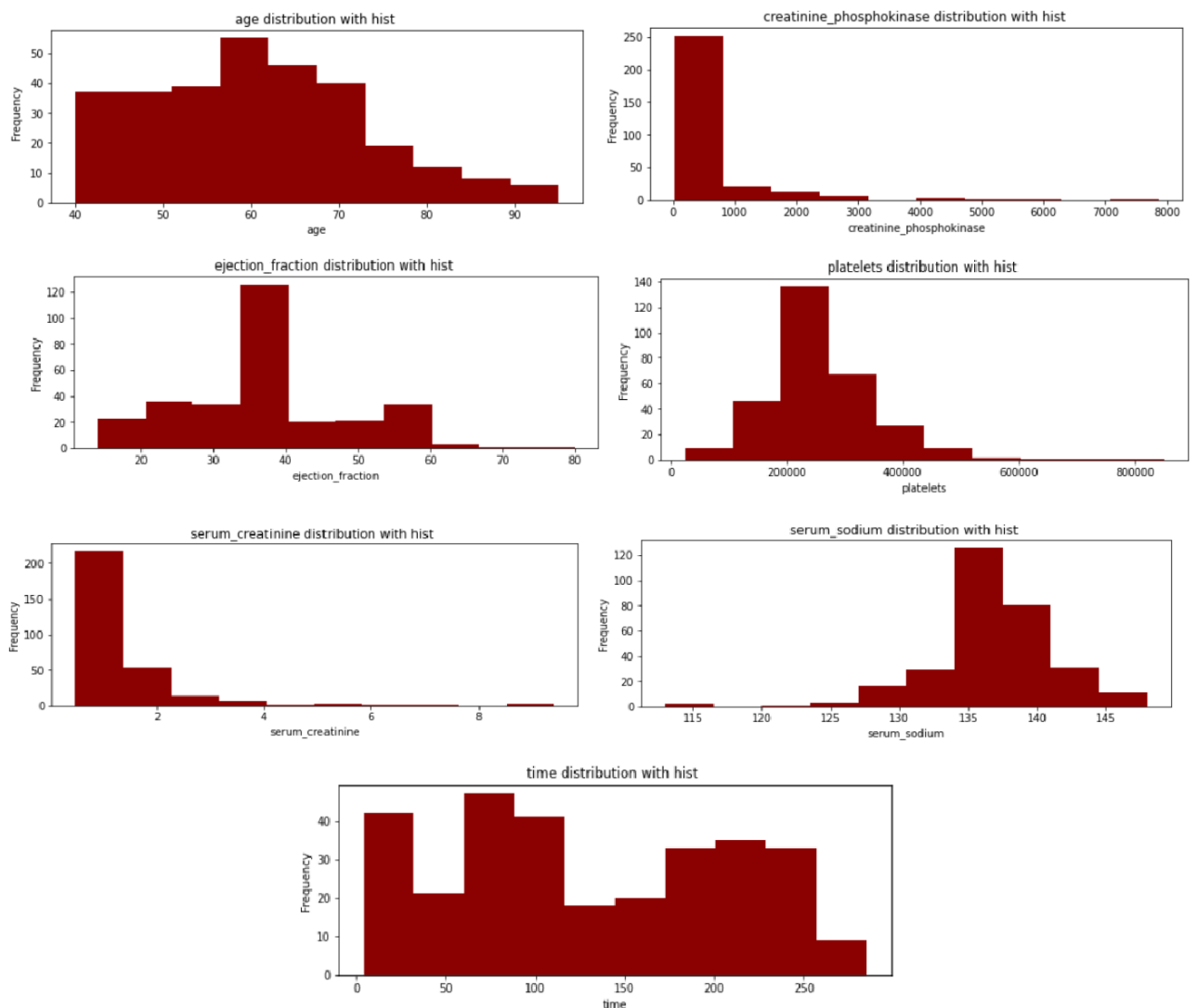


Рисунок 3.5 – Візуалізація розподілу числових даних

Як видно з рис. 3.5, розподіл даних за деякими стовпцями містить викиди і зміщення відносно нормального закону розподілу. Для повноти результатів потрібно визначити розподіл значень у булевих змінних, які інтерпретують класи за наступними полями:

- anemia – {0:170; 1:129};
- diabetes – {0:174; 1:125};
- high\_blood\_pressure – {0:194; 1:105};

- sex – {0:194; 1:105};
- smoking – {0:203; 1:96};
- DEATH\_EVENT – {0:203; 1:96}.

У лістингу 3.5 наведено функцію для візуалізації даних, що належать до категоріальних змінних.

### Лістинг 3.5 – Функція візуального представлення категоріальних змінних

```
def bar_plot(variable):

    # get feature
    var = data[variable]
    #count number of categorical variable (value/sample)
    varValue = var.value_counts()

    #visualize
    plt.figure(figsize=(9,3))
    plt.bar(varValue.index, varValue,color = "lightgreen",
edgecolor = "black", linewidth = 2)
    plt.xticks(varValue.index, varValue.index.values)
    plt.ylabel("frequency")
    plt.title(variable)
    plt.show()
    print("{}: \n {}".format(variable,varValue))
```

Для візуалізації даних кінцевому користувачу використовується фрагмент коду, який наведений у лістингу 3.6.

### Лістинг 3.6 – Код візуалізації розподілу за категоріальними змінними

```
category =
["anaemia", "diabetes", "high_blood_pressure", "sex", "smoking",
"DEATH_EVENT"]
for c in category:
    bar_plot(c)
```

Одержані графіки розподілу, згідно програмного коду лістингу 3.6 наведено на рис. 3.6.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

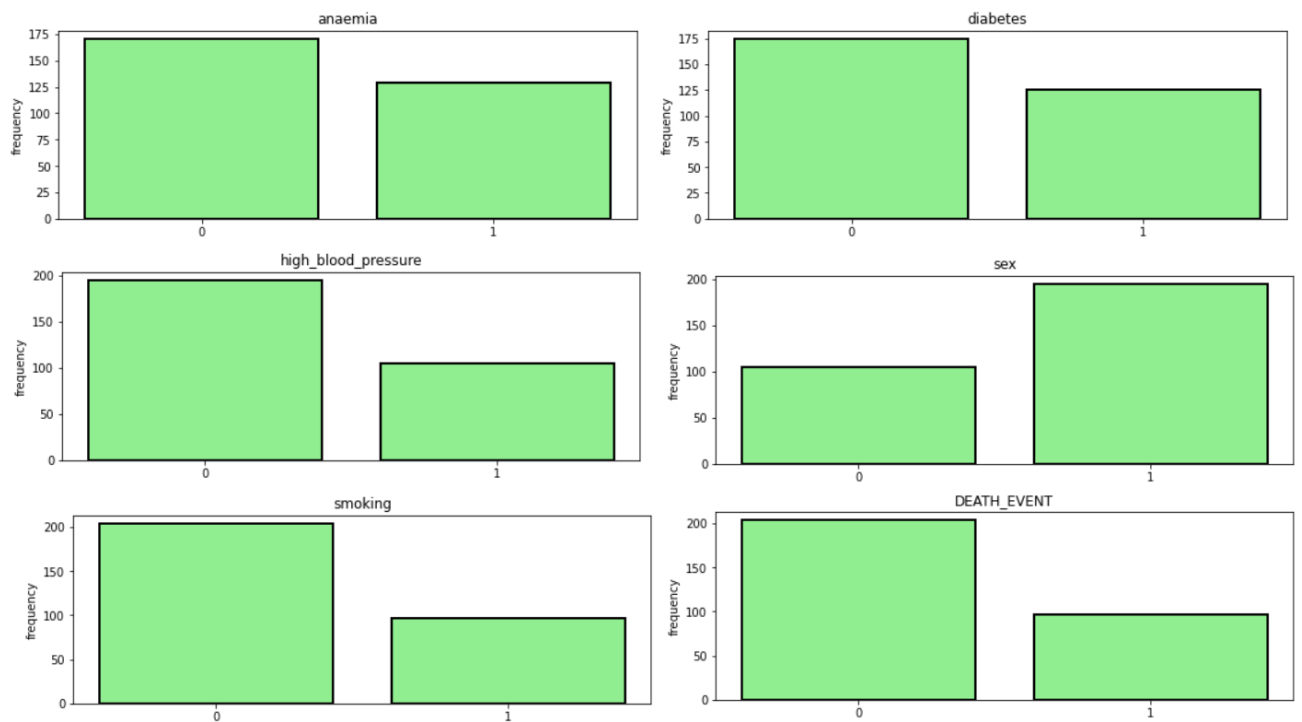


Рисунок 3.6 – Розподіл значень за категоріальними змінними

Наступний крок полягає у виявленні залежностей між ознаками, які впливають на розвиток серцево-судинних захворювань і може призводити до летальних випадків.

### 3.3 Виявлення залежностей між ознаками вхідного набору даних

Виявлення залежностей між ознаками передбачає необхідність побудови матриці кореляцій. Для цього необхідно реалізувати програмний код, як показано у лістингу 3.7.

#### Лістинг 3.7 – Побудова матриці кореляцій

```
corr_matrix = data.corr()
sns.clustermap(corr_matrix, annot = True, fmt = ".2f")
plt.title("Correlaation btw features")
plt.show()
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Одержаний результат виконання лістингу 3.7 показано на рис. 3.7 у вигляді матриці кореляцій з тепловою картою залежностей.

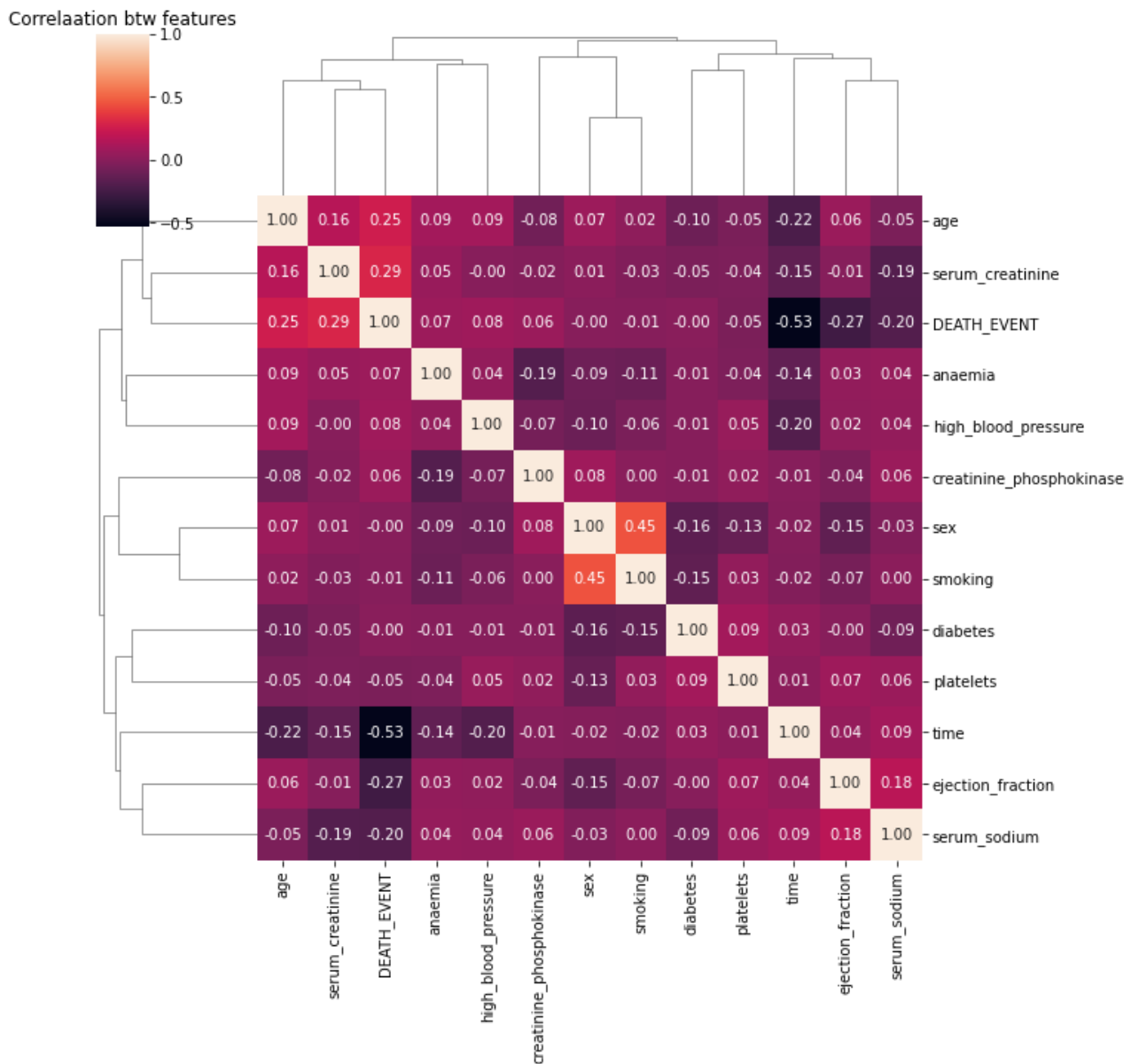


Рисунок 3.7 – Матриця кореляцій

Як видно з результатів, наведених на рис. 3.7, ознаки, які містяться у вхідному наборі даних щодо розвитку серцевих захворювань, є практично незалежними.

Задавши порогове мінімальне значення щодо смертності пацієнтів на рівні >20%, а максимальне на рівні 75% (лістинг 3.8), матриця кореляцій буде мати вигляд, як показано на рис. 3.8.

### Лістинг 3.8 – Фільтрація матриці кореляцій

```
threshold = 0.2
filtre = np.abs(corr_matrix["DEATH_EVENT"]) > threshold
corr_features = corr_matrix.columns[filtre].tolist()
sns.clustermap(data[corr_features].corr(), annot = True,
fmt = ".2f")
plt.title("Correlation Between Features w Corr Theshold
0.75")
plt.show()
```

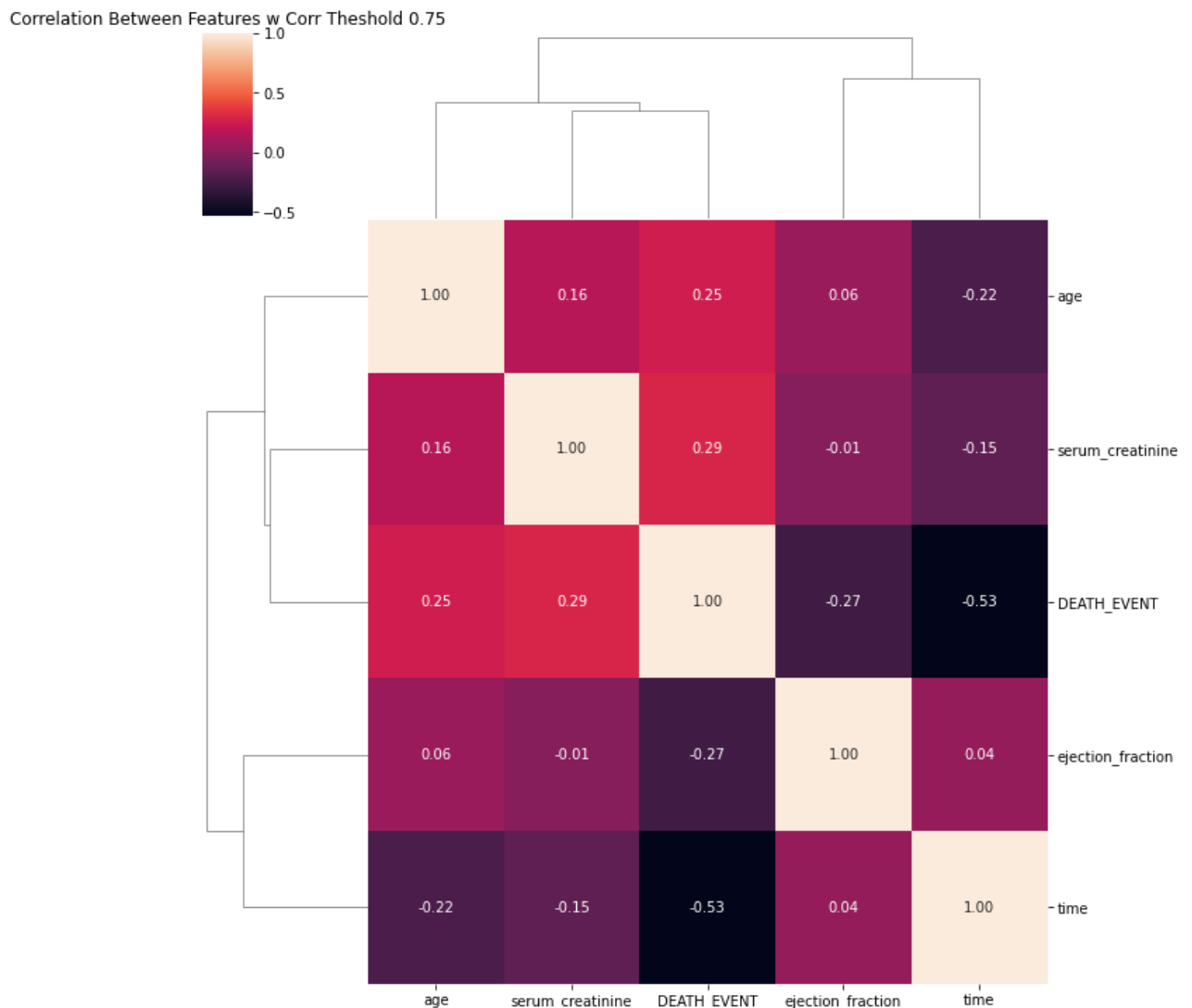


Рисунок 3.8 – Відфільтрована матриця кореляцій

Попарна візуалізація залежностей відносно цільової змінної щодо смертності від серцевого судинних захворювань показано на рис. 3.9.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ

Арк.

54

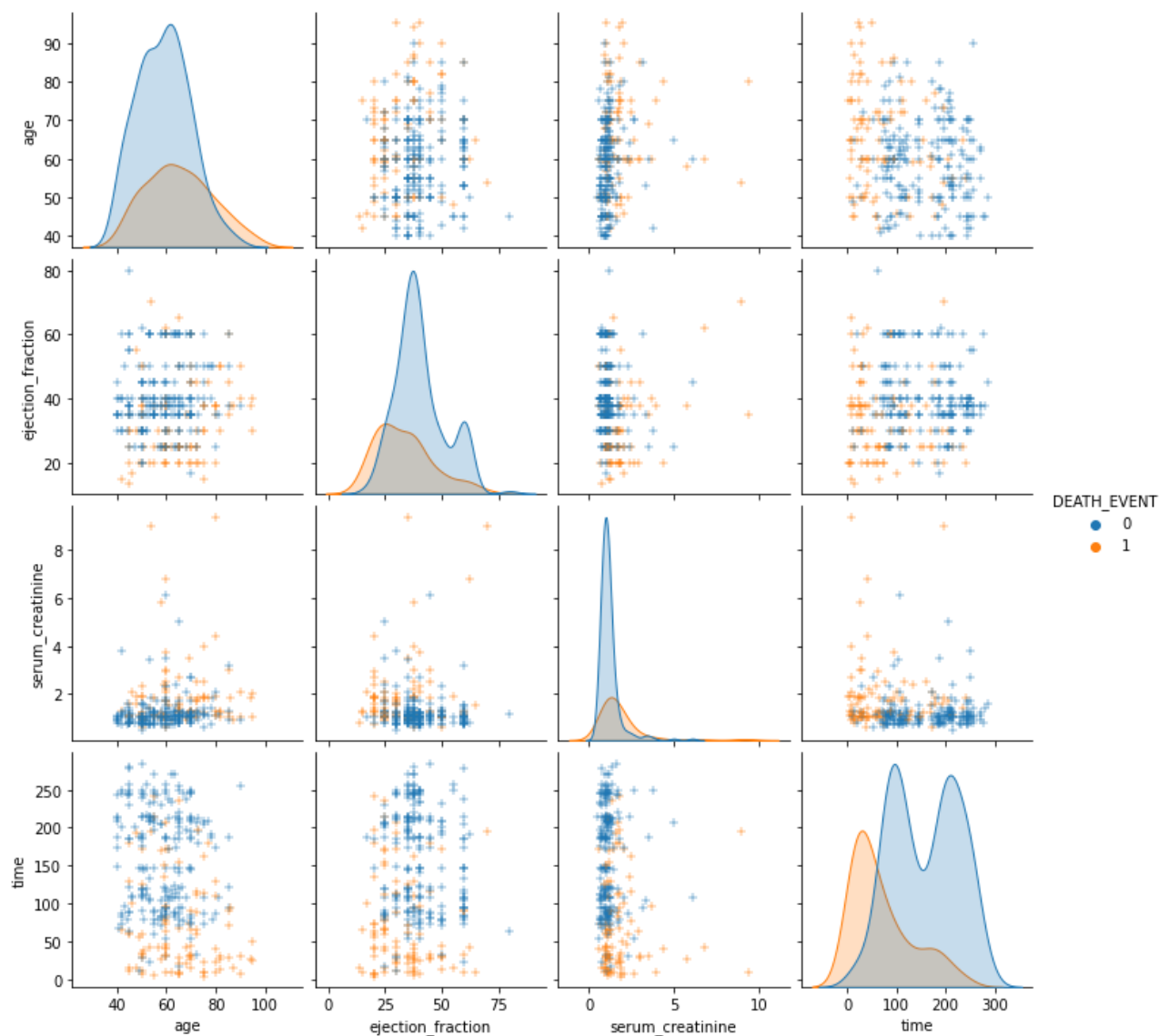


Рисунок 3.9 – Попарні залежності з цільовою змінною щодо смертності

Таким чином, встановлено основні фактори, які впливають на розвиток серцевих захворювань і можуть призвести до летальних випадків. Однак аналізуючи рис 3.7, рис. 3.8 та рис. 3.9 важливою процедурою для забезпечення точності прогнозу є видалення викидів. Для цього можна скористатись лістингом 3.9.

Лістинг 3.9 – Функція знаходження викидів

```
def detect_outliers(df, features):
    outlier_indices = []

    for c in features:
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

```

# 1st quartile
Q1 = np.percentile(df[c],25)
# 3st quartile
Q3 = np.percentile(df[c],75)
# IQR
IQR = Q3 - Q1
# Outlier Step
outlier_step = IQR * 1.5
# detect outlier and their indeces
outlier_list_col = df[(df[c] < Q1 - outlier_step) |
(df[c] > Q3 + outlier_step)].index
# store indeces
outlier_indices.extend(outlier_list_col)

outlier_indices = Counter(outlier_indices)
multiple_outliers = list(i for i, v in
outlier_indices.items() if v > 1)

return multiple_outliers

```

Таблиця з виявленими викидами показана на рис. 3.10.

	age	anaemia	creatinine_phosphokinase	diabetes	ejection_fraction	high_blood_pressure	platelets	serum_c
38	60.0	0	2656	1	30	0	305000.00	2.3
52	60.0	0	3964	1	62	0	263358.03	6.8
163	50.0	1	2334	1	35	0	75000.00	0.9
200	63.0	1	1767	0	45	0	73000.00	0.7
296	45.0	0	2060	1	60	0	742000.00	0.8
217	54.0	1	427	0	70	1	151000.00	9.0
117	85.0	1	102	0	60	0	507000.00	3.2
167	59.0	0	66	1	20	0	70000.00	2.4
281	70.0	0	582	0	40	0	51000.00	2.7
4	65.0	1	160	1	20	0	327000.00	2.7

Рисунок 3.10 – Таблиця виявлених викидів



У результаті проведених маніпуляцій з набором вхідних даних, одержано повністю «очищений» набір даних, над яким вже можна виконувати операції добування значимих ознак та побудови моделі прогнозування.

### 3.4 Виявлення значимих ознак набору даних

Для виявлення значимих ознак необхідно дослідити тип розподілу та імовірні відхилення від нього. Одним з таких відхилень є асиметрія розподілу, яка при Гаусовому розподілі характеризується зміщенням від симетричної кривої дзвона або нормального розподілу. По-іншому це рівень відхилення змінної від нормального розподілу. Існує два види асиметрії: права і ліва. Праве відхилення або позитивний перекик говорить про те, що розподіл має правильний хвіст щодо нормального розподілу. Це важливо з точки зору того, що модель реагує на оцінки правильного значення в інших точках, фокусуючись на щільності розподілу і починає прогнозувати дані, які не відповідають нормальному закону розподілу. На рис. 3.11 показано можливі зміщення та види нормального розподілу.

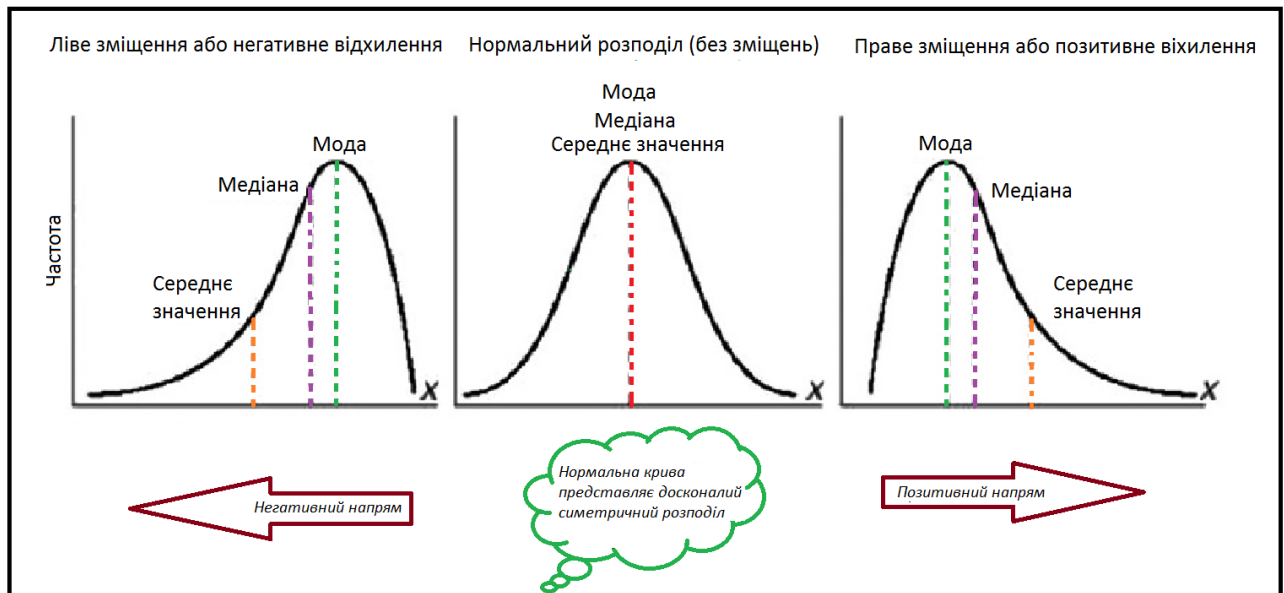


Рисунок 3.11 – Види зміщення нормального розподілу

Для знаходження та візуалізації зміщень за атрибутами набору даних на основі якого виконується прогнозування можна скористатись програмним кодом, що наведений у лістингу 3.10.

Лістинг 3.10 – Виявлення зміщень відносно нормального закону розподілу

```
skewed_feats = data.apply(lambda x:
skew(x.dropna())) .sort_values(ascending = False)
skewness = pd.DataFrame(skewed_feats, columns = ["skewed"])
skewness
```

Табличне представлення усіх відхилень та візуалізація розподілу значень на атрибуті creatinine\_phosphokinase показано на рис 3.12.

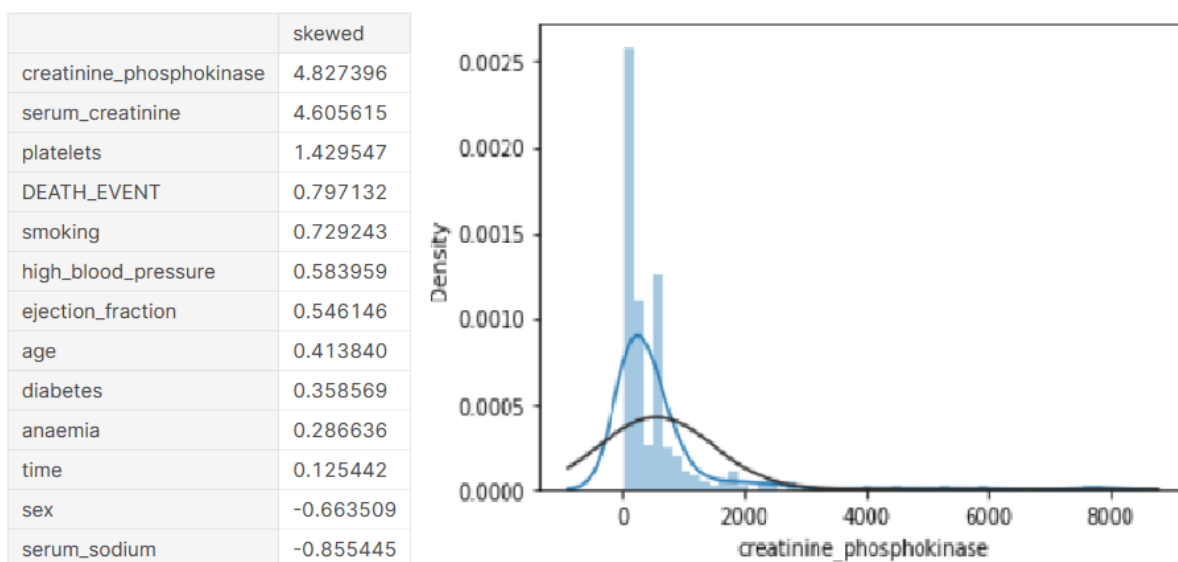


Рисунок 3.12 – Таблиця виявлених зміщень та візуалізація розподілу за критерієм creatinine\_phosphokinase

Для виправлення і врахування цих зміщень можна скористатись boxcox методом, як наведено нижче:

```
data["creatinine_phosphokinase"], lam =
boxcox(data["creatinine_phosphokinase"])
```

У результаті візуалізації наведеного вище фрагменту коду одержимо розподіл, як показано на рис. 3.13.

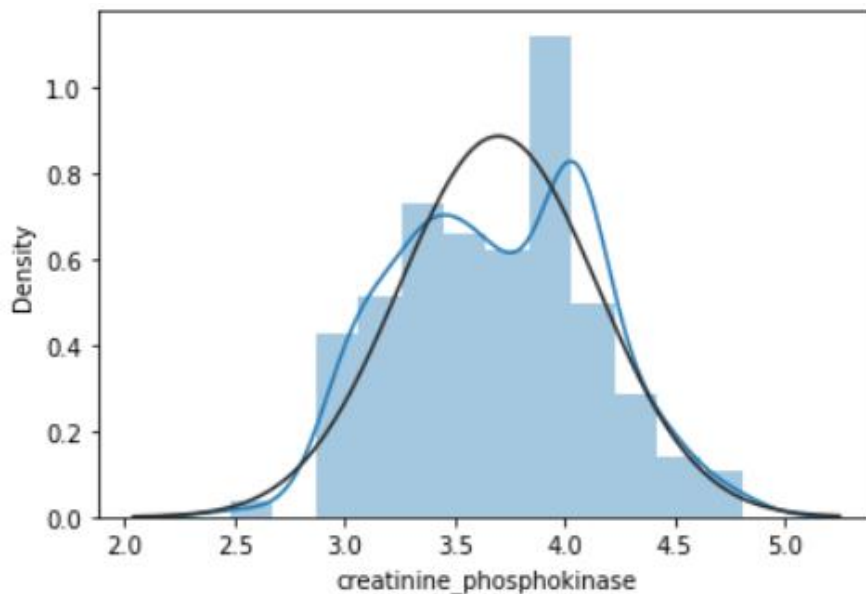


Рисунок 3.13 – Щільність розподілу за ознакою creatinine\_phosphokinase

Процедура із застосування boxcox () методу була проведена для всіх важливих ознак серцевих захворювань, а одержані результати візуалізовані та показані на рис. 3.14.

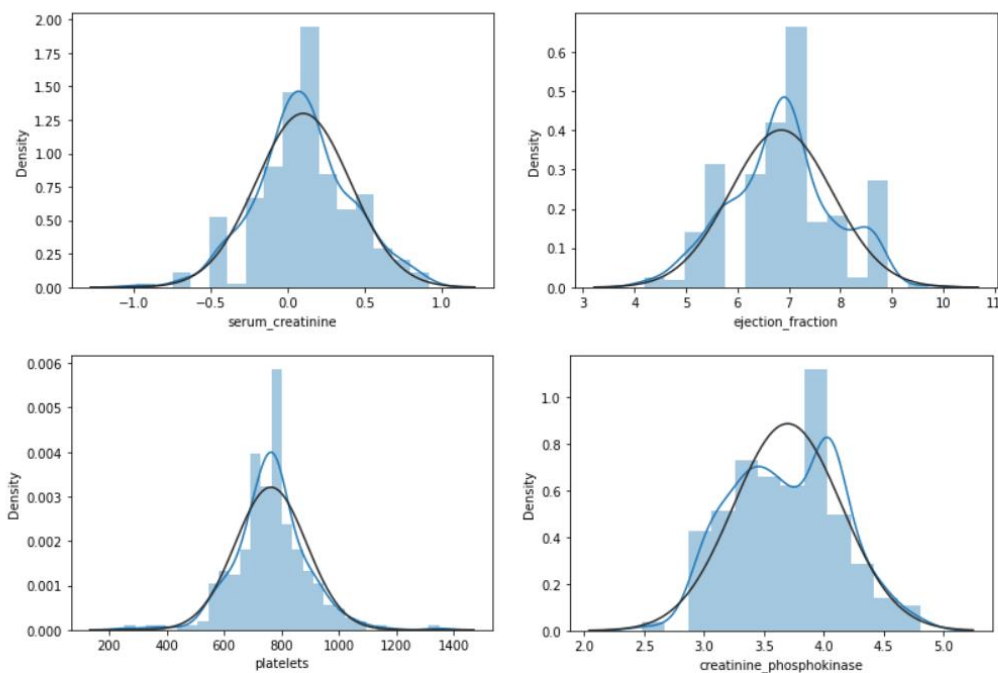


Рисунок 3.14 – Щільність розподілу за значимими ознаками

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Далі необхідно побудувати моделі прогнозування на основі одержаних даних.

### 3.5 Реалізація моделей прогнозування розвитку серцевих захворювань

Враховуючи той факт, що цільова змінна DEATH\_EVENT, значення якої потрібно спрогнозувати, може набувати дискретних значень 0 або 1, то цілком адекватним є застосування методів бінарної класифікації. Для цього пропонується скористатись наступними алгоритмами і моделями:

- модель XGBoost;
- модель випадкових лісів (Random Forest);
- логістична регресія ;
- підхід на основі дерев прийняття рішень;
- SVM модель;
- модель CatBoost;

Перед початком застосування наведених вище моделей проведемо процедуру щодо розбиття набору даних шляхом видалення значень поля DEATH\_EVENT і запису їх у змінну y:

```
X = data.drop("DEATH_EVENT", axis = 1)
y = data.DEATH_EVENT
```

У проведеній процедури результаті одержимо таблицю, яка показана на рис. 3.15.

	age	anaemia	creatinine_phosphokinase	diabetes	ejection_fraction	high_blood_pressure	platelets	serum_cre
0	75.0	0	4.025638	0	5.073540	1	776.442477	0.478943
1	55.0	0	4.812379	0	6.966172	0	774.155955	0.091073
2	65.0	0	3.457055	0	5.073540	0	614.694301	0.231885
3	50.0	1	3.328958	0	5.073540	0	695.287977	0.478943
4	90.0	1	2.889637	0	7.135176	1	685.786862	0.530416

Рисунок 3.15 – Результат виконання процедури розбиття набору даних

Після цього виведемо результат щодо кількості записів, які відповідають значенням 0 та 1 змінної Y (DEATH\_EVENT) (рис. 3.16).

```
0    198
1     91
Name: DEATH_EVENT, dtype: int64
```

Рисунок 3.16 – Кількість записів у DEATH\_EVENT

Як видно з одержаного результату на рис. 3.17, розподіл 0 і 1 не є збалансованим. Для того, що збалансувати кількість значень потрібно виконати код, що наведений у лістингу 3.11.

Лістинг 3.11 – Балансування даних

```
sm = SMOTE(random_state=42)
X_sm, y_sm = sm.fit_resample(X, y)
print("After Smote")
y_sm.value_counts()
```

Після виконання програмного коду, що наведений вище одержано результат, який продемонстровано на рис. 3.17.

```
0    198
1    198
Name: DEATH_EVENT, dtype: int64
```

Рисунок 3.17 – Збалансована кількість записів

Наступний крок полягає у формуванні навчальної і тестової вибірок. Для цього необхідно виконати код, який наведено у лістингу 3.12.

### Лістинг 3.12 – Формування навчальної і тестової вибірок

```
test_size = 0.2
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X_sm,
y_sm, test_size = test_size, random_state = 42)
print("X_train shape {}, len
{}.".format(X_train.shape, len(X_train)))
print("X_test shape {}, len
{}.".format(X_test.shape, len(X_test)))
print("Y_train shape {}, len
{}.".format(Y_train.shape, len(Y_train)))
print("Y_test shape {}, len
{}.".format(Y_test.shape, len(Y_test)))

result_acc = []
```

Відсоток тестового набору відносно сформованого становить 20%, відповідно навчальна вибірка становить 80%. Для зберігання результатів щодо точності прогнозування створено змінну-масив `result_acc`.

Програмна реалізація моделі XGBoost показана нижче у лістингу 3.13.

### Лістинг 3.13 – Модель XGBoost

```
XGB = XGBClassifier(max_depth = 1)
XGB.fit(X_train, Y_train)
y_pred_xgb = XGB.predict(X_test)
cm_xgb = confusion_matrix(y_pred_xgb, Y_test)
acc_xgb = accuracy_score(Y_test, y_pred_xgb)
result_acc.append(acc_xgb)
print("RESULT")
print("XGBoost Model Acc : ", acc_xgb)
print("XGBoost Model Cm : ", cm_xgb)
```

Результат щодо точності прогнозування летальних випадків від серцево-судинних захворювань показано на рис. 3.18.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
RESULT
XGBoost Model Acc : 0.9625
XGBoost Model Cm : [[39 3]
 [ 0 38]]
```

Рисунок 3.18 – Точність прогнозування на основі моделі XGBoost

Як видно з рис. 3.18 точність, що досягається при прогнозуванні на основі моделі XGBoost становить 96,25%. Наступна модель, що може дати хороші результати прогнозування – випадкові ліси (Random Forest). Для її реалізації потрібно визначити важливі ознаки, як показано у лістингу 3.14.

Лістинг 3.14 – Виявлення важливих ознак моделі Random Forest

```
model_rnd = RandomForestClassifier()
model_rnd.fit(X_train, Y_train)
importance = model_rnd.feature_importances_

# plot feature importance
plt.bar([x for x in range(len(importance))], importance,
color = "red")
plt.show()
```

Візуалізовані результати щодо важливості ознак показано на рис. 3.19.

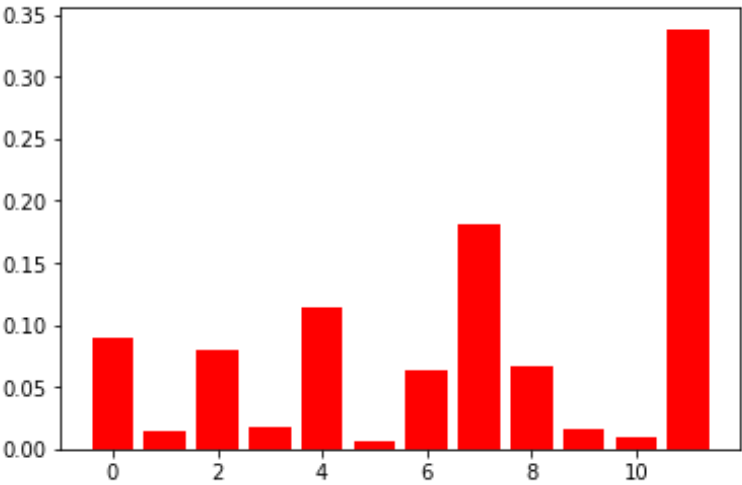


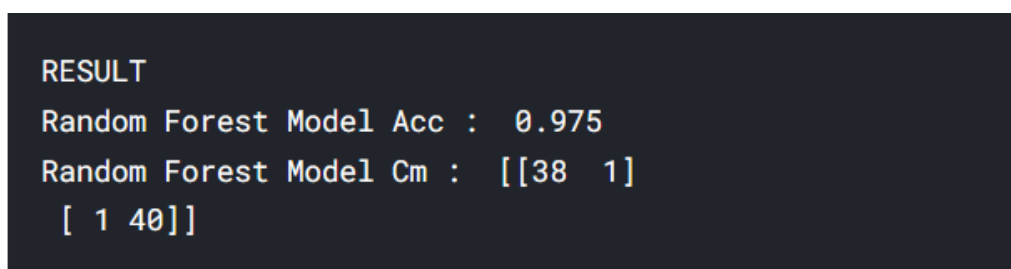
Рисунок 3.19 – Важливість ознак у наборі даних

Наступний крок полягає у формуванні навчальних і тестових вибірок та навчанні моделі, які показані у лістингу 3.15.

### Лістинг 3.15 – Реалізація та навчання моделі Random Forest

```
random_forest_model = RandomForestClassifier(max_depth=7,  
random_state=25)  
x_train_random_forest =  
X_train[["age","creatinine_phosphokinase","ejection_fraction",  
"serum_creatinine","time"]]  
x_test_random_forest =  
X_test[["age","creatinine_phosphokinase","ejection_fraction",  
"serum_creatinine","time"]]  
  
random_forest_model.fit(x_train_random_forest, Y_train)  
y_pred_random_forest =  
random_forest_model.predict(x_test_random_forest)  
cm_random_forest = confusion_matrix(y_pred_random_forest,  
Y_test)  
acc_random_forest = accuracy_score(Y_test,  
y_pred_random_forest)  
result_acc.append(acc_random_forest)  
print("RESULT")  
print("Random Forest Model Acc : ",acc_random_forest)  
print("Random Forest Model Cm : ",cm_random_forest)
```

Результат прогнозування на основі моделі випадкових лісів показано на рис. 3.20.



```
RESULT  
Random Forest Model Acc : 0.975  
Random Forest Model Cm : [[38 1]  
[ 1 40]]
```

Рисунок 3.20 – Точність прогнозування на основі Random Forest

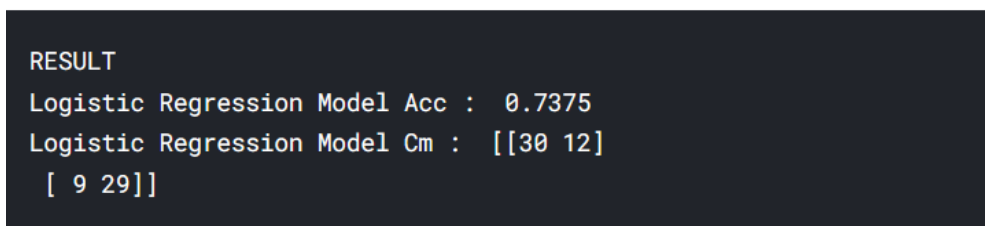


Для побудови моделі прогнозування на основі логістичної регресії реалізовано програмний код, який наведено у лістингу 3.16.

### Лістинг 3.16 – Модель логістичної регресії

```
x_train_log_reg =  
X_train[["creatinine_phosphokinase", "ejection_fraction", "seru  
m_creatinine", "sex"]]  
x_test_log_reg =  
X_test[["creatinine_phosphokinase", "ejection_fraction", "serum  
_creatinine", "sex"]]  
log_reg = LogisticRegression()  
log_reg.fit(x_train_log_reg, Y_train)  
y_pred_log = log_reg.predict(x_test_log_reg)  
cm_log_reg = confusion_matrix(y_pred_log, Y_test)  
acc_log_reg = accuracy_score(Y_test, y_pred_log)  
result_acc.append(acc_log_reg)  
print("RESULT")  
print("Logistic Regression Model Acc : ", acc_log_reg)  
print("Logistic Regression Model Cm : ", cm_log_reg)
```

Результат прогнозування на основі моделі логістичної регресії показано на рис. 3.21.



```
RESULT  
Logistic Regression Model Acc : 0.7375  
Logistic Regression Model Cm : [[30 12]  
 [ 9 29]]
```

Рисунок 3.21 – Результат прогнозування на основі логістичної регресії

Подібним чином було реалізовані й інші моделі прогнозування. Загальний порівняльний аналіз щодо точності їх прогнозування показано на рис. 3.22 та у таблиці 3.1.

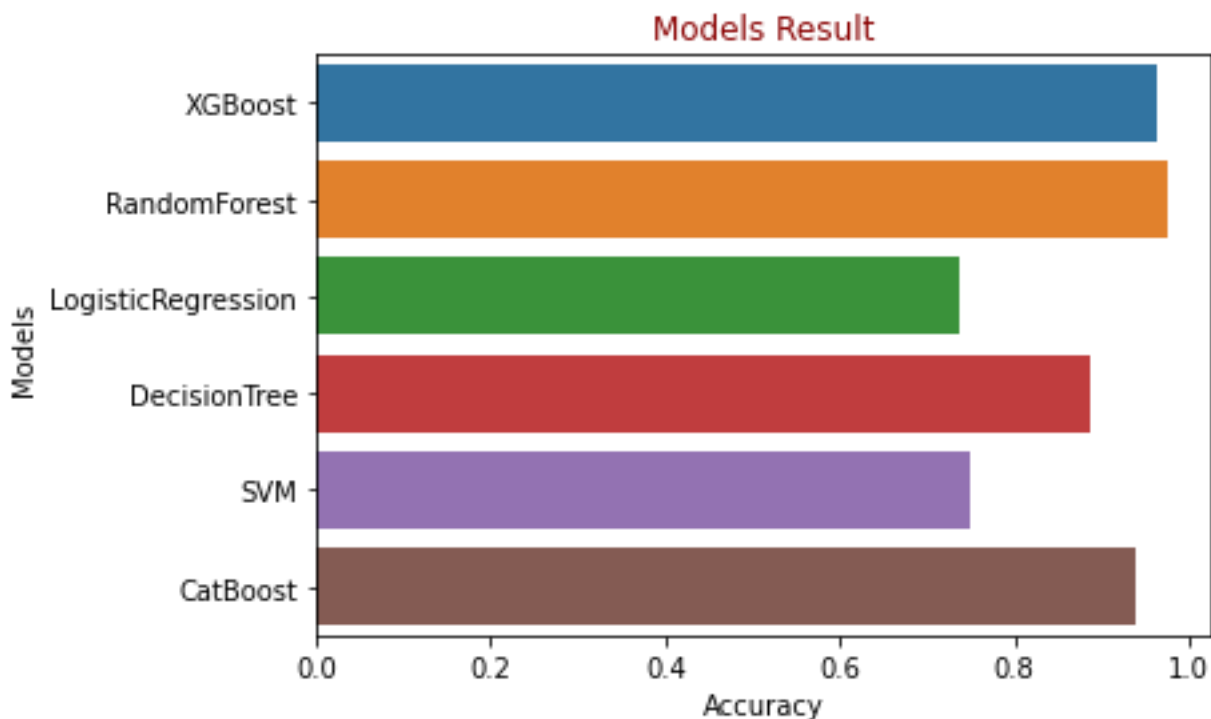


Рисунок 3.23 – Результати порівняння точності прогнозування на основі різних моделей

Таблиця 3.1 – Показники точності моделей прогнозування

№ моделі	Назва моделі	Точність прогнозування
1	XG Boost	0.9625
2	Random Forest	0.9750
3	Logistic Regression	0.7375
4	Decision Tree	0.8875
5	SVM	0.7500
6	Cat Boost	0.9375

Проаналізувавши результати щодо точності прогнозування шести моделей, можна зробити висновок про те, що найбільш ефективним рішенням є застосування моделі на основі Random Forest при проектуванні комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо його зниженню до допустимих величин

Шум – це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, що виникають у результаті коливального руху частинок у пружних середовищах (твердих, рідких, газоподібних). Шумом також вважають будь-який небажаний для людини звук [22].

Важливою характеристикою шуму є його частотний склад. Якщо в складі шуму переважають звуки з частотою коливань до 400 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо переважають звуки з частотою 400 – 1000 Гц – середньочастотним, якщо понад 1000 Гц – високочастотним [22].

Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньочастотного шуму ця норма складає 85 – 90 дБ; для високочастотного – 75 – 85 дБ. Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум [22].

Шум підступний, його шкідливий вплив на організм відбувається незримо, непомітно. Організм людини проти шуму практично беззахисний.

Вплив шуму на організм умовно поділяють на:

- специфічний, що спричиняє зміни в органі слуху;
- неспецифічний – з боку інших органів і систем.

Основну увагу приділяють стану органа слуху, тому що слуховий аналізатор першим сприймає звукові коливання і потерпає від впливу шуму на організм.

Дія шуму на організм людини пов'язана головним чином із застосуванням нового, високопродуктивного устаткування, з механізацією або автоматизацією

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Задойоний В.А.			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркуші</b>
Перевірів.		Яцишин В.В.					67	
Консульт.		Пилипець М.І.				<b>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44</b>		
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

трудо­вих процесів: пере­ходом на великі швидкості при експлуатації різних верстатів і агрегатів [22].

Джерелами шуму можуть бути двигуни, насоси, компресори, пневматичні та електричні інструменти, молоти, дробарки, верстати, центрифуги та інше обладнання, що має рухомі деталі.

Крім того, за останні роки, у зв'язку із значним розвитком міського транспорту, зросла інтенсивність шуму і в побуті.

Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органа або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху [22].

У виробничих умовах такі травми спостерігаються надзвичайно рідко, здебільшого під час аварій чи вибухів.

Основною ознакою впливу шуму є зниження слуху по типу кохлеарного невриту. Професійне зниження слуху зазвичай буває двостороннім. Стійкі зміни слуху, як правило, розвиваються повільно, нерідко їм передують адаптація до шуму, яка характеризується нестійким зниженням слуху, що виникає безпосередньо після його впливу і зникає після припинення його дії [23].

Початкові прояви професійної приглухуватості найчастіше зустрічаються у осіб зі стажем роботи в умовах шуму близько 5 років. При високих рівнях шуму слухова чутливість падає вже через 1 – 2 роки, при середніх – виявляється набагато пізніше, через 5 – 10 років, тобто зниження слуху відбувається повільно, хвороба розвивається поступово.

У працюючих в умовах шуму основними скаргами є: зниження слуху, головний біль тупого характеру, відчуття важкості і шуму в голові, що виникають до кінця робочої зміни або після роботи, запаморочення при зміні положення тіла, підвищена дратівливість, швидка стомлюваність, зниження працездатності, уваги, підвищена пітливість, порушення ритму сну (сонливість вдень, тривожний сон у нічний час). Можуть спостерігатися неприємні відчуття в області серця у вигляді поколювань, серцебиття. Відзначається виражена

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нестійкість пульсу і артеріального тиску, особливо в період перебування в умовах шуму.

Ефективний захист працюючих від несприятливого впливу шуму вимагає здійснення комплексу організаційних, технічних і медичних заходів. Особливо важливо заздалегідь приймати відповідні заходи захисту від шуму.

З метою підвищення ефективності боротьби з шумом введено обов'язковий гігієнічний контроль об'єктів, що генерують шум, реєстрація фізичних факторів, що роблять шкідливий вплив на навколишнє середовище і негативно впливають на здоров'я людей. Ефективним шляхом вирішення проблеми боротьби з шумом є зниження його рівня в самому джерелі за рахунок зміни технології і конструкції машин. До заходів цього типу відносяться заміна гучних процесів безшумними, ударних – безударними, наприклад заміна клепки пайкою, кування і штампування – обробкою тиском, застосування віброізоляції, глушників, звукоізолюючих кожухів та інші. У деяких випадках зниження рівня шуму досягається застосуванням звукопоглинальних пористих матеріалів, покритих перфорованими листами алюмінію, пластмас.

При необхідності підвищення коефіцієнта звукопоглинання в області високих частот звукоізолюючі шари покривають захисною оболонкою з дрібною і частою перфорацією, застосовують також штучні звукопоглиначі у вигляді конусів, кубів, закріплених над обладнанням, що є джерелом підвищеного шуму. У тих випадках, коли технічні засоби не забезпечують досягнення вимог чинних нормативів, необхідно обмеження тривалості впливу шуму та застосування засобів індивідуального захисту органу слуху. Їх використовують тоді, коли технічні засоби боротьби з шумом не забезпечують зниження його до безпечних меж. Засоби індивідуального захисту органів слуху поділяють на три типи: вкладиші, навушники і шоломи.

Важливе значення у попередженні розвитку шумової патології мають попередні (під час прийняття на роботу) і періодичні (протягом трудової діяльності) медичні огляди. Згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 № 246 «Про затвердження Порядку проведення медичних

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оглядів працівників певних категорій» таким оглядам підлягають особи, які працюють на виробництвах, де шум перевищує гранично допустимий рівень.

Медичними протипоказаннями до допуску на роботу, пов'язану з впливом інтенсивного шуму, крім загальних медичних протипоказань є наступні захворювання:

- стійке зниження слуху, хоча б на одне вухо, будь-якого походження;
- отосклероз і інші хронічні захворювання вуха з несприятливим прогнозом;
- порушення функції вестибулярного апарата, у тому числі хвороба Мен'єра;
- виражена вегетативно-судинна дистонія;
- гіпертонічна хвороба (всі стадії).

Кратність проведення періодичних медичних оглядів встановлюється в залежності від інтенсивності шуму. Огляди проводяться за участю отоларинголога, невропатолога і терапевта.

#### 4.2 Вплив діяльності людини на довкілля

В умовах науково-технічного прогресу значно ускладнились взаємовідносини суспільства з природою. Людина отримала можливість впливати на хід природних процесів, підкорила сили природи, почала опановувати майже всі доступні відновні і невідновні природні ресурси, але разом з тим забруднювати і руйнувати довкілля.

За оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), із більш ніж 6 млн. відомих хімічних сполук практично використовується до 500 тис. сполук; із них біля 40 тис. мають шкідливі для людини властивості, а 12 тис. є токсичними.

До кінця ХХ століття початку ХХІ століття забруднення навколишнього середовища відходами, викидами, стічними водами всіх видів промислового виробництва, сільського господарства, комунального господарства міст набуло глобального характеру і поставило людство на грань екологічної катастрофи.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втручання людини у природні процеси різко зростає і може спричиняти зміну режиму ґрунтових і підземних вод у цілих регіонах, поверхневого стоку, структури ґрунтів, інтенсифікацію ерозійних процесів, активізацію геохімічних та хімічних процесів у атмосфері, гідросфері та літосфері, зміни мікроклімату тощо.

Сучасна діяльність, наприклад, будівництво гідротехнічних споруд, шахт, рудників, доріг, свердловин, водойм, дамб, деформація суші ядерними вибухами, будівництво гігантських міст, обводнення і озеленення пустель, та інші повсякденні аспекти діяльності людини, вже викликали значні видимі і приховані зміни довкілля.

В історичному плані виділяють декілька етапів зміни біосфери людством, які увінчались екологічними кризами та революціями, а саме:

- вплив людства на біосферу як звичайного біологічного виду;
- надінтенсивне полювання без змін екосистем у період становлення людства;
- зміни екосистем внаслідок процесів, що відбуваються природнім шляхом: випасання, посилення росту трав шляхом випалювання тощо;
- інтенсифікація впливу на природу шляхом розорювання ґрунтів та вирубування лісів;
- глобальні зміни всіх екологічних компонентів біосфери в цілому.

Вплив людини на біосферу зводиться до чотирьох головних форм:

- 1) зміна структури земної поверхні (розорювання степів, вирубування лісів, меліорація, створення штучних водойм та інші зміни режиму поверхневих вод тощо);
- 2) зміна складу біосфери, кругообігу і балансу тих речовин, які її складають (добування корисних копалин, створення відвалів, викиди різних речовин у атмосферу та водойми);
- 3) зміна енергетичного, зокрема теплового, балансу окремих регіонів земної кулі і всієї планети;
- 4) зміни, які вносяться у біоту (сукупність живих організмів) внаслідок знищення деяких видів, руйнування їх природних місць існування, створення

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нових порід тварин та сортів рослин, переміщення їх на нові місця існування тощо.

Під забрудненням навколишнього середовища розуміють надходження в біосферу будь-яких твердих, рідких і газоподібних речовин або видів енергії (теплоти, звуку, радіоактивності і т.п.) у кількостях, що шкідливо впливають на людину, тварин і рослини як безпосередньо, так і непрямым шляхом.

Безпосередньо об'єктами забруднення (акцепторами забруднених речовин) є основні компоненти екотопу (місце існування біотичного угруповання):

- атмосфера,
- вода,
- ґрунт.

Опосередкованими об'єктами забруднення (жертвами забруднення) є складові біогеоценозу:

- рослини,
- тварини,
- гриби,
- мікроорганізми.

Втручання людини в природні процеси в біосфері, котре викликає небажані для екосистем антропогенні зміни, можна згрупувати за наступними видами забруднень:

– інгредієнтне забруднення - забруднення сукупністю речовин, кількісно або якісно ворожих природним біогеоценозам (інгредієнт - складова частина складної сполуки або суміші);

– параметричне забруднення пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (параметр навколишнього середовища - одна з його властивостей, наприклад, рівень шуму, радіації, освітленості);

– біоценотичне забруднення полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;

– стаціонально-деструкційне забруднення (стація- місце існування популяції, деструкція - руйнування) викликає зміну ландшафтів та екологічних систем в процесі природокористування.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Фахівці по різному класифікують забруднення природного середовища, в залежності від того, який принцип беруть за основу класифікації, зокрема - за типом походження, за часом взаємодії з довкіллям, за способом впливу.

За просторовим поширенням (розміру охоплюючих територій) забруднення поділяють на:

- локальні забруднення характерні для міст, значних промислових підприємств, районів видобутку тих або інших корисних копалин, значних тваринницьких комплексів.

- регіональні забруднення охоплюють значні території й акваторії, що підлягають впливу значних промислових районів.

- глобальні забруднення частіше всього викликаються атмосферними викидами, поширюються на великі відстані від місця свого виникнення і створюють несприятливий вплив на крупні регіони, а іноді і на всю планету.

За силою та характером дії на навколишнє середовище забруднення бувають:

- фонові;
- імпактні (від англ. імпект - удар; синонім - залпові);
- постійні (перманентні);
- катастрофічні.

За джерелами виникнення забруднення поділяють на:

- промислові (наприклад, SO<sub>2</sub>);
- транспортні (наприклад, альдегіди вихлопів автотранспорту);
- сільськогосподарські (наприклад, пестициди);
- побутові (наприклад, синтетичні мийних засобів).

За типом походження розрізняють

- фізичні забруднення – це зміни теплових, електричних, радіаційних, світлових полів у природному середовищі, шуми, вібрації, гравітаційні сили, спричинені людиною.

- механічні забруднення – це різні тверді частки та предмети (викинуті як непридатні, спрацьовані, вилучені з вжитку).

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– зімічні забруднення – тверді, газоподібні й рідкі речовини, хімічні елементи й сполуки штучного походження, які надходять - у біосферу, порушуючи встановлені природою процеси кругообігу речовин і енергії.

– Біологічні забруднення – різні організми, що з'явилися завдяки життєдіяльності людства - бактеріологічна зброя, нові віруси (збудники СНІДу, хвороби легіонерів, епідемій, інших хвороб, а також катастрофічне розмноження рослин чи тварин, переселених з одного середовища в інше людиною чи випадково.

Джерела забруднення дуже різноманітні: серед них не тільки промислові підприємства і паливно-енергетичний комплекс, але і побутові відходи, відходи тваринництва, транспорту, а також хімічні речовини, які людина цілеспрямовано вводить до екосистеми для захисту корисних продуцентів і консументів від шкідників, хвороб і бур'янів.

Серед інгредієнтів забруднення – тисячі хімічних сполук, особливо важкі метали та оксиди, токсичні речовини та аерозолі. Різні джерела викидів можуть бути однаковими за складом і характером забруднюючих речовин. Так вуглеводні надходять у атмосферу і при спалюванні палива, і від нафтопереробної промисловості, і від газовидобувної промисловості.

Джерела забруднюючих речовин різноманітні, також багаточисельні види відходів і характер їхнього впливу на компоненти біосфери. Біосфера забруднюється твердими відходами, газовими викидами і стічними водами металургійних, металообробних і машинобудівних заводів. Величезної шкоди завдають водяним ресурсам стічні води целюлозно-паперової, харчової, деревообробної, нафтохімічної промисловості.

Розвиток автомобільного транспорту призвів до забруднення атмосфери міст і транспортних комунікацій важкими металами і токсичними вуглеводнями, а постійне зростання масштабів морських перевезень викликало майже повсюдне забруднення морів і океанів нафтою і нафтопродуктами. Масове застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин призвело до появи отрутохімікатів в атмосфері, ґрунтах і природних водах, забрудненню

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біогенними елементами водоїм, водотоків і сільськогосподарської продукції (нітрати, пестициди і т.п.).

При гірських розробках на поверхню землі витягаються мільйони тон різноманітних, найчастіше фітотоксичних гірських порід, що утворюють терикони і відвали, що пилять і горять . В процесі експлуатації хімічних заводів і теплових електростанцій також утворюються величезні кількості твердих відходів (недогарок, шлаки, золи і т.п.), що складуються на великих площах, вчиняючи негативний вплив на атмосферу, поверхневі і підземні води, ґрунтовий покрив (пилування, виділення газів і т.п.).

					<i>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						75
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектовано комп'ютерну систему прогнозування ризиків появи серцевих захворювань. До її складу входять дві основні компоненти:

- підсистема збору даних життєвих показників людини;
- інтелектуальний модуль прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.

Підсистему збору життєвих показників людини реалізовано за допомогою мобільних сенсорів, які кріпляться до організму людини, однокристального міні-комп'ютера Raspberry PI, як центрального вузла, що виконує функції контролера при передачі даних та хмарного сховища – для зберігання та аналізу зібраної інформації.

В якості сенсорів, які кріпляться до тіла людини використано: пульсометр, давач температури тіла та вимірювач артеріального тиску. Окрім цього, для врахування параметрів навколишнього середовища, у якому перебуває людина, застосовано сенсори аналізу параметрів повітря: температури, вологості, наявності шкідливих речовин та інтенсивності світла.

Інтелектуальний модуль прогнозування ризиків появи серцевих захворювань реалізовано за допомогою мови програмування Python та із застосування відкритих бібліотек машинного навчання.

При реалізації інтелектуального модуля комп'ютерної системи проведено препроцесинг даних вхідного набору інформації, виявлено типи залежностей між факторами, які впливають на розвиток серцевих та серцево-судинних захворювань, визначено найбільш важливі фактори і проведено експериментальні дослідження щодо прогнозування смертності від серцевих захворювань. При моделюванні використано і досліджено характеристики шести моделей бінарної класифікації, у результаті якого встановлено, що найбільш ефективною є модель на основі випадкові лісів (Random Forest), що забезпечує точність прогнозування на рівні 97,5%.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Медичні інформаційні системи: огляд можливостей і приклади використання. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/medical-information-systems.html> (дата звернення 15.03.2021 р.).
2. Ільницька Л.В. Модульне функціонування архітектури інформаційної медичної системи охорони здоров'я України. Медична інформатика та інженерія. №2. 2018. С. 73-80.
3. Кононов М.В., Судаков О.О. Архітектура розподіленої інформаційної системи медичного призначення для роботи в умовах ненадійного зв'язку. Мат. машини і системи. № 3. 2006. С. 105-116.
4. Як вибрати медичну інформаційну систему: рекомендації експерта. URL: <https://www.medsprava.com.ua/article/1716-yak-vibrati-medichnu-nformatsy-nu-sistemu-rekomendats-eksperta>. (дата звернення 21.03.2021 р.)
5. Martsenyuk V. P., Andrushchak I. Ye. On development of information system for emergency medicine based on microservices architecture.
6. Марценюк В. П., Андрущак І. Є. Програмне середовище підтримки системних фармакокінетичних досліджень: підхід на основі Web-технологій. Штучний інтелект. 2009. № 3. С. 126-132.
7. Марценюк В.П., Андрущак І.Є. Розробка клінічної експертної системи, що ґрунтується на правилах, методом послідовного покриття. Наукові праці. Комп'ютерні технології. 2014. Т. 237. № 225. С. 5-10.
8. Марценюк В.П., Андрущак І.Є., Стаханська О.О. Розробка експертних систем на основі технології Data mining. Здобутки клінічної та експериментальної медицини: збірник матеріалів конференції (Тернопіль, 21 травня 2014 р.). Тернопіль, 2014. - С. 141-142.
9. Марценюк В.П., Сельський П.Р. Ефективність використання інформаційних та телемедичних технологій на первинному рівні надання медичної допомоги. Матер, наук.-практ. конф. з між-народною участю «Інформатизація реабілітаційного процесу». 2013. - С. 66-67.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Марценюк В. П., Семенець А. В., Сверстюк А. С., Ковальчук О. Я. Про інформаційну модель інтелектуальної медичної бази даних. Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютери. Програми. Інтернет. 2003» (21-23 квітня 2003 р., Київ): тези доповідей. 2003. С 46.

11. Фоусет Т., Провост Ф. Data Science для бізнесу: Як збирати, аналізувати і використовувати дані. Наш формат. Київ. 2019. 400 с.

12. К. О Нил, Шатт Р. Data Science. Инсайдерская информация для новичков. Включая язык R. Издательский дом "Питер". 2018. 368 с.

13. Linden G., Smith B., York J. Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. IEEE Internet Computing. vol. 7. No. 1. 2003. pp. 76–80.

14. Python-recsys on Github. URL: <https://github.com/ocelma/python-recsys> (дата звернення 22.04.2021 р).

15. Preprocessing data. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/preprocessing.html#preprocessing> (дата звернення 02.05.2021 р.).

16. API reference. URL: <https://pandas.pydata.org/docs/reference/index.html> (дата звернення 10.05.2021 р.).

17. NumPy Reference. URL: <https://numpy.org/doc/stable/reference/index.html> (дата звернення 12.05.2021 р.)

18. Барсегян А. Анализ данных и процессов. 3 изд. БХВ-Петербург. 2009. 512 с.

19. Breese J., Heckerman D., Kadie C. Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering. Proc. 14th Conf. Uncertainty in Artificial Intelligence. 1998. pp. 223-234.

20. Adomavicius G. На пути к новому поколению рекомендационных систем: обзор имеющихся систем и возможные инновации. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. Vol. 17. No. 6. 2005. с. 78-86

21. Kurucz M., Benczur A., Csalogany K. Methods for large scale SVD with missing values. Proceedings of KDD Cup and Workshop. 2007. pp. 122-129.

					<b>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. ДСанПіН 3.3-2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. - Київ, 1999. - 18с.

23. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». – Київ, 2010. – 8 с.

					<i>КС КРБ 123.170.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						79
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додаток А.  
Технічне завдання



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

**“Затверджую”**

Завідувач кафедри КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ПОЯВИ СЕРЦЕВИХ  
ЗАХВОРЮВАНЬ

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на 13 листках

**Вид робіт:**

Кваліфікаційна робота

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІс-44

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

\_\_\_\_\_ Задойоний В.А.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Тернопіль 2021**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.170.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІс-44, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Задойоний Віктор Андрійович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-97 від 10.02.2021 р.)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 10.02.2021 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2021 р.

### 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ІСО, ГОСТ, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система, що проектується у даній роботі, орієнтована на прогнозування та можливу появу серцевих захворювань на основі показників життєдіяльності організму людини.

Дана система повинна виконувати збір та аналіз даних щодо схильності до проблем з серцево-судинними захворюваннями з врахуванням способу життя людини.

Із розвитком IoT сфери, на ринку інформаційних технологій з'явилося багато рішень медичного призначення, які дозволяють віддалено контролювати такі життєві показники організму як:

- температура тіла;
- електрокардіограма (ЕКГ);
- кров'яний тиск;
- рівень цукру в крові;
- частоту пульсу.
- рівень насичення киснем.

Окрім цього, у розвинутих країнах прийнято проходити повне обстеження організму із застосуванням спеціалізованих пристроїв по типу магнітно-резонансної

томографії, ультразвукової діагностики, електроенцефалографів та ін. Показники стану організму зберігаються у базу даних електронної картки пацієнта. На основі таких накопичених даних можна проводити прогнозування щодо можливості появи серцево-судинних захворювань.

Комп'ютерна система прогнозування появи серцевих захворювань повинна забезпечувати віддалений збір даних з давачів і сенсорів життєвих показників людини і на основі накопиченої інформації шляхом застосування методів інтелектуального аналізу виконувати прогнозування виникнення проблем з серцем.

## 2.2 Мета створення системи

Мета створення комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань полягає у реалізації проекту апаратно-програмного комплексу з інтелектуальною складовою, які давали б можливість попереджувати про виникнення серцево-судинних захворювань, а також прогнозувати імовірність летальних випадків хворих за значеннями життєвих показників організму.

Виходячи з мети роботи, можна сформулювати наступні задачі, які приведуть до її досягнення:

- дослідження принципів організації комп'ютерних систем медичного призначення;
- проектування архітектури та визначення особливостей структурних компонентів комп'ютерної системи;
- обґрунтування технологій і пристроїв віддаленого збору даних;
- визначення технічних характеристик, вимог і структури сховища для зберігання даних;
- реалізація інтелектуальної складової комп'ютерної системи прогнозування ризиків серцевих захворювань на основі відкритих даних;
- проведення тестування та експериментальних досліджень щодо точності прогнозування.

## 2.3 Характеристика об'єкту

### 2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Основними задачами і функціями комп'ютерної системи прогнозування появи серцевих захворювань є забезпечення можливості віддаленого збору, накопичення та передбачення показників, які вказують на ймовірність виникнення ризиків щодо серцево-судинних захворювань.

В якості давачів, які знімають життєві характеристики стану організму людини можуть виступати як пристрої побутового застосування, наприклад, смарт годинники із функціями вимірювання частоти серцевих скорочень, пульсу та фізичної активності людини, так і спеціалізовані апаратно-програмні комплекси, що розміщені у спеціалізованих медичних закладах.

Для прогнозування серцевих захворювань необхідна база даних інформативних ознак появи серцевих захворювань та історії хвороб пацієнта протягом всього періоду його життя.

Найбільш важливою задачею, які потрібно розв'язати при проектуванні комп'ютерної системи є побудова моделі прогнозування ризиків появи серцевих захворювань та реалізація відповідного програмного модуля. Критеріями оцінки ризиків виникнення таких захворювань повинні виступати точність на рівні не менше, ніж 80%, або похибка до 5%.

Окрім основної задачі, необхідно розв'язати і супутні, як наприклад:

- забезпечення апаратної і програмної узгодженості пристроїв для фіксації показників стану організму;
- обґрунтування параметрів апаратного забезпечення комп'ютерної системи;
- можливість використання даних з відкритих джерел, що стосуються показників серцево-судинних захворювань;
- проектування архітектури комп'ютерної системи для забезпечення взаємодії між її компонентами;

В якості комунікаційних каналів, у комп'ютерній системі доцільно використовувати будь-які технології та пристрої, які мають можливість передачі даних і доступ до мережі Інтернет.

Технічні характеристики апаратних засобів для проведення моделювання і тестування інтелектуальної складової комп'ютерної системи повинні підтримувати механізми розпаралелювання і мати достатній об'єм оперативної пам'яті.

### 3 Вимоги до системи

#### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги, які в цілому висуваються до комп'ютерної системи прогнозування серцевих захворювань, включають у себе:

- вимоги до давачів і сенсорів, які дозволяють одержувати фізичні та фізіологічні параметри організму;
- вимоги до середовища передачі даних;
- вимоги до локальної системи збору та передачі даних;
- вимоги до глобальної системи формування прогнозів щодо стану організму та імовірності виникнення серцевих захворювань.

При обґрунтуванні вибору сенсорів потрібно враховувати можливості щодо їх фіксації на тілі людини, здатності передачі даних до, наприклад смартфонів, а в подальшому у локальне та глобальне сховище даних.

Серед давачів обов'язково повинні бути такі сенсори, які дозволяють зчитувати температуру, тиск, частоту серцевих скорочень, а також значення факторів зовнішніх та внутрішніх метеоумов.

Середовище передачі даних повинно підтримувати відповідні протоколи для IoT пристроїв, які сумісні з протоколами передачі даних на основі WiFi технологій, 4 або 5 G стандартів та ін.

Сховища зберігання даних можуть бути реалізовані на основі реляційних баз даних, або даних, які зберігаються у JSON форматі.

Програмне забезпечення комп'ютерної системи повинно дозволяти формувати прогнози щодо ризиків появи серцевих захворювань та відповідно базуватись на відкритому наборі факторів, які впливають на їх виникнення.

В цілому вимоги до комп'ютерної системи можна сформулювати наступним чином:

- здатність отримувати дані про життєві показники організму;
- можливість одержувати інформацію про умови зовнішнього середовища проживання людини;
- можливість передачі даних до локального та глобального сховищ;
- можливість інтелектуального аналізу даних щодо прогнозування ризиків серцевих захворювань;
- можливість сповіщення людей про стан організму на основі аналізу їхніх життєвих показників;
- забезпечення захищеності персональних даних.

### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань повинна включати в себе клієнтську і серверну частину.

В якості клієнтів будуть виступати кінцеві пристрої – сенсори, які знімають життєві характеристики організму людини, а також програмні компоненти, які виконують їх надсилання у сховища даних.

Серверна частина включає в себе сховища даних і програмне забезпечення для формування прогнозу щодо імовірності виникнення серцевих захворювань.

Варто відмітити, що існує кілька вкладених рівнів при використанні клієнт-серверної технології, зокрема це стосується взаємодії сенсорів з мікроконтролерами, які виконують перетворення електричних сигналів у зрозумілі значення параметрів життєдіяльності організму. Інша складова може виконувати надсилання даних від

контролера до смартфона, або напряму до локального сховища даних. Ще однією реалізацією клієнт-серверної архітектури є відправка повідомлень або сповіщень на смартфон користувача щодо імовірності виникнення серцевого нападу чи розвитку захворювання.

Основними компонентами комп'ютерної системи, яка проектується є:

- сенсори життєвих показників організму людини та якості навколишнього середовища;
- мікроконтролер (и) опрацювання даних із сенсорів;
- локальне сховище даних;
- глобальне сховище даних;
- інтелектуальний програмний модуль прогнозування імовірності виникнення серцевих захворювань та можливого летального випадку.

Комп'ютерна система повинна відповідати вимогам надійності до такого класу систем, а також бути захищеною на різних рівнях взаємодії компонентів.

### 3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Вимогами до способів і засобів зв'язку між сенсорами життєвих показників організму людини та мікроконтролерами повинна відбуватись за допомогою безпроводних протоколів передачі даних. В якості таких технологій можна використати WiFi-технології або Bluetooth.

Передача даних від мікроконтролера до смартфона та сховищ даних повинна використовувати на транспортному рівні стек протоколів TCP/IP. Окрім цього, компоненти комп'ютерної системи мають бути захищені на фізичному і програмному рівні.

### 3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностику компонентів комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань та передбачення летальних випадків умовно можна поділити



на дві частини: апаратну і програмну. Вимоги до діагностики апаратного забезпечення включають:

- здатність само ініціалізації датчиків життєвих показників;
- ініціалізація мікроконтролерів;
- ідентифікація з'єднань датчиків з Raspberry PI;
- тестування і діагностика зв'язку зі сховищем даних.

Діагностика програмного забезпечення проводиться згідно регламенту та у випадку виявлення порушень і помилок при його роботі. Діагностика інтелектуального модулю прогнозування появи серцевих захворювань відбувається у випадку зниження точності прогнозів.

#### 3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективами розвитку комп'ютерної системи є її впровадження та/або інтеграція із суміжними системами регіонального та загальнонаціонального рівня у сфері управління охорони здоров'я. Модернізація системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань можлива при зміні вимог до її експлуатації, або у випадку побудови більш оптимальної моделі за точністю та одночасно за кількістю використовуваних ресурсів.

Перспективи розвитку і модернізації комп'ютерної системи можуть бути також пов'язані з необхідністю розширення функціональних властивостей або переходу на іншу програмно-апаратну платформу. При цьому проектувана система повинна бути гнучкою і масштабованою.

#### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Вимогами надійності до комп'ютерної системи прогнозування ризиків появи серцевих випадків та імовірних летальних випадків виступають:

- безвідмовність функціонування протягом визначеного періоду часу, зазвичай, протягом активної фази життєдіяльності людини протягом світлового дня (стан бадьорості) ;

- можливість використання однотипних та взаємозамінних сенсорів життєвих показників організму людини з похибками в межах допустимих інтервалів;
- безвідмовність роботи мікроконтролерів Raspberry PI;
- час напрацювання компонентів системи на відмову до 10000 год.;
- сумісність із зовнішніми однорідними системи;
- захищеність доступу до апаратного і програмного забезпечення;
- захист апаратних пристроїв від впливу агресивних зовнішніх метеофакторів.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основними вимогами до функцій і задач, які має розв'язувати комп'ютерна система прогнозування ризиків появи серцевих захворювань є:

- можливість одержання показників життєдіяльності організму;
- здатність перетворення фізичних характеристик сенсорів у характеристики стану організму людини;
- можливість комунікації компонентів системи за визначеними протоколами передачі даних;
- здатність накопичувати інформацію про характеристики стану організму;
- здатність до прогнозування появи серцевих захворювань та імовірності настання летальних випадків;
- врахування факторів впливу на появу серцевих захворювань, зокрема віку, статі, способу життя, вживання алкоголю, куріння і т.п.;
- забезпечення точності результатів прогнозування не нижче 80% та стійкості алгоритму;
- здатність до масштабування сховища даних;
- можливість налаштування прав доступу до ресурсів комп'ютерної системи;
- можливість надсилання сповіщень про критичний стан організму.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи для збору даних життєвих показників організму при прогнозуванні появи серцевих захворювань включає в себе:

- сенсор для вимірювання частоти серцевих скорочень (пульсометр);
- сенсор температури тіла (TTC05);
- сенсор артеріального тиску (US9111);
- мікроконтролер на базі Raspberry Pi.

Оскільки, система повинна враховувати показники навколишнього середовища, то доцільним є застосування наступного апаратного забезпечення:

- сенсор температури (TTC05);
- сенсор вологості (RH31);
- сенсор якості повітря (MQ2);
- сенсор інтенсивності світлового потоку (LM393);
- мікроконтролера на базі Raspberry Pi.

При реалізації інтелектуального модуля для прогнозування ризиків появи серцевих захворювань необхідно застосування комп'ютерної техніки з наступними технічними характеристиками:

- процесор з кількістю логічних ядер не менше 16 і тактовою частотою на рівні 2,1 ГГц;
- відеокарта об'ємом 8 ГБ;
- розмір оперативної пам'яті – не менше 32 ГБ;
- об'єм накопичувачу – 4 ТБ.

### 3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення

Операційними системами мікроконтролера Raspberry Pi повинна бути Raspbian, а для сховищ даних може використовуватись як Windows, так і Linux системи.

Реалізація інтелектуального модуля повинна бути виконана з використанням мови програмування Python і відповідних відкритих бібліотек.

#### 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

1. Загальна архітектура системи управління охорони здоров'я.
2. Архітектура системи прогнозування ризиків появи серцевих захворювань.
3. Схема електрична принципова для вимірювання життєвих показників людини.
4. Схема електрична принципова для вимірювання показників навколишнього середовища.
5. Препроцесинг даних(розподіл значень за кожним фактором та матриці кореляцій між ними).
6. Результати прогнозування ризиків настання летальних випадків при серцевих захворюваннях.

#### 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1.	Розробка та аналіз технічного завдання	10.02-17.02.2021
2.	Аналіз принципів організації комп'ютерних систем медичного призначення	19.02-06.03.2021
3.	Обґрунтування вибору апаратного забезпечення комп'ютерної системи прогнозування ризиків серцевих захворювань	07.03-20.03.2021
4.	Проектування архітектури системи прогнозування ризиків виникнення серцевих захворювань	21.03-29.03.2021
5.	Розробка схем електричних принципових	30.03-12.04.2021
6.	Реалізація програмної моделі інтелектуального модуля	13.04-18.05.2021

*Продовження таблиці 1*

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
7.	Розробка інструкцій з налаштування параметрів комп'ютерної системи	18.05-25.05.2021
8.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05-10.06.2021
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.06-12.06.2021
10.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.06-18.06.2021

#### 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.