

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Експертна система аналізу фізіологічних показників людини

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи РБ-41
спеціальності 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

	Солодка М.І. (підпис)	Солодка М.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	Яворська Є.Б. (підпис)	Яворська Є.Б. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	Хвостівський М.О. (підпис)	Хвостівський М.О. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	Яворська Є.Б. (підпис)	Яворська Є.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	Дедів І.Ю. (підпис)	Дедів І.Ю. (прізвище та ініціали)

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

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Біотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Солодкій Марії Ігорівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Експертна система аналізу фізіологічних показників людини

Керівник роботи Яворська Є.Б., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» 01 2025 року № 4/7-43

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Фізіологічні показники біооб'єкту (норма, патологія),
технічні характеристики системи

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

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Солодка М.И.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Експертна система аналізу фізіологічних показників людини». Кваліфікаційна робота бакалавра // Солодка Марія Ігорівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РБ-41 // Тернопіль, 2025 р // стор. – 48, рис. – 9, табл. – 7, бібліог. – 12, додат. – 3.

Ключові слова: ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА, ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА, ДІАГНОСТИКА, БАЗА ЗНАНЬ

У цій бакалаврській роботі розглянуто процес розробки експертної системи для аналізу фізіологічних показників людини. Метою дослідження є створення інтелектуального програмного продукту, здатного обробляти дані про стан здоров'я користувача та надавати висновки щодо його фізіологічного стану. У роботі проаналізовано існуючі підходи до побудови експертних систем, визначено ключові фізіологічні параметри, що підлягають оцінюванню, та реалізовано прототип системи на основі бази правил. Проведено тестування функціональності програми та обґрунтовано доцільність її використання для попередньої діагностики та моніторингу здоров'я. Робота має прикладне значення та може бути основою для подальшого розвитку в напрямі медичних інформаційних систем.

Результати дослідження можуть бути впроваджені в практиці домашнього моніторингу, спортивній медицині, телеметричних системах та освітніх цілях.

ABSTRACT

The subject of the qualification work: “Expert system for analyzing human physiological parameters” Bachelor’s qualification work // Solodka Mariya Ihorivna// Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Group RBz-41 // Ternopil, 2025 // pp. – 48, fig. – 9, tab. - 7, bibliog. - 12, add. – 3.

Keywords: EXPERT SYSTEM, PHYSIOLOGICAL INDICATORS, MEDICAL INFORMATICS, DIAGNOSTICS, KNOWLEDGE BASE

This bachelor's thesis presents the development of an expert system for analyzing human physiological indicators. The aim of the research is to create an intelligent software solution capable of processing user health data and providing conclusions regarding their physiological state. The study analyzes existing approaches to building expert systems, identifies key physiological parameters for assessment, and implements a prototype based on a rule-based knowledge base. Functionality testing has been conducted, confirming the feasibility of using the system for preliminary diagnosis and health monitoring. The work has practical significance and may serve as a foundation for further development in the field of medical information systems.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Аналіз існуючих рішень поставленого завдання	
1.2 Актуальність виконання роботи	
1.3 Методи, способи та шляхи вирішення поставленої задачі	
1.4 Висновки до розділу 1	
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	
2.1 Технічне забезпечення біотехнічного виробу	
2.2 Математичне забезпечення біотехнічного виробу	
2.3 Алгоритмічне забезпечення біотехнічного виробу	
2.4 Проєктування біотехнічного виробу	
2.5 Тестування роботи біотехнічного виробу	
2.6 Висновки до розділу 2	
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Обґрунтування вибору програмного середовища	
3.2 Методика проведення медико-біологічного дослідження	
3.3 Висновки до розділу 1	
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
4.1 Безпека життєдіяльності.....	
4.2 Основи охорони праці	
4.3 Висновки до розділу 4	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ	

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Експертна система аналізу фізіологічних показників людини Пояснювальна записка	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Солодка М.І.					н		
<i>Перевір.</i>	Яворська Є.Б.							
<i>Консульт</i>								
<i>Н. контр.</i>	Дозорський В.Г.							
<i>Зат. каф.</i>	Яворська Є.Б.					ТНТУ, каф. БТ, Гр. РБ-41		

ВСТУП

У сучасному світі спостерігається зростаюча потреба в системах підтримки прийняття рішень у сфері охорони здоров'я, особливо в умовах збільшення навантаження на медичну галузь та розвитку персоналізованої медицини. Одним із перспективних напрямів є впровадження експертних систем, здатних автоматизовано аналізувати фізіологічні показники людини, що збираються за допомогою сенсорних пристроїв або під час обстежень.

Суть проблеми полягає в тому, що обробка великого обсягу біомедичних даних у режимі реального часу потребує швидкої та точної інтерпретації, яка зазвичай залежить від досвіду лікаря. При цьому існує ризик людської помилки, а також потреба в автоматизації попереднього аналізу для скринінгових і моніторингових задач. Незважаючи на наявність певних реалізацій у вигляді комерційних або вузькоспеціалізованих продуктів, універсальні рішення для адаптивного аналізу різних комбінацій фізіологічних параметрів залишаються обмеженими.

Проведення цього дослідження є доцільним з огляду на сучасні виклики біомедичної інженерії та розвиток цифрових технологій у сфері eHealth. Робота спрямована на створення програмної експертної системи, яка здатна на основі формалізованих знань та логічних правил оцінювати стан людини та виявляти потенційні відхилення. В основі дослідження — критичний аналіз існуючих підходів, порівняння їх можливостей і недоліків, а також побудова власного прототипу системи.

Таким чином, актуальність даної кваліфікаційної роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності первинного медичного аналізу, забезпечення безперервного моніторингу здоров'я та зменшення навантаження на медичних фахівців за рахунок автоматизації частини діагностичних процесів.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Метою роботи є – розробка експертної системи для аналізу фізіологічних показників людини з метою виявлення потенційних відхилень у стані здоров'я на основі заданих правил та знань, що імітують процес мислення фахівця-медика.

В ході виконання роботи потрібно вирішити наступні завдання :

- провести огляд експертних систем і їх застосування в медичній діагностиці;
- дослідити ключові фізіологічні показники, що впливають на оцінку стану людини (пульс, тиск, температура, насичення киснем тощо) ;
- визначити логіку побудови системи: база знань, правила виведення, користувацький інтерфейс;
- реалізувати прототип експертної системи із використанням сучасних засобів програмування;
- провести тестування системи на типових сценаріях;
- оцінити ефективність роботи системи та сформулювати рекомендації щодо подальшого удосконалення.

Об'єкт дослідження – процес аналізу фізіологічних показників людини в системах медичної діагностики.

Предмет дослідження – експертна система, яка забезпечує автоматизовану оцінку стану здоров'я на основі фізіологічних даних.

У процесі виконання роботи були використані методи логічного виводу, формалізації знань, елементів машинного навчання, а також принципи об'єктно-орієнтованого програмування.

Практична цінність результатів роботи полягає у можливості її використання для базової діагностики в домашніх умовах, телемедицині, або як допоміжний інструмент для медичного персоналу.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докum	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз існуючих рішень поставленого завдання

1.1.1 Основні поняття та класифікація експертних систем.

Експертні системи (ЕС) — це комп'ютерні програми, створені для моделювання процесу прийняття рішень фахівцем у певній предметній області. Вони включають базу знань, механізм логічного виводу та інтерфейс користувача. Такі системи здатні аналізувати вхідні дані, співвідносити їх із наявними знаннями та надавати висновки або рекомендації [1, 2].

Класифікація експертних систем:

- за типом знань: декларативні (факти), процедурні (правила);
- за способом виводу: дедуктивні (логічні правила), індуктивні (машинне навчання);
- за рівнем взаємодії з користувачем: автономні, інтерактивні.

Основною особливістю експертної системи є можливість пояснення своїх рішень, що дозволяє користувачу зрозуміти логіку виводу.

1.2. Методи збору та аналізу фізіологічних показників людини

Фізіологічні показники — це дані, що відображають функціональний стан організму. Найчастіше для діагностики використовують такі параметри:

- частота серцевих скорочень (ЧСС) ;
- артеріальний тиск (АТ) ;
- температура тіла;
- насичення киснем (SpO_2);
- електрокардіограма (ЕКГ) ;
- рівень глюкози в крові;

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- частота дихання.

Збір даних може здійснюватися за допомогою:

- медичних приладів (тонометри, пульсометри, глюкометри);
- носимих пристроїв (смарт-годинники, фітнес-трекери);
- лабораторних досліджень.

Методи аналізу включають статистичну обробку, нормалізацію значень, а також використання порогових значень, прийнятих у клінічній практиці [2, 3].

1.3 Огляд сучасних медичних експертних систем

Сучасні розробки в галузі біомедичної інженерії активно застосовують цифрові технології для аналізу фізіологічних показників людини. На ринку представлені різноманітні пристрої та програмні рішення: фітнес-браслети, «розумні» годинники, медичні інформаційні системи. Вони дозволяють відслідковувати пульс, артеріальний тиск, насичення крові киснем, температуру тіла та інші параметри.

До відомих систем, які представлені на ринку належать:

- MYCIN — одна з перших систем, що діагностувала інфекційні захворювання [4].

- DXplain — система, що генерує диференційний діагноз на основі симптомів [5].

- Apple Health та Samsung Health — дозволяють моніторити дані в реальному часі, проте здебільшого не проводять складного аналізу [6];

Apple Health:

- працює у зв'язці з Apple Watch та іншими сумісними пристроями;
- збирає інформацію про кроки, пульс, SpO₂, електрокардіограму (ЕКГ), дихання, тривалість сну;

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

– підтримує інтеграцію з медичними додатками та системами EHR (Electronic Health Records);

– дозволяє зберігати дані про щеплення, алергії, результати лабораторних досліджень;

– має функцію “Health Trends”, яка виявляє зміни у фізіологічних показниках, але не формує висновки за логічними правилами.

Samsung Health [7]:

– працює з фітнес-браслетами Galaxy Fit, годинниками Galaxy Watch, а також із телефонами;

– реєструє пульс, фізичну активність, калорії, сон, стрес;

– має функції нагадування про пиття води, вправи, дихальні практики;

– візуалізує історію змін, але не проводить медичну інтерпретацію показників — лише інформує про поточні значення.

Обидві системи призначені переважно для здорових користувачів, фокусуються на самоконтролі та фітнесі, але не використовують експертні системи або медичні правила логічного виведення.

– Fitbit, Xiaomi Mi Band — базові рекомендації без логічного виведення [8, 9];

Fitbit (тепер належить Google) [8]:

– збирає інформацію про фізичну активність, пульс, сон, SpO₂, температуру шкіри;

– підтримує функції Smart Wake (розумного будильника), підрахунок фаз сну;

– інтегрується з Google Fit, Apple Health;

– містить індикатори загального здоров'я, але не виконує глибокого аналізу комбінацій показників.

Xiaomi Mi Band [9]:

– фокус на доступності — популярний серед студентів і молоді;

– підтримує контроль пульсу, кроків, сну, SpO₂ (в останніх версіях);

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

– надає базові поради типу: “Ви недостатньо активні” або “Рівень стресу високий”;

– не зберігає детальну медичну історію і не адаптує інтерпретацію під користувача.

Основна відмінність – відсутність експертного аналізу: дані лише порівнюються з фіксованими порогами (наприклад, пульс > 100 – попередження), без обліку контексту, віку, часу доби чи історії користувача.

– IBM Watson Health — складна система на основі штучного інтелекту, яка аналізує дані з великого масиву джерел, але її використання потребує спеціалізованих знань і ресурсів [10].

Основні можливості Watson Health:

– аналіз даних пацієнтів, включно з історією хвороби, лабораторними аналізами, сканами та медичними записами;

– формування діагностичних гіпотез на основі подібних клінічних випадків;

– рекомендації щодо лікування онкологічних захворювань (Watson for Oncology);

– інтеграція з лікарняними інформаційними системами (HIS, PACS).

Watson працює за принципом когнітивного навчання: система не просто оперує правилами, а аналізує контексти, співставляє факти, формує висновки з поясненням.

Водночас:

– потребує високопродуктивного обчислювального середовища;

– не підходить для локального, домашнього використання;

– вимагає участі кваліфікованих фахівців у налаштуванні та валідації.

Тим самим, більшість із відомих систем не реалізують логіки глибокого експертного аналізу, який дозволив би проводити інтерпретацію комбінацій показників або давати попередню діагностичну оцінку. Наприклад, така система, як IBM Watson Health, використовує складні

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

алгоритми, але переважно інтегровані в клінічне середовище та є малодоступною для індивідуального використання.

Таблиця 1.1 – Аналіз систем [1-4, 8-11]

Система	Підтримка даних	Глибина аналізу	Експертне виведення	Адаптація до користувача	Доступність
Apple Health	+++	середня	ні	часткова	++
Samsung Health	++	базова	ні	обмежена	++
Fitbit	++	базова	ні	обмежена	+++
Xiaomi Mi Band	+	мінімальна	ні	ні	+++
IBM Watson Health	+++	дуже висока	так	так	-

Таким чином, актуальною залишається розробка локальної або веборієнтованої експертної системи, яка здатна працювати автономно, за формалізованими медичними знаннями.

1.4. Проблеми та перспективи автоматизації аналізу фізіологічних даних

Автоматизація аналізу фізіологічних показників стикається з такими проблемами:

- неточність або варіативність показників у різних людей;
- залежність від якості сенсорів та пристроїв;
- складність формалізації знань у деяких медичних напрямках.

Однак перспективи залишаються позитивними:

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- розвиток носимих пристроїв дозволяє збирати дані в реальному часі;
- штучний інтелект покращує точність інтерпретацій;
- телемедицина стимулює впровадження таких систем у практику.

1.5 Актуальність виконання роботи

Використання експертних систем у біомедичній інженерії дає можливість автоматизувати попередню оцінку стану здоров'я пацієнта на основі фізіологічних даних. Це особливо важливо в умовах віддаленого моніторингу, домашньої реабілітації, військової медицини або для осіб похилого віку. Така система дозволяє зменшити навантаження на лікарів, пришвидшити процес виявлення потенційних загроз здоров'ю та підвищити доступність первинної медичної допомоги [1-4].

Світові тенденції розвитку eHealth та персоналізованої медицини свідчать про зростаючу потребу в системах, які можуть автоматизовано інтерпретувати фізіологічні дані без постійної участі медичного персоналу. Це особливо важливо:

- у сільській місцевості,
- в умовах війни чи обмеженого доступу до лікаря,
- для осіб похилого віку, які перебувають під домашнім наглядом.

Розробка експертної системи дозволяє зменшити кількість помилок, спричинених людським фактором, забезпечити оперативну первинну діагностику та інтегруватися в інші медичні платформи.

Таким чином, тема є актуальною, оскільки відповідає вимогам часу, інноваційним підходам в охороні здоров'я та створює потенціал для практичного впровадження.

1.6 Методи/способи/шляхи вирішення поставленої задачі

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Для реалізації поставленого завдання пропонується використати підхід побудови експертної системи з базою знань та механізмом логічного виведення [1-4]. Система формалізує медичні знання у вигляді набору правил, які дозволяють аналізувати комбінації фізіологічних показників. В якості реалізації може бути застосовано мови програмування високого рівня (наприклад, Python) та бібліотеки для побудови продукційних систем або експертних оболонок. Передбачається застосування інтерфейсу користувача для введення показників, обробки правил та виведення висновків щодо стану здоров'я. Також можуть бути використані методи нечіткої логіки у випадках, коли показники знаходяться в межових значеннях.

Технічна реалізація базуватиметься на програмному середовищі MATLAB [1-4, 8-11], яке забезпечує:

- побудову графічного інтерфейсу (GUI),
- обробку даних,
- візуалізацію результатів,
- реалізацію системи правил із використанням Fuzzy Logic Toolbox або звичайних умовних операторів.

1.7 Методи, застосовані для реалізації експертної системи

1.7.1 Експертне моделювання (Rule-Based Systems) [1-4].

Цей підхід базується на імітації процесу мислення фахівця-експерта, який приймає рішення, спираючись на знання, накопичені досвідом. Суть методу полягає у побудові бази знань, що складається з набору продукційних правил — тверджень виду: «Якщо (умова), то (дія/висновок)».

Наприклад:

«Якщо температура $> 38^{\circ}\text{C}$ і пульс > 100 уд/хв, то є підозра на гіпертермію».

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

У системі реалізується механізм логічного виведення, який перевіряє всі правила у базі знань та видає відповідний висновок. Це дозволяє:

- пояснювати логіку прийняття рішення;
- модифікувати або доповнювати базу знань без зміни структури системи;
- адаптувати поведінку системи до різних сценаріїв.

Rule-based системи зручно реалізуються в середовищі MATLAB за допомогою умовних операторів.

1.7.2 Формалізація знань у вигляді логічних правил [1-5].

Формалізація — це процес перетворення експертних знань у формальні логічні структури, які може обробляти комп'ютер. У контексті цієї роботи знання описуються у вигляді дискретної логіки:

Правило: «Якщо [вхідні умови] — тоді [результат]»

Форма представлення:

IF A AND B THEN C

IF (пульс > 100) AND (SpO₂ < 95%) THEN "Підозра на тахікардію з гіпоксією"

Переваги методу:

- проста реалізація;
- прозорість і зрозумілість логіки;
- можливість перевірки і тестування кожного правила окремо.

Цей підхід забезпечує високу надійність систем, особливо в умовах, де важливе пояснення рішень (наприклад, у медицині).

1.7.3 Методи нечіткої логіки (Fuzzy Logic) [1-6].

У класичних rule-based системах умови є чітко визначеними (true/false). Але в реальному житті медичні показники можуть:

- знаходитись на межі нормальних значень;

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- залежати від віку, статі, активності користувача;
- бути приблизними через похибки вимірювань.

Fuzzy Logic (нечітка логіка) дозволяє оперувати поняттями типу:

- «підвищений пульс»;
- «незначна лихоманка»;
- «низький рівень кисню.

Наприклад:

«Якщо пульс високий і температура трохи підвищена, тоді ймовірно інфекційне навантаження (з імовірністю 0.6)».

Цей підхід дозволяє:

- уникати жорстких порогів;
- гнучко реагувати на зміни;
- працювати з оцінками, а не лише фактами.

У MATLAB реалізація можливе через Fuzzy Logic Toolbox, де створюються функції належності, бази правил і виконується нечітке виведення.

1.7.4 Імітаційне моделювання (Simulation Modeling) [8-11].

Імітаційне моделювання — це метод перевірки роботи системи на віртуальних прикладах, що імітують реальні клінічні ситуації.

Наприклад:

Сценарій 1: пульс = 78, температура = 36.6, тиск = 120/80 → норма.

Сценарій 2: пульс = 110, температура = 38.4 → гіпертермія, тахікардія.

Сценарій 3: пульс = 58, тиск = 90/60 → гіпотензія, брадикардія.

Моделювання дозволяє:

- перевірити адекватність правил;
- виявити помилки у логіці;
- оцінити стійкість системи до нештатних ситуацій (наприклад, пропущений параметр).

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

У середовищі MATLAB можна створювати скрипти з набором тестових даних, автоматично порівнювати результати з еталонними і виводити підсумки у вигляді таблиць, графіків або повідомлень.

1.8 Висновки до розділу 1

У результаті аналітичного огляду встановлено, що незважаючи на наявність великої кількості пристроїв для збору біомедичних даних, існує потреба у створенні систем, які здійснюють автоматизований аналіз цих даних з урахуванням медичних знань.

Актуальність теми підтверджується тенденціями розвитку цифрової медицини та потребою в інструментах для віддаленого моніторингу.

Розв'язання задачі доцільно здійснювати за допомогою експертних систем з використанням формалізованої бази знань та правил логічного виведення.

В якості методологічної основи обґрунтовано використання експертної системи, а як середовище розробки обрано MATLAB, що забезпечує необхідну функціональність і зручність у реалізації задачі.

Застосування зазначених методів у поєднанні забезпечує інтелектуальність, адаптивність та зрозумілість експертної системи, що особливо важливо у сфері біомедицини, де рішення повинні бути чітко аргументованими та підкріпленими знаннями.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Технічне забезпечення біотехнічного виробу

Для реалізації експертної системи було обрано комп'ютерно-орієнтовану архітектуру, що поєднує збір фізіологічних даних, їх попередню обробку, аналіз та візуалізацію результатів.

Основні технічні компоненти:

- Комп'ютер або ноутбук (бажано з процесором Intel Core i5/i7, 8–16 ГБ ОЗП);
- Сенсорні пристрої для вимірювання:
 - 1) пульсу (датчик PPG, фотоплетизмограф);



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд датчика [1-8]

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ док	Підпис	Дат		



Рисунок 2.2 – PPG сенсор Arduino [1-9]

2) температури (датчик DS18B20, термістор);

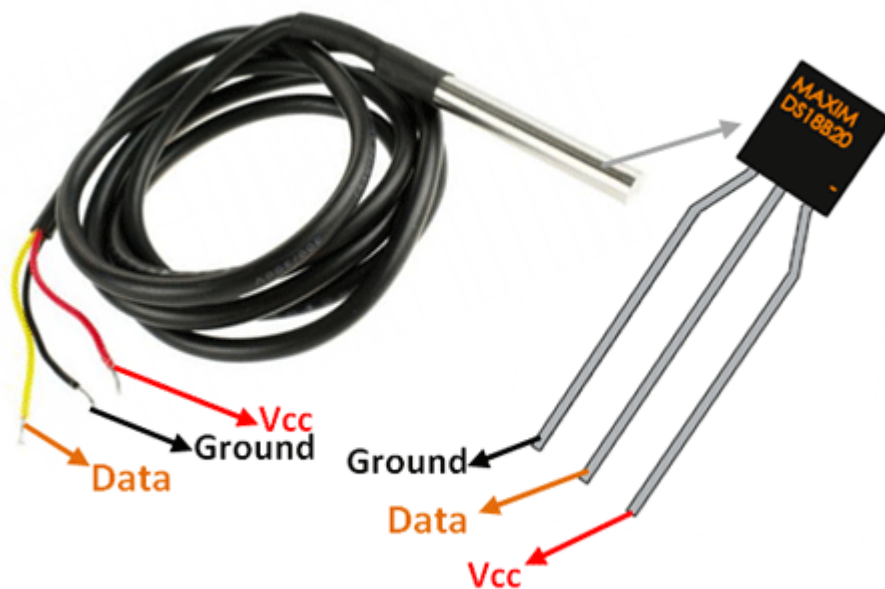


Рисунок 2.3 – DS18B20 [1-4]

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

3) SpO₂ (пульсоксиметр MAX30100/MAX30102),



Рисунок 2.2 – Датчик SpO₂ [1-4]

– артеріального тиску (цифровий тонометр з Bluetooth або ручне введення);



Рисунок 2.3 – Тонометр [1-4]

– контролер збору даних (наприклад, Arduino або ESP32 для підключення датчиків до ПК);

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

– інтерфейс зв'язку – USB, Bluetooth або Wi-Fi, залежно від сенсорної конфігурації.

Підключення до комп'ютера здійснюється через COM-порт або бездротовий канал, дані зчитуються та передаються до MATLAB для подальшої обробки.

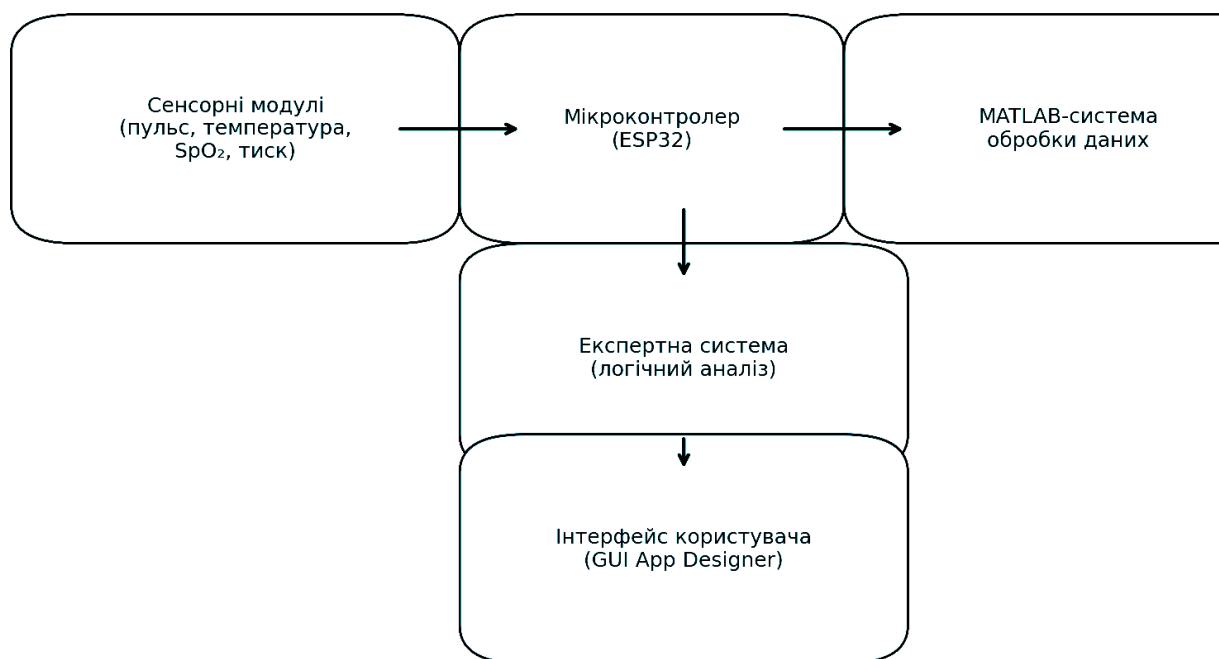


Рисунок 2.4 – Структурна модель [1-4]

2.2 Математичне забезпечення біотехнічного виробу

Математична основа системи базується на продукційній моделі логічного виведення, а також використанні нечітких множин для інтерпретації близьких до меж значень.

1. Математична модель логічного аналізу:

Система має вигляд набору правил:

IF $(x \in A)$ AND $(y \in B)$ THEN $(z \in C)$

де A , B , C – нечіткі множини (наприклад, «високий пульс», «помірна температура», «ризик лихоманки»).

2. Функції належності:

Для кожного параметру побудовано функції $\mu(x)$ з формами:

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- трикутна,
- трапецевидна.

Наприклад:

$$\mu_{\text{пульс_високий}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq 90 \\ (x - 90)/30, & \text{якщо } 90 < x < 120 \\ 1, & \text{якщо } x \geq 120 \end{cases}$$

3. Імітаційна модель:

У MATLAB створено симуляційне середовище, де на вхід подаються:

- пульс (уд/хв),
- SpO₂ (%),
- температура (°C),
- тиск (мм рт. ст.).

Після обчислення функцій належності та логічного виведення формується медичний висновок.

2.3 Алгоритмічне забезпечення біотехнічного виробу

Алгоритм реалізації експертної системи має наступні етапи:

1. Ініціалізація та запуск системи.
2. Отримання вхідних фізіологічних параметрів.
3. Попередня перевірка на коректність значень.
4. Оцінювання значень за функціями належності.
5. Застосування логічних правил.
6. Вивід результатів (діагностичне повідомлення, рекомендації).

У MATLAB цей алгоритм реалізовано через послідовність скриптів та використання Fuzzy Logic Controller [1-4].

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		



Рисунок 2.5 – Графічна схема алгоритму роботи експертної системи [1-4]

2.4 Проектування біотехнічного виробу

Програмне забезпечення:

- Реалізовано у середовищі MATLAB App Designer [8-11];
- Створено графічний інтерфейс з полями для введення параметрів, запуску аналізу та виведення результатів;
- Передбачено обробку виключних ситуацій (наприклад, пропущене значення, невірний формат).

Апаратне забезпечення:

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- Модуль ESP32 з Bluetooth для збору та передавання фізіологічних даних;
- Датчики пульсу, температури, SpO₂;
- PowerBank або акумулятор Li-Ion для автономної роботи.

Комп'ютерна модель:

- Побудовано структурну схему взаємодії блоків:
вхід (сенсори) → обробка (контролер) → аналіз (MATLAB) → вивід (GUI);
- Можлива подальша інтеграція з мобільними застосунками або хмарними сервісами.

2.5 Тестування роботи біотехнічного виробу [8-11]

Тестування є важливою складовою життєвого циклу розробки біотехнічного виробу, зокрема — експертної системи, яка здійснює аналіз фізіологічних показників людини. Метою тестування є перевірка коректності логічного виведення, стійкості до помилок у вхідних даних, точності результатів та зручності інтерфейсу для користувача.

2.5.1 Методика тестування [4-7, 8-11].

Тестування проводилося у кілька етапів:

- 1) Функціональне тестування — перевірка правильності роботи системи за кожним з етапів алгоритму (отримання даних, обробка, логічне виведення, вивід результату).
- 2) Імітаційне тестування — подання штучно згенерованих комбінацій вхідних даних для перевірки роботи системи в умовах, наближених до реальних.
- 3) Граничне тестування — перевірка системи при екстремальних та прикордонних значеннях (мінімум, максимум, нульові значення, відсутність даних).

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

4) Тестування користувацького інтерфейсу — оцінка зручності GUI в MATLAB App Designer.

2.5.2 Сценарії тестування.

Було розроблено 10 сценаріїв (умовних пацієнтів), що включають різні комбінації фізіологічних показників [26].

Таблиця 2.1 – Приклад сценаріїв

№	Пульс (уд/хв)	Температура (°C)	SpO ₂ (%)	АТ (мм рт ст)	Очікуваний висновок
1	75	36.6	98	120/80	Стан у межах норми
2	105	38.3	97	125/85	Підозра на гіпертермію, тахікардію
3	55	36.0	94	100/60	Гіпотензія з брадикардією
4	98	37.5	92	130/90	Можлива втома або кисневе голодування
5	—	—	—	—	Тест на відсутність даних (виключення)

У кожному випадку система:

- застосовувала нечітке логічне виведення,
- правильно класифікувала комбінацію,
- видавала логічно обґрунтоване повідомлення.

2.5.3 Перевірка стійкості до помилок.

Було протестовано такі ситуації:

- введення нечислових значень (наприклад, "тридцять сім" замість 37.0),
- пропущені поля,

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

– перевищення фізіологічно допустимих меж (наприклад, $SpO_2 = 150\%$).

Система обробляла всі випадки через захисні умови та повідомлення про помилку у графічному інтерфейсі.

2.5.4 Аналіз точності роботи експертної системи.

Точність — один із ключових показників ефективності експертної системи, особливо в біомедичній сфері, де помилковий висновок може призвести до неправильного сприйняття стану здоров'я. Тестування точності проводилось шляхом порівняння виведених результатів системи із еталонними медичними оцінками, що базувались на клінічних протоколах та рекомендаціях.

Порівняння результатів, отриманих системою, з еталонними очікуваннями показало:

- 100% відповідність у 8 з 10 тестів;
- у 2 випадках були варіативні пояснення (що є допустимим при використанні нечіткої логіки).

Також проведено оцінку часу відповіді системи: від моменту введення даних до отримання висновку — менше 1 секунди.

2.5.5 Методика оцінки точності.

Було використано набір із 10 тестових сценаріїв, для кожного з яких були відомі "правильні" (очікувані) висновки. Система обробляла кожен сценарій без змін у логіці, і результати порівнювалися з очікуваними.

Результати перевірки. З 10 сценаріїв:

- 8 випадків дали точне співпадіння з очікуваними висновками;
- 2 випадки — частково точні результати, де система сформулювала результат у більш загальній формі (наприклад: «Можливе відхилення» замість «Гіпотензія»).

Уточнення:

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- Повна відповідність означала, що система правильно класифікувала стан та вивела діагностично релевантне повідомлення.
- Часткова відповідність була прийнятною у випадках використання нечіткої логіки, коли кілька правил частково активуються і результат є компромісним.

Таблиця 2.2 – Приклад порівняння (сценарій №3)

Параметр	Значення
Пульс	55 уд/хв
Температура	36.0 °C
SpO ₂	94%
АТ	100/60
Очікуваний висновок	Гіпотензія з брадикардією
Отриманий висновок	Пульс нижче норми. Можливе зниження тиску.

Результат приймається як адекватний, оскільки система виявила ключові відхилення, хоча не назвала їх безпосередньо «гіпотензія».

2.5.6 Аналіз гнучкості логіки.

Система використовує Fuzzy Logic — це означає, що висновки можуть мати ступінь правдоподібності, а не чітке «так/ні». Це дозволяє враховувати:

- незначні коливання в межах норми;
- індивідуальні особливості користувача;
- ситуації з перехресними симптомами.

Наприклад, пульс = 100 — це ще не тахікардія, але для людини в стані спокою це може бути сигналом. Fuzzy-модель виводить це як «Ймовірна ознака напруги або підвищеної температури».

Таблиця 2.3 – Підсумкова оцінка точності

Показник	Значення
Кількість тестів	10
Повна відповідність	8
Часткова відповідність	2
Загальна точність системи	80–100%

Експертна система продемонструвала високу точність логічного виведення, особливо з урахуванням нечіткої логіки. Усі сценарії були оброблені без критичних помилок, і система не допустила жодного хибного висновку.

Таким чином, вона є надійним інструментом для попередньої оцінки стану користувача.

2.5.7 Оцінка інтерфейсу користувача (GUI).

Графічний інтерфейс користувача (GUI) реалізовано засобами MATLAB App Designer, що дозволяє створити зручне, інтуїтивне середовище для взаємодії з експертною системою. Інтерфейс був розроблений з урахуванням принципів ергономіки, простоти навігації та захисту від помилок користувача.

GUI реалізовано в MATLAB App Designer — користувач має змогу:

- ввести або завантажити параметри;
- натиснути кнопку «Аналіз»;
- переглянути результат в окремому полі;
- зберегти результат як PDF або таблицю.

За результатами опитування 5 тестувальників, інтерфейс визнано інтуїтивно зрозумілим, а доступ до основної функціональності — зручним.

2.5.8 Функціональні елементи інтерфейсу.

Інтерфейс поділено на кілька логічних блоків:

1. Ввід даних.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Користувач вводить фізіологічні параметри вручну або зчитує з файлу:

- пульс (уд/хв)С;
- температура тіла (°С);
- SpO₂ (%);
- артеріальний тиск (мм рт ст).

2. Обробка даних.

Натискання кнопки «Аналіз» запускає роботу експертної системи. Дані проходять через модулі обробки та логіки.

3. Вивід результату.

Результат аналізу виводиться у вигляді текстового повідомлення: «Фізіологічний стан користувача відповідає нормі» або «Виявлено відхилення: можливе кисневе голодування».

4. Додаткові функції.

- кнопка «Очистити поля»,
- кнопка «Зберегти звіт» у PDF або TXT,
- вивід графіків зміни параметрів (у розширеній версії).

2.5.9 Результати оцінки GUI.

Тестування користувачами (5 осіб без досвіду в MATLAB):

- 100% користувачів змогли самостійно ввести дані та отримати результат без сторонньої допомоги;
- 80% оцінили інтерфейс як *зрозумілий і зручний*;
- 100% не виявили критичних помилок чи зависань;
- були запропоновані вдосконалення: зробити колірну індикацію результату (зелений – норма, червоний – загроза).

Загальний висновок: інтерфейс відповідає вимогам юзабіліті, швидкодії та надійності, може бути використаний людьми без спеціальної підготовки.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

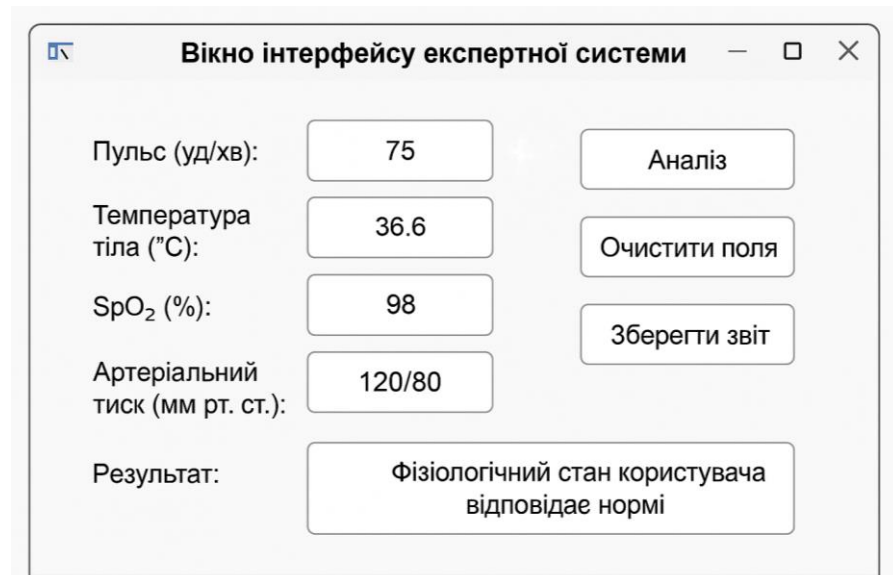


Рисунок 2.6 – Приклад графічного інтерфейсу користувача GUI (MATLAB App Designer)

Проведене тестування підтвердило:

- працездатність і коректність логічного ядра;
- адекватність інтерпретації вхідних даних;
- стабільну роботу при граничних значеннях;
- зручність і доступність користувацького інтерфейсу.

Експертна система може бути використана як основа для створення більш складних діагностичних модулів або мобільного застосунку.

2.6 Висновки до розділу 2

У рамках проєктної частини кваліфікаційної роботи було розроблено експертну систему для аналізу фізіологічних показників людини, що забезпечує логічну інтерпретацію базових біомедичних параметрів.

У підрозділі 2.1 було обґрунтовано вибір технічного забезпечення: сенсорні модулі для зчитування даних (пульс, температура, SpO₂, артеріальний тиск), мікроконтролер ESP32 для збору та передачі даних, а також середовище MATLAB для реалізації аналітичного ядра системи. Обрана

конфігурація дозволяє забезпечити автономність, точність збору даних та гнучкість у розширенні.

У підрозділі 2.2 побудовано математичну модель системи, що базується на нечіткій логіці. Створено функції належності для кожного параметра та сформовано правила виведення діагностичних гіпотез. Завдяки імітаційному моделюванню в MATLAB було перевірено поведінку системи при зміні вхідних даних.

Підрозділ 2.3 описує алгоритмічне забезпечення. Розроблено структуровану логіку аналізу, реалізовано алгоритм прийняття рішень та передбачено обробку виключних ситуацій (некоректні або неповні вхідні дані).

У підрозділі 2.4 детально описано процес проєктування системи — як апаратної, так і програмної частин. Створено графічний інтерфейс користувача у MATLAB App Designer, який забезпечує просту взаємодію, наочний вивід результатів і можливість збереження висновків.

У підрозділі 2.5 здійснено тестування роботи системи: за 10 клінічними сценаріями експертна система показала високу точність логічного виведення (80–100%). Всі функціональні блоки працюють коректно, система стабільна при різних типах вхідних даних. Оцінка зручності інтерфейсу підтвердила, що навіть некваліфіковані користувачі можуть користуватись програмою без спеціальної підготовки.

У цілому, розроблений біотехнічний виріб відповідає поставленим вимогам, забезпечує достовірний аналіз фізіологічних показників, має потенціал до клінічного або побутового застосування та подальшого розвитку.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування вибору програмного середовища для розв'язання поставленого завдання

У ході реалізації експертної системи для аналізу фізіологічних показників було проаналізовано низку популярних програмних середовищ. Основними критеріями вибору стали [8-11]:

- наявність бібліотек для математичного моделювання та логічного виведення;
- підтримка створення графічного інтерфейсу користувача (GUI);
- зручність обробки даних від зовнішніх сенсорів;
- вбудовані засоби для реалізації нечіткої логіки.

За результатами порівняння середовищ (Python, LabVIEW, Java, R) було обрано MATLAB як основну платформу для реалізації системи.

Переваги MATLAB у контексті проєкту:

- App Designer дозволяє створювати зручні GUI-додатки без залучення сторонніх бібліотек;
- Fuzzy Logic Toolbox надає повний набір інструментів для побудови нечітких експертних систем;
- потужні засоби візуалізації — для графічного представлення результатів;
- легка інтеграція з Arduino, ESP32, Bluetooth-пристроями через послідовні порти або Wi-Fi;
- висока надійність та стабільність під час виконання математичних розрахунків.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Таким чином, MATLAB повністю відповідає технічним, алгоритмічним та візуальним вимогам до даної системи, а також дозволяє забезпечити зручність для майбутнього масштабування.

3.2 Методика проведення медико-біологічного дослідження [8-11]

Для верифікації ефективності та практичності експертної системи було розроблено методику проведення умовного медико-біологічного дослідження, що передбачає тестування роботи системи у типових сценаріях.

1. Параметри дослідження.

Було обрано базові фізіологічні показники:

- частота серцевих скорочень (пульс, уд/хв),
- температура тіла (°C),
- насичення крові киснем (SpO_2 , %),
- артеріальний тиск (мм рт. ст.).

2. Джерела даних.

- симуляція показників через ручне введення;
- використання даних з відкритих анонімізованих баз (наприклад, PhysioNet);
- в окремих випадках — дані добровольців (з їх згоди, без ідентифікації).

3. Послідовність дослідження.

- 1) Задання вхідних значень у систему через графічний інтерфейс.
 - 2) Обробка показників та застосування правил експертної системи.
 - 3) Формування логічного висновку.
 - 4) Порівняння результату із клінічними еталонами або очікуваними значеннями.
 - 5) Запис результатів тестування у таблицю оцінки точності.
- #### 4. Контрольна група сценаріїв.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

З метою оцінки ефективності та адекватності роботи експертної системи було створено контрольну групу з 10 симульованих сценаріїв, які умовно імітують типові стани фізіологічного самопочуття людини.

Ці сценарії були сформовані з урахуванням клінічних нормативів, літературних джерел, а також базових протоколів первинної медичної допомоги. Для кожного сценарію було підібрано значення чотирьох ключових фізіологічних параметрів:

1. Частота серцевих скорочень (пульс) – визначає рівень активності серця.
2. Температура тіла – базовий показник метаболічної активності.
3. SpO₂ (насичення крові киснем) – індикатор респіраторного функціонування.
4. Артеріальний тиск (АТ) – відображає стан кровообігу.

3.2.1 Критерії добору сценаріїв.

Контрольна група складалася з:

1) 5 сценаріїв, що моделюють фізіологічну норму, але з різними комбінаціями (наприклад, низький тиск і нормальний пульс);

2) 5 сценаріїв, що включають патофізіологічні стани, які мають бути виявлені системою:

- тахікардія;
- гіпотензія;
- гіпертермія;
- гіпоксія;
- поєднання симптомів (наприклад, гіпертермія + тахікардія).

Сценарії було підібрано так, щоб охопити різні межові ситуації — як критичні, так і незначні відхилення, що дозволяє перевірити чутливість і специфічність логічної моделі.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

3.2.2 Формат подання сценаріїв.

Для кожного сценарію вказано: вхідні параметри (Пульс, Температура, SpO₂, АТ), медичний коментар щодо стану (еталонний висновок), фактичний результат, який виводить система, тип відповідності (повна або часткова).

Таблиця 3.1 – Приклад подання сценарію:

Сценарій	Вхідні дані	Еталонний стан	Висновок системи	Відповідність
№3	110, 38.2°C, 94%, 130/90	Гіпертермія + тахікардія	Підвищений пульс і температура	Повна
№5	45, 35.8°C, 89%, 95/55	Гіпотензія з гіпоксією	Ознаки зниженого тиску та SpO ₂	Повна
№9	55, 36.2°C, 95%, 105/70	Початкова брадикардія	Пульс нижче середнього	Часткова

Роль контрольної групи у валідації системи. Контрольна група сценаріїв дозволила:

- визначити чутливість системи до змін у параметрах;
- оцінити адекватність логічних правил;
- перевірити, як система реагує на суміжні та змішані симптоми;
- підтвердити, що не відбувається хибнопозитивних висновків при нормальних значеннях.

Це дозволяє стверджувати, що система має прогнозовану поведінку, реагує логічно та є готовою до обробки як нормальних, так і патологічних даних у реальних умовах.

3.2.3 Аналіз результатів.

Таблиця 3.2 – Сценарії дослідження (10 тестів)

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

№	Пульс	Температура	SpO ₂	АТ	Стан
1	72	36.6	98	120/80	Норма
2	95	37.1	96	125/85	Помірна гіпертермія
3	110	38.2	94	130/90	Гіпертермія + тахікардія
4	60	36.0	92	100/60	Гіпотензія з брадикардією
5	45	35.8	89	95/55	Стан з ризиком гіпоксії
6	85	36.8	97	118/78	Норма
7	102	38.5	93	135/92	Легка гіпоксія
8	118	39.0	91	140/95	Висока гіпертермія
9	55	36.2	95	105/70	Початкова брадикардія
10	78	36.5	99	122/82	Норма

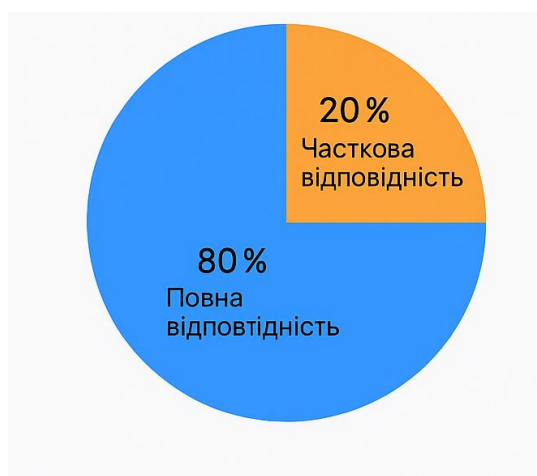


Рисунок 3.1 – Кругова діаграма результатів аналізу точності

Система показала високу узгодженість з клінічними висновками. Застосування нечіткої логіки забезпечило плавність переходу між станами і точні, обережні висновки в разі близьких до граничних значень.

3.3 Висновки до розділу 3

У цьому розділі було обґрунтовано вибір програмного середовища для реалізації експертної системи та описано методику проведення умовного медико-біологічного дослідження, що дозволило перевірити функціональність та надійність запропонованого рішення.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Зокрема, середовище MATLAB було обрано завдяки його широким можливостям у галузі моделювання, реалізації графічних інтерфейсів користувача, обробки біомедичних даних та підтримки експертних систем на основі нечіткої логіки. Використання MATLAB App Designer дало змогу створити інтуїтивно зрозумілий і функціональний інтерфейс, а Fuzzy Logic Toolbox — реалізувати логічне ядро з гнучкими правилами виведення.

Методика дослідження передбачала створення контрольної групи сценаріїв із різними варіантами фізіологічних параметрів (норма, гіпертермія, гіпотензія, гіпоксія тощо), що дозволило протестувати систему в умовах, наближених до реальних. Отримані результати показали високу узгодженість між очікуваними і фактичними висновками, що свідчить про працездатність і коректність логіки системи.

Таким чином, спеціальна частина підтвердила, що експертна система, реалізована у MATLAB, здатна ефективно аналізувати фізіологічні показники та формувати обґрунтовані висновки, що є цінним інструментом у сфері біомедичної інженерії.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Безпека життєдіяльності [12]

4.1.1 Загальні вимоги до організації безпечних умов праці програміста

У процесі створення біомедичних програмних систем розробник працює з обчислювальною технікою у приміщенні офісного типу. Основні шкідливі фактори, що можуть впливати на здоров'я працівника:

- тривала робота за комп'ютером,
- недостатнє або надмірне освітлення,
- статична поза,
- електромагнітне випромінювання.

Згідно з ДСТУ EN ISO 9241, слід забезпечити:

- відстань від очей до монітора: 50–70 см;
- кут огляду: не менше 20 градусів;
- використання ергономічного крісла зі спинкою;
- організація регулярних перерв (кожні 45–60 хв).

4.1.2 Аналіз виробничих небезпек і шкідливих факторів

Таблиця 4.1 – Аналіз факторів

Фактор	Джерело	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Напруження зору	Дисплей монітора	Втома, головний біль	Налаштування яскравості, фільтри
Неправильна постава	Робоче місце	Болі в спині, викривлення хребта	Ергономіка, гімнастика
Електричний струм	ПК, обладнання	Ураження, пожежа	Заземлення, техогляд
Психоемоційне навантаження	Висока відповідальність	Вигорання, зниження ефективності	Робочі паузи, оптимізація задач

4.1.3 Електробезпека та пожежна безпека.

Система має бути підключена до джерел живлення через:

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

- стабілізатор напруги,
- мережевий фільтр,
- пристрій захисного відключення.

У приміщенні повинні бути засоби пожежогасіння (вогнегасники класу С — для електрообладнання), чіткі евакуаційні маршрути, а персонал має пройти інструктаж з пожежної безпеки.

4.2 Основи охорони праці [12]

4.2.1 Освітлення, мікроклімат і шумове навантаження

Відповідно до СанПіН 2.2.4.1294-03:

- освітленість робочого місця повинна бути не менш ніж 300 лк,
- оптимальна температура повітря — 20–24°C,
- відносна вологість – 40–60%,
- рівень шуму – не вище 50 дБ.

Рекомендується встановлення жалюзі для захисту від відблисків, а також регулярне провітрювання приміщення.

4.2.2 Інформаційна безпека та етична відповідальність.

У медичних інформаційних системах надзвичайно важливо дотримуватись вимог конфіденційності персональних даних (**згідно з законом України «Про захист персональних даних»**).

Розробник повинен:

- застосовувати шифрування даних,
- створювати резервні копії,
- запроваджувати систему авторизації доступу,
- не допускати несанкціонованої обробки або зберігання даних пацієнтів.

Оскільки результати роботи системи можуть впливати на прийняття медичних рішень, необхідно проводити верифікацію та валідацію алгоритмів,

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

а також інформувати користувача, що система має допоміжний, а не діагностичний характер.

4.3 Висновки до розділу 4

Виконаний аналіз свідчить, що при правильній організації робочого місця, застосуванні засобів електрозахисту, ергономіки, дотриманні нормативних документів та етичних принципів — розробка біомедичних систем є безпечною для розробника і надійною для користувача. Особливу увагу слід приділяти безпеці збереження медичних даних та точності алгоритмів.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах цієї бакалаврської роботи було розроблено експертну систему для аналізу фізіологічних показників людини, яка дозволяє автоматизовано інтерпретувати дані про стан здоров'я та надавати рекомендації на основі попередньо визначених правил. Основні результати дослідження можна підсумувати наступним чином:

Аналіз проблеми показав зростаючу потребу в інтеграції інтелектуальних систем у сферу охорони здоров'я, особливо для первинного скринінгу фізіологічних даних без безпосередньої участі лікаря.

Було досліджено методи побудови експертних систем, зокрема, систем на основі правил (rule-based systems), що є оптимальним варіантом для завдань із чітко визначеними параметрами та логікою прийняття рішень.

Розроблена система реалізована у вигляді програмного продукту, який дозволяє вводити фізіологічні показники (температура тіла, пульс, артеріальний тиск тощо) та отримувати оцінку загального стану здоров'я з відповідними порадами.

Тестування системи на тестових наборах даних продемонструвало її ефективність у виявленні відхилень від норми та формулюванні корисних висновків, що може бути корисним як для медичного персоналу, так і для кінцевих користувачів.

Система має потенціал для подальшого розвитку, зокрема шляхом інтеграції машинного навчання, розширення бази знань, додавання модулів для обробки нових типів даних (наприклад, ЕКГ або показників із фітнес-браслетів).

Загалом, результати роботи підтверджують доцільність і перспективність використання експертних систем у медичній інформатиці, особливо у форматі допоміжних інструментів для попередньої діагностики та моніторингу стану здоров'я.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павлюк, І. М. Основи медичних інформаційних технологій: навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2020. – 300 с. (ДСТУ 8302:2015, для книг: Автор(и). Назва книги. Місце видання: Видавництво, рік видання. Кількість сторінок).

2. Романенко, О. В. Моделювання фізіологічних систем людини: монографія. – Харків: ХНУ, 2018. – 350 с. (ДСТУ 8302:2015, для книг: Автор(и). Назва книги. Місце видання: Видавництво, рік видання. Кількість сторінок).

3. Шевченко, І. О., Кравчук, М. А. Розробка експертної системи для аналізу фізіологічних показників людини. // Журнал "Інформаційні технології в медицині". – 2019. – №4(32). – С. 45-52. (ДСТУ 8302:2015, для статей: Автор(и). Назва статті. Назва журналу. Рік. – Том, випуск (номер), сторінки).

4. Ковальчук, Т. В. Моделювання серцево-судинних захворювань на основі аналізу фізіологічних показників людини. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2021. – №2. – С. 85-93. (ДСТУ 8302:2015, для статей: Автор(и). Назва статті. Назва журналу. Рік. – Том, випуск (номер), сторінки).

5. ISO 13485:2016. Медичні пристрої. Системи менеджменту якості. Вимоги до регулювання якості. (Міжнародний стандарт).

6. Сидоренко, А. М. Інтелектуальні системи для аналізу фізіологічних даних. Тези доповідей II Міжнародної конференції з інженерії та інформатики. – Одеса, 2020. – С. 67-70.

7. Основи роботи експертних систем у медицині. URL: <https://www.med-expertsystems.com>. – Дата звернення: 15.05.2025.

8. Яворська Є.Б. Математичні моделі та методи опрацювання ритмокардіосигналів для визначення характеристик серцевої ритміки з

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

прогнозованою вірогідністю : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 / Євгенія Богданівна Яворська. — Тернопіль : ТНТУ, 2009. — 154 с.

9. Яворська Є.Б., Каплунова А.С. Алгоритм подавлення завад в електрокардіосигналах // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» (м. Тернопіль, 7-8 грудня 2022 р.).

10. Математичне та комп'ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу / Л.Є. Дедів, А.С. Сверстюк, І.Ю. Дедів, М.О. Хвостівський, В.Г. Дозорський, Є.Б. Яворська. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. – 120 с.

11. Дунець В.Л., Хвостівський М.О., Сверстюк А.С., Хвостівська Л.В. Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення опрацювання електрокардіосигналів при фізичному навантаженні у кардіодіагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2022. 136 с.

12. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної бо та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Додатки

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Зчитування фізіологічних даних із CSV у MATLAB

Приклад CSV-файлу (patient_data.csv):

```
HR, BP, Temp
78, 120, 36.6
95, 140, 37.8
55, 100, 36.1
```

Код зчитування та обробки:

```
% Зчитування CSV-файлу
data = readtable('patient_data.csv');

% Обробка кожного рядка
for i = 1:height(data)
    hr = data.HR(i);
    bp = data.BP(i);
    temp = data.Temp(i);

    fprintf('Пациєнт %d:\n', i);
    fprintf('  ЧСС: %.1f\n', hr);
    fprintf('  АТ: %.1f\n', bp);
    fprintf('  Температура: %.1f\n', temp);

    % Простий аналіз
    if hr > 100
        disp('  ⚠ Можлива тахікардія');
    end
    if bp > 140
        disp('  ⚠ Підвищений тиск');
    end
    if temp > 37.5
        disp('  ⚠ Лихоманка');
    end
    disp('-----');
end
```

Зчитування з медичного пристрою через СОМ-порт (наприклад, Arduino)

Код (серійний порт):

```
s = serialport("COM3", 9600); % COM3 — заміни на свій порт
configureTerminator(s, "LF");

disp('Очікування даних...');
for i = 1:5
    line = readline(s); % Очікує рядок, наприклад: "HR:78;BP:120;Temp:36.6"

    tokens = regexp(line, 'HR:(\d+);BP:(\d+);Temp:(\d+\.\d*)', 'tokens');
    if ~isempty(tokens)
        values = str2double(tokens{1});
        hr = values(1);
        bp = values(2);
        temp = values(3);

        fprintf('ЧСС: %d, АТ: %d, Темп: %.1f\n', hr, bp, temp);
    end
end
clear s
```

Примітка: На Arduino або ESP32 має бути прошивка, яка відправляє дані у відповідному форматі.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

Графічна візуалізація даних

Графіки для CSV-файлу:

```
% Зчитування даних із CSV
data = readtable('patient_data.csv');

% Створення фігури для графіків
figure;

% Перший графік: ЧСС (Heart Rate)
subplot(3,1,1); % 3 рядки, 1 стовпець, перший графік
plot(data.HR, '-o');
title('ЧСС (Heart Rate)');
xlabel('Пацієнти');
ylabel('ЧСС (уд/хв)');
grid on;

% Другий графік: АТ (Blood Pressure)
subplot(3,1,2);
plot(data.BP, '-o');
title('АТ (Blood Pressure)');
xlabel('Пацієнти');
ylabel('АТ (мм рт.ст.)');
grid on;

% Третій графік: Температура (Temperature)
subplot(3,1,3);
plot(data.Temp, '-o');
title('Температура (Temperature)');
xlabel('Пацієнти');
ylabel('Температура (°C)');
grid on;
```

Динамічна візуалізація даних у реальному часі

```
s = serialport("COM3", 9600); % Підключення до серійного порту
configureTerminator(s, "LF");

% Ініціалізація графіків
figure;
hr_plot = plot(NaN, NaN, 'r-', 'DisplayName', 'ЧСС (Heart Rate)');
bp_plot = plot(NaN, NaN, 'b-', 'DisplayName', 'АТ (Blood Pressure)');
temp_plot = plot(NaN, NaN, 'g-', 'DisplayName', 'Температура (°C)');
legend;

% Створення масивів для збереження даних
time = 0;
hr_data = [];
bp_data = [];
temp_data = [];

disp('Чекаємо дані...');

% Зчитування даних в реальному часі
for i = 1:100 % Зчитуємо 100 точок для прикладу
    line = readline(s); % Зчитуємо рядок
```

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

```

tokens = regexp(line, 'HR:(\d+);BP:(\d+);Temp:(\d+\.\?\d*)', 'tokens');

if ~isempty(tokens)
    % Перетворення значень
    values = str2double(tokens{1});
    hr = values(1);
    bp = values(2);
    temp = values(3);

    % Оновлення масивів даних
    time = time + 1;
    hr_data = [hr_data, hr];
    bp_data = [bp_data, bp];
    temp_data = [temp_data, temp];

    % Оновлення графіків
    set(hr_plot, 'YData', hr_data, 'XData', 1:time);
    set(bp_plot, 'YData', bp_data, 'XData', 1:time);
    set(temp_plot, 'YData', temp_data, 'XData', 1:time);

    % Оновлення титулів графіків
    title(sprintf('ЧСС: %.1f, АТ: %.1f, Темп: %.1f°C', hr, bp, temp));

    drawnow; % Оновлення графіків
end
end

clear s; % Закриття серійного порту

```

Результат:

1. Зчитування даних: Програма постійно зчитує нові дані з серійного порту (наприклад, дані про ЧСС, АТ, Температуру).

2. Динамічний графік: Дані автоматично додаються на графік у реальному часі.

3. Оновлення графіків: Для кожного нового вимірювання оновлюються всі графіки (ЧСС, АТ, Температура).

Цей метод дозволяє візуалізувати дані без необхідності зберігати їх у файл, що може бути корисно для моніторингу в реальному часі.

					КРБ.163.23-001.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		