

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

на тему: «Автоматизована система медичного контролю за станом людини»

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-31мп

Асінов Євген Сергійович _____

Науковий керівник:

к.т.н, доцент кафедри АСНК ГРИШАНОВА

Ірина Аркадіївна _____

Консультант з «Розробки стартап-проектів»:

д.е.н., проф., завідувач кафедри економічної кібернетики

БОЯРИНОВА Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

професор каф. КІТВП, д.т.н., проф.

Тимчик Григорій Семенович _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент Асінов Є.С.

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Асінову Євгену Сергійовичу

1. Тема дисертації «Автоматизована система медичного контролю за станом людини», науковий керівник дисертації кандидат технічних наук, доцент кафедри АСНК Гришанова Ірина Аркадіївна, затверджені наказом по університету від 7 листопада 2024 р. № 4987-с
2. Термін подання студентом дисертації: 04.12.2024
3. Об'єкт дослідження: модель штучного інтелекту для оцінки ризиків захворювань та їх інтеграція в автоматизовані системи медичного контролю
4. Вихідні дані: автоматизована стаціонарна система для відстежування основних показників пацієнта, яка забезпечує точність збору та аналізу даних, відповідність стандартам безпеки, використання ШІ для аналізу та прогнозування ризиків.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: зроби огляд, аналіз приладів для відстежування необхідних показників пацієнта; визначити необхідну систему та основні показники; обґрунтувати вибір платформи для моніторингу стану пацієнта; розробити модель штучного інтелекту для визначення ризиків захворювань; розробити програмне забезпечення з інтеграцією моделі штучного інтелекту; протестувати та проаналізувати актуальність створеного додатку
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: схеми, програмний код, таблиці, блок-схем

7. Орієнтовний перелік публікацій: стаття в збірнику праць XX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та Автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні».

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проєкту	Бояринова К.О., д.е.н, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики		

9. Дата видачі завдання 01.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд та аналіз платформ для відстежування необхідних показників пацієнта	22.11.2024 – 30.11.2024	
2	Визначення необхідної системи та основні показники	30.11.2024 - 05.12.2024	
3	Вибір алгоритму та розробка моделі штучного інтелекту для визначення ризиків захворювань	05.12.2024 - 10.12.2024	
4	Розробка програмного забезпечення для відображення показників пацієнта	10.12.2024 - 15.12.2024	
5	Інтеграція розробленої моделі штучного інтелекту в програмне забезпечення	15.12.2024 - 20.12.2024	
6	Тестування та аналіз застосунку	20.12.2024 - 25.12.2024	

Студент

Євген АСІНОВ

Науковий керівник

Ірина ГРИШАНОВА

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків та переліку посилань. Також цей диплом містить 144 сторінок, в тому числі 48 рисунків, 32 таблиць, 32 джерело.

Актуальність теми. У сучасному світі автоматизація та впровадження штучного інтелекту у сферу охорони здоров'я є важливими для забезпечення якісної діагностики та моніторингу стану пацієнтів. Зростаюча кількість захворювань, таких як серцево-судинні, метаболічні та респіраторні розлади, вимагає впровадження інноваційних підходів до їх виявлення та управління. Раннє виявлення та оцінка ризиків таких захворювань можуть значно підвищити ефективність лікування, зменшити навантаження на медичний персонал та покращити якість життя пацієнтів. Сучасні медичні заклади потребують систем, здатних аналізувати великі обсяги медичних даних, прогнозувати ризики захворювань, інтегруватися з існуючими інформаційними системами та підтримувати прийняття рішень лікарями. Враховуючи ці виклики, створення автоматизованої системи медичного контролю з використанням інтелектуальних технологій, таких як алгоритми машинного навчання, є актуальним і перспективним напрямком дослідження.

Мета роботи. Розробка автоматизованої системи медичного контролю за станом людини, яка забезпечує моніторинг життєвих показників, аналіз стану пацієнтів, вивід ризиків виникнення захворювань з використанням алгоритмів штучного інтелекту та надання персоналізованих рекомендацій для своєчасної діагностики та лікування.

Об'єкт дослідження. Модель штучного інтелекту для оцінки ризиків захворювань та їх інтеграція в автоматизовані системи медичного контролю.

Предмет дослідження. Методи та засоби визначення життєвих показників пацієнтів

Методи дослідження. Робота базується на використанні сучасних методів машинного навчання, таких як XGBoost та SMOTEENN, для створення моделей прогнозування. Для обробки та аналізу даних застосовувалися Python-бібліотеки (pandas, scikit-learn, matplotlib). Розробка програмного забезпечення виконувалася із використанням Django для бекенду, MySQL для збереження даних та HTML, CSS,

JavaScript для створення клієнтського інтерфейсу. Тестування функціональності проводилося на симульованих та реальних даних пацієнтів.

Наукова новизна. У роботі вперше запропоновано інтеграцію алгоритмів машинного навчання в автоматизовану систему медичного контролю для комплексного моніторингу стану пацієнтів та визначення ризиків виникнення захворювань. Розроблено підхід до адаптивного аналізу життєвих показників із використанням методу SMOTEENN для вирішення проблеми дисбалансу даних, що підвищує точність прогнозування рідкісних захворювань.

Практичне застосування отриманих результатів. Розроблену систему може бути впроваджено в медичні заклади для моніторингу пацієнтів як у лікарнях, так і в домашніх умовах. Вона дозволяє лікарям оперативно отримувати результати аналізу стану здоров'я пацієнтів, підвищуючи якість діагностики та своєчасність лікувальних заходів. Система також допомагає виявляти потенційні ризики захворювань на основі аналізу медичних показників, що сприяє ранньому реагуванню на можливі проблеми зі здоров'ям пацієнтів. Це робить її важливим інструментом для підтримки прийняття рішень у сфері охорони здоров'я.

Ключові слова: штучний інтелект, автоматизована система, медичний контроль, аналіз життєвих показників, прогнозування захворювань, машинне навчання, XGBoost, SMOTEENN, Python, Django, MySQL, телемедицина, медичний моніторинг.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, five chapters, conclusions and a list of references. This diploma also contains 144 pages, including 48 figures, 32 tables, and 32 sources.

Relevance of the topic. In today's world, automation and the introduction of artificial intelligence in the healthcare sector are important for ensuring high-quality diagnostics and monitoring of patients' condition. The growing number of diseases, such as cardiovascular, metabolic, and respiratory disorders, requires innovative approaches to their detection and management. Early detection and risk assessment of such diseases can significantly increase the effectiveness of treatment, reduce the workload of medical staff and improve the quality of life of patients. Modern healthcare facilities need systems that can analyse large amounts of medical data, predict disease risks, integrate with existing information systems and support physician decision-making. Given these challenges, the creation of an automated medical monitoring system using intelligent technologies, such as machine learning algorithms, is a relevant and promising area of research.

Purpose. To develop an automated system of medical monitoring of human condition that provides monitoring of vital signs, analysis of patients' condition, identification of disease risks using artificial intelligence algorithms and provision of personalised recommendations for timely diagnosis and treatment.

Object of research. Artificial intelligence model for disease risk assessment and its integration into automated medical monitoring systems.

The subject of the study. Methods and means of determining vital signs of patients

Research methods. The work is based on the use of modern machine learning methods, such as XGBoost and SMOTEENN, to create prediction models. Python libraries (pandas, scikit-learn, matplotlib) were used for data processing and analysis. The software was developed using Django for the backend, MySQL for data storage, and HTML and CSS,

JavaScript to create the client interface. Functionality testing was performed on simulated and real patient data.

Scientific novelty. The paper is the first to propose the integration of machine learning algorithms into an automated medical monitoring system for comprehensive monitoring of

patients' condition and determining the risks of diseases. An approach to adaptive analysis of vital signs using the SMOTEENN method has been developed to solve the problem of data imbalance, which increases the accuracy of predicting rare diseases.

Practical application of the results. The developed system can be implemented in medical institutions to monitor patients both in hospitals and at home. It allows doctors to quickly obtain the results of analysing patients' health status, improving the quality of diagnosis and timeliness of treatment. The system also helps to identify potential disease risks based on the analysis of medical indicators, which facilitates early response to possible health problems. This makes it an important tool for supporting decision-making in the healthcare sector.

Keywords: artificial intelligence, automated system, medical monitoring, vital signs analysis, disease prediction, machine learning, XGBoost, SMOTEENN, Python, Django, MySQL, telemedicine, medical monitoring.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ МЕДИЧНОГО КОНТРОЛЮ.....	13
1.1 Огляд технологій для медичного контролю	13
1.2 Використання штучного інтелекту у медичних системах.....	19
1.3 Переваги та обмеження сучасних систем моніторингу здоров'я.....	22
Висновки до розділу 1	26
2. ВИБІР ПЛАТФОРМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕДИЧНОГО КОНТРОЛЮ	27
2.1 Визначення вимог до системи медичного контролю.....	27
2.2 Огляд архітектурних рішень доступних систем	29
2.3 Оцінка можливостей інтеграції з існуючою інфраструктурою	31
2.4 Оцінка забезпечення безпеки та конфіденційності	39
Висновки до розділу 2	41
3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗІВ РИЗИКІВ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	43
3.1 Огляд методів машинного навчання для медичних прогнозів	43
3.2 Вибір моделей для оцінки ризиків і прогнозування хвороб	46
3.3 Підготовка медичних даних та обробка аномалій	53
3.4 Розробка та тренування моделі.....	60
3.5 Тестування та оцінка точності моделі.....	68
Висновки до розділу 3	73
4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ЛЮДИНИ.....	75
4.1 Функціональні можливості програмного забезпечення.....	75
4.2 Архітектура програмного засобу	76
4.3 Інтерфейс користувача для лікарів та пацієнтів.....	85
4.4 Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту у програмний засіб.....	92

4.5 Тестування програмного засобу.....	95
Висновки до 4 розділу	103
5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Автоматизована система медичного контролю за станом людини на основі ШІ»	105
5.1 Опис ідеї проекту	105
5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	112
5.3. Розроблення ринкової стратегії проекту	118
5.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	121
5.5 Організація реалізації стартап-проекту.....	125
Висновки до 5 розділу	127
ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	131
ДОДАТКИ	135

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ЧСС – частота серцевих скорочень;

АТ – артеріальний тиск;

ЧР – частота дихання;

SpO₂ – насичення крові киснем;

ЕКГ – електрокардіограма;

ІоТ - Технології Інтернету речей;

ШІ–штучний інтелект;

MySQL – My Structured Query Language (Моя Структурована Мова Запитів) - це система управління реляційними базами даних з відкритим вихідним кодом, яка використовує мову SQL для управління та обробки даних у базах;

ЕМЗ - електронні медичні записи;

ІАТ - Інвазивний Артеріальний тиск;

HTML – HyperText Markup Language (Мова Розмітки Гіпертексту);

CSS – Cascading Style Sheets (Каскадні Таблиці Стилів);

СУБД – Система Управління Базами Даних;

JS – JavaScript;

ВСТУП

Сучасна медицина стрімко розвивається, прагнучи забезпечити своєчасну та якісну діагностику, лікування й моніторинг стану пацієнтів. Проте зростаючий обсяг інформації та складність аналізу медичних даних створюють значне навантаження на лікарів і медичний персонал, особливо в умовах обмеженого доступу до кваліфікованої допомоги в віддалених регіонах. Ці виклики спонукають до активного впровадження автоматизованих систем, які б могли підтримувати прийняття рішень і забезпечувати ефективний контроль стану пацієнтів.

Аналіз літературних джерел та досвіду впровадження сучасних медичних технологій показує, що найбільш перспективним напрямом є інтеграція алгоритмів штучного інтелекту в автоматизовані системи медичного контролю. Провідні компанії та дослідницькі установи активно розробляють інструменти для аналізу медичних показників, які базуються на машинному навчанні та інноваційних методах обробки даних. Проте більшість існуючих систем орієнтовані на вузькоспеціалізовані завдання, залишаючи поза увагою інтеграцію комплексного моніторингу та персоналізованих рекомендацій.

Необхідність створення нової системи обумовлена потребою в автоматизації процесів аналізу медичних показників, зменшенні залежності від суб'єктивності лікарів і наданні оперативної підтримки у виявленні потенційних ризиків захворювань.

Основні проектні рішення зосереджені на розробці автоматизованої системи, яка включає інтеграцію алгоритмів машинного навчання для аналізу медичних даних та прогнозування ризиків виникнення захворювань, створення інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для лікарів і пацієнтів, а також забезпечення надійного збереження й обробки конфіденційної інформації відповідно до стандартів GDPR і HIPAA.

Можливі галузі застосування розробленого програмного забезпечення охоплюють лікарні, клініки, реабілітаційні центри, а також телемедицину, що забезпечить доступність медичних послуг у віддалених районах. Запропонована система має потенціал для підтримки прийняття рішень лікарями, раннього виявлення

захворювань і надання персоналізованих рекомендацій для лікування та профілактики.

Таким чином, актуальність розробки автоматизованої системи медичного контролю за станом людини визначається не лише науковими потребами, але й практичними завданнями, що стоять перед сучасною медициною. Новизна роботи полягає у використанні сучасних алгоритмів і методів машинного навчання для створення комплексної, ефективної та інтегрованої системи.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ МЕДИЧНОГО КОНТРОЛЮ

1.1 Огляд технологій для медичного контролю

У сучасній медицині технології відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного контролю за станом здоров'я пацієнтів. Від носимих пристроїв до складних систем штучного інтелекту, ці інновації сприяють своєчасному виявленню захворювань, моніторингу хронічних станів та покращенню якості медичної допомоги. Огляд сучасних технологій медичного контролю дозволяє зрозуміти їхній вплив на систему охорони здоров'я та перспективи подальшого розвитку.

Серед основних технологій виділяють носимі медичні пристрої, стаціонарні системи моніторингу в лікарнях, телемедицина, інтегровані системи моніторингу здоров'я та застосування штучного інтелекту в медичних пристроях. На рисунку 1.1 зображено класифікацію технологій для медичного контролю.

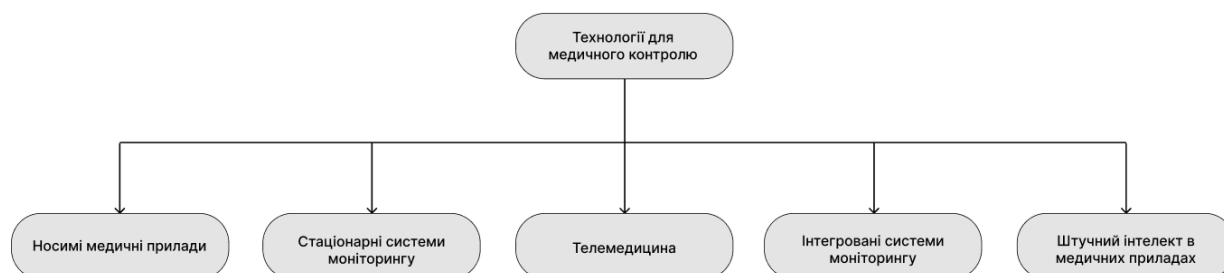


Рис 1.1. Класифікація технологій для медичного контролю

Носимі медичні пристрої відіграють життєво важливу роль у сучасній охороні здоров'я, забезпечуючи постійний моніторинг здоров'я пацієнтів у режимі реального часу. Цей миттєвий зворотний зв'язок має вирішальне значення для лікування хронічних захворювань, де своєчасне втручання має вирішальне значення [1].

Ці пристрої також ідеально підходять для людей, які живуть далеко від лікарні або мають обмежену мобільність. Вони дозволяють пацієнту жити звичайним життям без частого відвідування медичних закладів, а також дозволяють медичним

працівникам контролювати його стан [1]. Приклади носимих пристроїв показано на рисунку 1.2.



Рис 1.2. Приклади носимих пристроїв. а) ЕКГ-пристрій, б) Розумні окуляри, в) Фітнес-браслет із монітором серцевого ритму, г) Розумне кільце, д) Смарт-годинник, е) Спортивний фітнес-трекер, є) Датчик для моніторингу фізіологічних показників (пояс), ж) Глюкометр.

Мобільні пристрої для моніторингу здоров'я відкривають широкі можливості для відстеження ключових показників організму в режимі реального часу. Наприклад, носимі пристрої для ЕКГ можуть постійно слідкувати за серцевим ритмом і виявляти аномалії. Регулярний контроль цих даних має критичне значення для пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Дослідження свідчать, що використання таких пристроїв значно підвищує ефективність виявлення фібриляції передсердь [1].

Монітори рівня глюкози в крові в режимі реального часу забезпечують постійне відстеження цього показника протягом дня та ночі, попереджаючи пацієнтів про надмірно високий або низький рівень цукру. Це особливо важливо для людей, які живуть із діабетом [1].

Коректори постави, які надягаються на тіло, допомагають підтримувати правильну поставу. Вони корисні для людей із хронічним болем у спині, проблемами хребта або тих, хто проводить багато часу сидячи. Пристрої відстежують положення

тіла протягом дня та надають зворотний зв'язок або м'які сигнали, які нагадують змінити позу [1].

Носимі біосенсори, що фіксуються на шкірі, дозволяють контролювати такі показники, як температура, частота дихання, сон, частота серцевих скорочень і рухова активність. У разі виявлення відхилень вони оперативно надсилають сповіщення медичним фахівцям [1].

Носимі дефібрилятори забезпечують безпеку для людей із високим ризиком раптової зупинки серця. Вони постійно моніторять серцевий ритм і здатні автоматично здійснювати електричний розряд у разі небезпечних порушень роботи серця [1].

Для постійного спостереження за життєво важливими показниками пацієнтів, такими як частота серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск (АТ), частота дихання (ЧР), рівень насичення крові киснем (SpO_2) та електрокардіограма (ЕКГ), медичний персонал використовує стаціонарну центральну станцію моніторингу (рис. 1.3). Це забезпечує можливість оперативного виявлення будь-яких відхилень чи ознак погіршення стану пацієнта [2].



Рис 1.3. Центральна станція моніторингу системи важливих показників пацієнта

Центральні станції моніторингу оснащені системами раннього попередження, які здатні сигналізувати медичним працівникам про можливі проблеми ще до того, як

вони набудуть серйозного характеру. Такий підхід сприяє своєчасному втручанню, що позитивно впливає на результати лікування пацієнтів [2].

У відділеннях інтенсивної терапії центральна станція моніторингу є ключовим інструментом для спостереження за станом кількох пацієнтів одночасно. Завдяки цій системі медсестра може контролювати життєво важливі показники всіх пацієнтів відділення безпосередньо зі свого робочого місця. Це дозволяє оптимізувати робочий процес і забезпечує оперативну реакцію на будь-які зміни в стані пацієнтів [2].

Телемедицина представляє собою сучасний підхід до надання медичних послуг, який дозволяє лікарям і пацієнтам взаємодіяти дистанційно за допомогою відеозв'язку, чату або телефонних дзвінків (рис. 1.4). Цей формат став особливо затребуваним під час пандемії COVID-19, коли відвідування лікарень було обмежене через високі ризики для здоров'я [3].



Рис 1.4. Телемедицина медичних послуг

Головна мета телемедицини полягає в забезпеченні якісної медичної допомоги на відстані, зниженні навантаження на лікарні та клініки, а також спрощенні доступу до медичних послуг і ліків. Сьогодні телемедицина є невід'ємною складовою сучасних систем охорони здоров'я, сприяючи їхньому розвитку й адаптації до нових викликів [3].

Хоча ідея телемедицини з'явилася давно, її реалізація стала можливою лише з розвитком сучасних технологій зв'язку, таких як Інтернет і мобільні телефони. Перші

спроби використання телемедицини датуються серединою ХХ століття, коли лікарі проводили консультації з пацієнтами за допомогою телефонного зв'язку [3].

Справжній прорив у розвитку онлайн-телемедицини відбувся у 1990-х роках із поширенням Інтернету. З часом технології вдосконалилися, що дало змогу створювати платформи для надання комплексних медичних послуг на відстані. Сьогодні телемедицина доступна в багатьох країнах світу, і Україна не є винятком – у нашій країні цей напрям активно розвивається [3].

Телемедицина онлайн працює через різні технології зв'язку, які дозволяють лікарям та пацієнтам спілкуватися на відстані. Зазвичай це відбувається за допомогою відеозв'язку, телефонних дзвінків або текстових повідомлень. Важливими компонентами є:

Відеозв'язок: дає змогу лікарю візуально оцінити стан пацієнта.

Онлайн-чати: дозволяють отримати консультацію у текстовому форматі.

Телефонні консультації: актуальні для людей, які не мають доступу до відео або інтернету.

Платформи для телемедицини, наприклад онлайн консультація лікаря, також інтегрують можливість завантаження результатів аналізів, історій хвороб та призначення рецептів.

Технології Інтернету речей, скорочено IoT, є революційним напрямком, який стрімко розвивається і здатен кардинально змінити нашу взаємодію з навколишнім середовищем. За прогнозами, до 2025 року кількість підключених пристроїв у світі перевищить 75 мільярдів. Сфера охорони здоров'я є одним із ключових секторів, що, ймовірно, отримає значні переваги від цього технологічного зростання [4]. На рисунку 1.5 зображено схему віддаленого моніторингу.



Рис 1.5. Схема віддаленого моніторингу пацієнтів IoT

IoT передбачає взаємозв'язок різноманітних фізичних об'єктів, обладнання та датчиків через Інтернет, що дає їм змогу обмінюватися даними та взаємодіяти. У сфері охорони здоров'я IoT уже активно застосовується для покращення якості догляду за пацієнтами, розробки персоналізованих планів лікування, впровадження віддаленого моніторингу та підвищення ефективності надання медичних послуг. Окрім медицини, IoT трансформує такі галузі, як виробництво, транспорт і сільське господарство, відкриваючи можливості для значущих змін у суспільстві. Тому важливо слідкувати за розвитком цієї перспективної технології та шукати нові шляхи її використання для досягнення позитивних змін у різних сферах життя [4].

Алгоритми штучного інтелекту (ШІ) стали важливими інструментами в галузі охорони здоров'я, особливо в поєднанні з даними, отриманими від пристроїв Інтернету речей. Завдяки обробці великих обсягів даних, які генеруються цими пристроями, ШІ здатен надавати інформацію про стан здоров'я пацієнтів у режимі реального часу, а також пропонувати персоналізовані підходи до медичних втручань [4].

Моделі машинного навчання, які є підрозділом штучного інтелекту, здатні аналізувати та виявляти шаблони в даних, отриманих від пристроїв IoT. Це дозволяє прогнозувати розвиток захворювань і пропонувати персоналізовані плани лікування. Завдяки аналізу історичних даних такі моделі можуть виявляти навіть незначні зміни

або аномалії в показниках здоров'я пацієнта, що сприяє ранньому виявленню потенційних проблем і своєчасному втручанню [4].

У сфері IoT для охорони здоров'я алгоритми штучного інтелекту аналізують дані, отримані з носимих пристроїв та інших датчиків, для відстеження життєвих показників, рівня активності, режиму сну та інших важливих параметрів. Завдяки постійному моніторингу й аналізу цих даних, ШІ здатен надавати лікарям ранні попередження про можливе погіршення стану пацієнта або ризик рецидивів. Це дозволяє своєчасно втручатися і сприяє покращенню результатів лікування [4].

Алгоритми штучного інтелекту також здатні використовувати дані, отримані з пристроїв IoT, для розробки індивідуалізованих схем догляду. Аналізуючи особливості кожного пацієнта, історію хвороби та показники в реальному часі, ШІ може обробляти великі обсяги даних, щоб визначати оптимальні стратегії лікування, максимально адаптовані до унікальних потреб кожного пацієнта [4].

Інтеграція штучного інтелекту та Інтернету речей відкриває нову еру трансформаційної моделі охорони здоров'я, зосередженої на оптимізації процесів і підходах, орієнтованих на пацієнта. Ця еволюція знаменується значним підвищенням точності прогнозування, завдяки якому стають можливими персоналізовані терапевтичні стратегії. Такий підхід вказує на кардинальні зміни в системі охорони здоров'я, де технологічні інновації й індивідуалізовані методи догляду стають ключовими елементами майбутнього [4].

1.2 Використання штучного інтелекту у медичних системах

Сьогодні штучний інтелект є одним з найпопулярніших термінів у світі. Ця технологія революційно змінює підходи до розв'язання складних завдань у різних сферах, від медицини та фінансів до транспорту й розваг.

Штучний інтелект (ШІ) - це технологія, яка дає змогу комп'ютерам і машинам відтворювати людські здібності, такі як навчання, розуміння, вирішення проблем, прийняття рішень, творчість і виконання завдань автономно [5].

Програми та пристрої зі штучним інтелектом здатні розпізнавати об'єкти, аналізувати їх і взаємодіяти з навколишнім середовищем. Вони розуміють людську

мову, відповідають на запити, вчаться на основі нової інформації та накопиченого досвіду. Такі системи можуть надавати точні рекомендації як для користувачів, так і для фахівців, а також виконувати завдання автономно, замінюючи потребу у втручанні людини - наприклад, у випадку безпілотних автомобілів [5].

Машинне навчання, як підгалузь штучного інтелекту, передбачає розробку моделей, які навчаються прогнозувати або приймати рішення на основі даних. Цей підхід охоплює різноманітні методи, що дозволяють комп'ютерам аналізувати дані, навчатися на їхній основі та робити висновки без необхідності попереднього програмування для виконання конкретних завдань [5].

Методи машинного навчання включають широкий спектр алгоритмів, таких як лінійна регресія, логістична регресія, дерева рішень, випадковий ліс, машини опорних векторів (SVM), k-найближчий сусід (KNN), кластеризація тощо. Кожен із цих підходів оптимально підходить для різних задач і типів даних, забезпечуючи гнучкість і ефективність у розв'язанні різноманітних проблем [5].

Одним із найпопулярніших типів алгоритмів машинного навчання є нейронні мережі (або штучні нейронні мережі). Вони створені за аналогією зі структурою та функціями людського мозку. Нейронна мережа складається з кількох взаємопов'язаних шарів вузлів (подібних до нейронів), які працюють разом для обробки та аналізу складних даних. Завдяки своїй архітектурі нейронні мережі чудово підходять для вирішення завдань, що вимагають виявлення складних закономірностей і зв'язків у великих наборах даних [5].

Найпростішою формою машинного навчання є навчання під наглядом. Воно використовує позначені набори даних для навчання алгоритмів, які класифікують дані або точно прогнозують результати. У цьому процесі кожен навчальний приклад супроводжується відповідною міткою результату. Завдання моделі полягає в тому, щоб вивчити зв'язок між входами та виходами в навчальних даних, щоб надалі успішно передбачати мітки для нових, раніше невідомих даних [5].

Штучний інтелект активно трансформує сучасну медицину, забезпечуючи точність діагностики, персоналізацію лікування та покращення управління даними (рис. 1.6). Однією з ключових переваг ШІ є здатність аналізувати великі обсяги даних

у реальному часі, що дозволяє виявляти приховані закономірності та швидко реагувати на потенційні проблеми. Наприклад, алгоритми машинного навчання використовуються для аналізу зображень (рентгенівських знімків, МРТ) та ідентифікації аномалій, таких як пухлини або пошкодження тканин, із точністю, що може перевищувати людську.

Штучний інтелект (ШІ) здатен безперервно аналізувати життєво важливі показники пацієнтів, які перебувають у критичному стані, і оперативно попереджати медичний персонал про підвищення певних факторів ризику. Хоча медичні пристрої, такі як кардіомонітори, відстежують основні показники, ШІ може інтегрувати ці дані для виявлення складних станів, наприклад, сепсису. Зокрема, один із клієнтів IBM розробив прогностичну модель ШІ для недоношених дітей, яка з точністю 75% виявляє важкий сепсис [6].

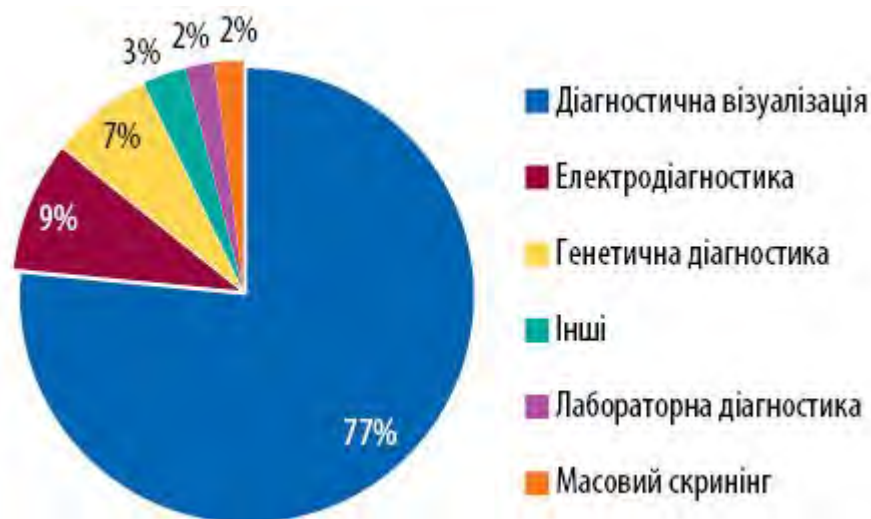


Рис 1.6. Частка розподілу застосування ШІ в медицині [7]

Точну медицину можна ефективно підтримувати за допомогою віртуального штучного інтелекту. Завдяки здатності моделей ШІ вивчати й зберігати індивідуальні особливості, вони мають потенціал надавати пацієнтам персоналізовані рекомендації в режимі реального часу, працюючи безперервно. Замість постійного повторення інформації для кожного нового пацієнта, система охорони здоров'я могла б забезпечити цілодобовий доступ до віртуального асистента на основі ШІ. Такий

помічник міг би відповідати на запитання, враховуючи медичну історію, вподобання та особисті потреби пацієнта [6].

Штучний інтелект уже займає важливе місце в медичній візуалізації. Дослідження демонструють, що моделі ШІ, побудовані на базі нейронних мереж, можуть бути настільки ж ефективними, як і радіологи, у виявленні ознак раку молочної залози та інших захворювань. Окрім допомоги у виявленні ранніх стадій хвороб, ШІ здатен оптимізувати обробку великої кількості медичних зображень, які потрібно аналізувати клініцистам. Він може виділяти ключові моменти з історії пацієнта та надавати найбільш релевантні зображення для подальшого вивчення [6].

Під час клінічних випробувань значна частина часу витрачається на присвоєння медичних кодів результатам пацієнтів та оновлення відповідних наборів даних. Штучний інтелект може прискорити цей процес, забезпечуючи швидший і розумніший пошук медичних кодів. Два клієнти IBM Watson Health нещодавно виявили, що завдяки ШІ вони змогли скоротити кількість пошуків медичних кодів більш ніж на 70% [6].

Розробка нових ліків є одним із найдовших і найдорожчих етапів у фармацевтиці. Штучний інтелект здатен значно знизити витрати на цей процес двома ключовими способами: створенням більш ефективних дизайнів препаратів та пошуком перспективних комбінацій ліків. Використання ШІ також дозволяє долати численні труднощі, пов'язані з обробкою великих масивів даних, що є типовими для сфери біомедичних досліджень [6].

1.3 Переваги та обмеження сучасних систем моніторингу здоров'я

Сучасні системи моніторингу здоров'я відіграють ключову роль у підвищенні ефективності медичної допомоги. Вони дозволяють лікарям швидко отримувати інформацію про стан пацієнтів, своєчасно реагувати на критичні зміни та адаптувати лікування до індивідуальних потреб кожного хворого. Існують різні способи моніторингу за пацієнтом, які забезпечують ефективний контроль залежно від ситуації та потреб.

Однією з головних переваг є здатність виявляти проблеми зі здоров'ям на ранніх стадіях. Постійний моніторинг життєво важливих показників пацієнтів дає змогу швидко виявляти аномалії та оперативно вживати необхідних заходів [8]. Наприклад, у відділеннях інтенсивної терапії постійний моніторинг артеріального тиску, частоти серцевих скорочень та рівня кисню в крові допомагає лікарям швидко виявляти критичні стани, знижуючи ризик ускладнень. Подібні системи також ефективні для пацієнтів із хронічними захворюваннями, дозволяючи фіксувати зміни в їхньому стані та вчасно коригувати лікування.

Ще однією перевагою є покращення точності діагностики. Безперервний збір даних дає змогу лікарям отримувати повну картину стану пацієнта, що мінімізує ризик помилок і сприяє постановці більш точного діагнозу. Наприклад, дані, зібрані носимими пристроями або стаціонарними моніторами, допомагають аналізувати динаміку стану здоров'я пацієнта, враховуючи навіть найменші зміни. Це особливо важливо у випадках складних або рідкісних захворювань, де кожна деталь може бути вирішальною.

Системи моніторингу сприяють підвищенню продуктивності лікарів, автоматизуючи рутинні завдання, такі як запис показників чи підготовка звітів. Це дозволяє медичному персоналу зосередитися на важливіших аспектах роботи. Замість постійного ручного контролю стану пацієнтів лікарі отримують сповіщення про критичні зміни в режимі реального часу, що суттєво заощаджує час і ресурси [8].

Дистанційний моніторинг є однією з ключових переваг сучасних медичних систем. Завдяки телемедичним платформам пацієнти з віддалених місцевостей або ті, хто не може регулярно відвідувати лікаря, отримують доступ до якісної медичної допомоги. Лікарі можуть відслідковувати стан таких пацієнтів у режимі реального часу за допомогою даних від носимих пристроїв або спеціальних сенсорів. Це дозволяє зменшити кількість госпіталізацій і забезпечити безперервний контроль стану здоров'я навіть поза межами лікарні [8].

Попри значні переваги сучасних систем моніторингу здоров'я, вони також мають певні обмеження, які впливають на їх впровадження та ефективне використання. Однією з ключових проблем є технічні складнощі, що виникають під

час роботи таких систем. Проблеми передачі даних, сумісності між різними пристроями та загальної надійності роботи можуть ускладнювати їх використання. Наприклад, збої у передачі даних або недостатня інтеграція між пристроями можуть призводити до затримок у наданні медичної допомоги. Це стає критичним у відділеннях інтенсивної терапії, де кожна секунда має значення.

Ще однією важливою перешкодою є забезпечення конфіденційності даних. Оскільки системи моніторингу працюють із чутливою медичною інформацією, необхідно гарантувати високий рівень захисту. Будь-який витік даних або несанкціонований доступ може призвести до серйозних наслідків, включаючи втрату довіри до таких технологій. Це вимагає впровадження складних механізмів шифрування та контролю доступу.

Висока вартість впровадження є ще одним обмеженням. Багато сучасних систем моніторингу потребують значних фінансових вкладень як на етапі установки, так і для подальшого обслуговування. Для невеликих медичних закладів або пацієнтів із обмеженими фінансовими можливостями це може стати суттєвою перешкодою. Особливо це стосується складних систем із функціями штучного інтелекту або інтеграції з іншими медичними пристроями.

Медичний персонал потребує спеціального навчання для ефективного використання цих технологій. Освоєння нових систем вимагає часу, ресурсів та організації додаткових тренінгів. У закладах із обмеженим бюджетом або у випадках високого навантаження на персонал це може стати додатковим викликом, що впливає на швидкість впровадження технологій у медичну практику.

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика систем моніторингу здоров'я

Системи моніторингу	Переваги	Обмеження	Основні сфери застосування
Носимі медичні пристрої	Зручність для пацієнтів, моніторинг у реальному часі, доступність	Обмежена точність, залежність від батареї, ризики втрати даних	Моніторинг серцевого ритму, рівня активності, глюкози

Стаціонарні системи моніторингу	Безперервний контроль життєвих показників у критичних станах	Висока вартість, потреба в стаціонарному обладнанні	Відділення інтенсивної терапії, хірургія
Телемедицина	Дистанційний доступ до даних пацієнта, зручність для віддалених регіонів	Потреба у стабільному інтернет-з'єднанні, питання конфіденційності	Дистанційний контроль хронічних захворювань
Інтегровані системи моніторингу	Об'єднання даних з різних пристроїв, аналіз у реальному часі	Проблеми масштабованості, високі вимоги до інфраструктури	Комплексний аналіз стану здоров'я
Застосування ШІ у медичних пристроях	Прогнозування ризиків, підвищення точності діагностики	Залежність від якості даних, складність інтеграції	Аналіз зображень, діагностика, персоналізована медицина

У таблиці представлено порівняльну характеристику різних систем моніторингу здоров'я, які активно використовуються в сучасній медицині. Вона дозволяє побачити ключові переваги, обмеження та основні сфери застосування кожної системи.

Зокрема, ми бачимо, що носимі медичні пристрої забезпечують зручність для пацієнтів, дозволяючи відстежувати показники здоров'я у реальному часі, але мають обмежену точність та залежність від батареї. Стаціонарні системи моніторингу є незамінними у критичних ситуаціях, наприклад, у відділеннях інтенсивної терапії, хоча вони потребують значних фінансових витрат на обладнання.

Телемедицина вирізняється своєю доступністю для пацієнтів із віддалених регіонів, однак її ефективність залежить від стабільного інтернет-з'єднання. Інтегровані системи моніторингу поєднують дані з різних пристроїв для комплексного аналізу стану пацієнта, але вимагають високої інфраструктурної підтримки. Застосування ШІ у медичних пристроях відкриває можливості прогнозування ризиків і підвищення точності діагностики, але залежить від якості даних та складності інтеграції.

Висновки до розділу 1

Огляд сучасних технологій моніторингу здоров'я, переваг і обмежень таких систем, а також ролі штучного інтелекту у медицині дозволяє зробити висновки про їхній значний вплив на якість медичної допомоги. Ці технології спрямовані на вдосконалення діагностики, лікування та моніторингу стану пацієнтів, де ШІ відіграє ключову роль.

1. Системи моніторингу здоров'я, включаючи носимі пристрої, стаціонарні системи та телемедицину, надають лікарям точні дані про стан пацієнтів, що дозволяє оперативно реагувати на зміни. Інтегровані системи забезпечують комплексний підхід до аналізу стану здоров'я, об'єднуючи інформацію з різних джерел.

2. Штучний інтелект допомагає аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати розвиток захворювань та автоматизувати процеси моніторингу. Його застосування в діагностиці та персоналізації лікування сприяє підвищенню точності й ефективності прийняття медичних рішень.

3. Основними викликами сучасних систем моніторингу є технічні обмеження, висока вартість впровадження та забезпечення конфіденційності даних. Удосконалення цих аспектів сприятиме зростанню доступності та ефективності медичних технологій.

2. ВИБІР ПЛАТФОРМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕДИЧНОГО КОНТРОЛЮ

2.1 Визначення вимог до системи медичного контролю

Ефективний медичний контроль за станом пацієнтів базується на точному та своєчасному моніторингу ключових життєво важливих показників. Розуміння сутності кожного з цих параметрів та їх нормальних значень є критично важливим для виявлення відхилень і прийняття відповідних рішень.

Частота серцевих скорочень - це кількість ударів серця за хвилину, що відображає роботу серцево-судинної системи. У стані спокою нормальне значення ЧСС у здорової дорослої людини становить 60–80 ударів на хвилину. Відхилення можуть свідчити про аритмії або серцеву недостатність.

Артеріальний тиск відображає силу, з якою кров тисне на стінки артерій. Він складається з систолічного (верхнього) та діастолічного (нижнього) тиску. Оптимальним є АТ 120/80 мм рт. ст. Відхилення, як-от гіпертензія чи гіпотензія, можуть вказувати на серйозні ризики для здоров'я.

Насичення киснем показує, наскільки ефективно кров транспортує кисень до тканин. Нормальне значення - 95–100%. Зниження SpO₂ може бути ознакою дихальної недостатності або інших патологій.

Рівень глюкози в крові є важливим показником метаболічного стану організму. Натще норма становить 3,9–5,5 ммоль/л, а через 2 години після їжі - до 7,8 ммоль/л. Відхилення можуть свідчити про цукровий діабет чи інші порушення обміну речовин.

Температура тіла в нормі коливається в межах 36,5–37,0°C. Підвищення може свідчити про інфекцію або запалення, а зниження - про переохолодження чи інші порушення.

Стаціонарна система медичного контролю є одним із найефективніших рішень для забезпечення комплексного моніторингу стану пацієнтів завдяки своїм ключовим перевагам. У сучасній медицині існує кілька основних підходів до збору життєво важливих показників, зокрема використання носимих пристроїв і стаціонарних систем. Кожна з цих технологій має свої особливості та застосовується залежно від ситуації.

Носимі пристрої забезпечують мобільність і зручність для пацієнтів. Вони ідеально підходять для амбулаторного моніторингу та повсякденного використання, дозволяючи фіксувати такі показники, як частота серцевих скорочень (ЧСС), насичення киснем і рівень фізичної активності. Проте носимі пристрої мають обмеження щодо точності вимірювань і тривалості роботи, оскільки вони часто залежать від батарей та менш точних сенсорів.

На відміну від них, стаціонарні системи медичного контролю орієнтовані на використання у лікарнях або спеціалізованих медичних закладах. Вони забезпечують високу точність вимірювань завдяки використанню професійного обладнання. Така система дозволяє проводити безперервний моніторинг життєво важливих показників пацієнта, включаючи ЧСС, артеріальний тиск, насичення киснем (SpO₂), температуру тіла і, в деяких випадках, рівень глюкози в крові.

Точність вимірювань є основною перевагою стаціонарних систем. Завдяки високоякісним сенсорам і спеціалізованому обладнанню ці системи забезпечують більш точні та надійні результати порівняно з портативними пристроями. Це особливо важливо для пацієнтів із критичними станами, коли навіть невелика похибка у вимірюваннях може вплинути на рішення лікаря.

Можливість інтеграції дозволяє адаптувати стаціонарну систему до індивідуальних потреб медичного закладу чи конкретного пацієнта. Вона підтримує підключення різноманітних медичних сенсорів, таких як електрокардіографи, пульсоксиметри, монітори артеріального тиску, системи для моніторингу глюкози та термометри. Така гнучкість забезпечує збір усіх необхідних показників для детального аналізу стану пацієнта.

Безперервний моніторинг - одна з ключових особливостей стаціонарної системи, яка забезпечує цілодобовий контроль за життєво важливими показниками пацієнта. Постійна робота системи дозволяє своєчасно виявляти критичні зміни у стані здоров'я, що є життєво важливим для пацієнтів із серйозними захворюваннями або під час післяопераційного періоду. Лікарі та медичний персонал можуть оперативно реагувати на відхилення завдяки автоматичним сповіщенням.

Передача даних забезпечує ефективну взаємодію між медичним обладнанням та інформаційними системами. Стаціонарна система легко інтегрується із сервером та базою даних, наприклад, MySQL, що дозволяє зберігати великі обсяги інформації про пацієнтів. Дані передаються через захищені протоколи, що гарантує їх конфіденційність та цілісність. Це не лише спрощує процес зберігання та обробки даних, а й відкриває можливість для використання аналітичних алгоритмів і модулів штучного інтелекту для прогнозування ризиків та підтримки прийняття рішень.

Таким чином, стаціонарна система є оптимальним вибором для медичних закладів, які прагнуть забезпечити високий рівень надійності, точності та безпеки під час моніторингу стану пацієнтів. Її функціональність дозволяє інтегрувати сучасні технології в практику охорони здоров'я, забезпечуючи своєчасну діагностику, оперативне втручання та покращення результатів лікування.

Стаціонарна система ідеально підходить для майбутньої розробки штучного інтелекту, оскільки вона здатна збирати та передавати всі необхідні життєво важливі показники. Завдяки точності вимірювань і безперервному моніторингу, система забезпечує високоякісні дані, які можуть бути використані для навчання моделей машинного навчання, прогнозування ризиків та автоматизації прийняття медичних рішень. Інтеграція з аналітичними модулями штучного інтелекту відкриває нові можливості для персоналізованого підходу до лікування, покращення медичних процесів та прогнозування стану пацієнтів.

2.2 Огляд архітектурних рішень доступних систем

Для нашої системи медичного контролю, яка інтегрує штучний інтелект, найкращим варіантом є використання стаціонарної системи моніторингу. Цей вибір зумовлений її здатністю забезпечувати точне та одночасне вимірювання ключових життєвих показників, таких як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення киснем, рівень глюкози та температура тіла. Стаціонарна система також повинна підтримувати передачу даних через Wi-Fi на сервер, з подальшим збереженням у базі даних MySQL, що ідеально підходить для аналізу та інтеграції з модулями штучного інтелекту.

Першою системою, що розглядається, є ICU Vital Sign Patient Monitor 7 Parameter PM-7000D. Цей пристрій здатний забезпечувати точний моніторинг широкого спектру життєво важливих показників. Така функціональність робить його одним із найсучасніших рішень для моніторингу стану пацієнтів [9].

Однією з ключових особливостей PM-7000D є його здатність передавати дані через Wi-Fi, що забезпечує швидкий і зручний обмін інформацією із сервером та подальше збереження в базі даних, наприклад, MySQL. Це дозволяє використовувати пристрій у системах, які інтегрують штучний інтелект для аналізу та прогнозування медичних показників. На рисунку 2.1 зображено схему функціонування системи медичного контролю з використанням штучного інтелекту.

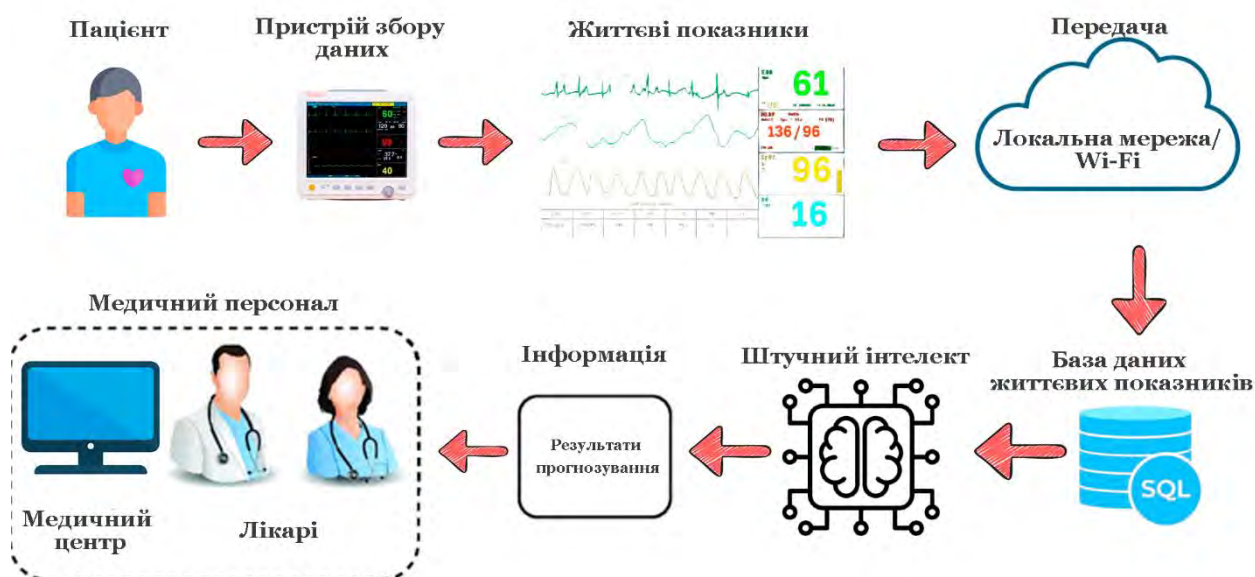


Рис 2.1. Схема функціонування системи медичного контролю з використанням штучного інтелекту

Система має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який значно спрощує роботу медичного персоналу. Завдяки компактному дизайну пристрій легко інтегрується у стаціонарні умови, забезпечуючи комфорт як для пацієнтів, так і для лікарів. Його здатність працювати у режимі 24/7 забезпечує безперервний моніторинг, що є критично важливим у відділеннях інтенсивної терапії та для пацієнтів із серйозними захворюваннями.

PM-7000D також підтримує інтеграцію з іншими медичними системами завдяки своїй модульній архітектурі. Це дозволяє використовувати його разом із додатковими пристроями чи сенсорами, розширюючи функціональні можливості залежно від потреб конкретного закладу чи пацієнта.

Другий пристрій - Philips IntelliVue MX400 - також демонструє відмінну продуктивність і підтримує вимірювання таких параметрів, як ЧСС, ЕКГ, артеріальний тиск, насичення киснем і частота дихання. Ця система має надійний інтерфейс із високою швидкістю обробки даних і забезпечує передачу інформації через Wi-Fi. Вона не підтримує безперервний моніторинг рівня глюкози, що є суттєвим обмеженням для нашої системи. Процес інтеграції з сервером є складнішим, а споживання енергії вищим, що може створювати додаткові виклики для довготривалого використання [10].

Третя система - Mindray BeneView T5 - забезпечує базові функції моніторингу, які згадувались раніше. Вона також підтримує передачу даних через Wi-Fi. Mindray BeneView T5 має обмежений спектр вимірювань, оскільки не підтримує контроль рівня глюкози. Її точність вимірювань нижча, а експлуатація дорожча, що може обмежити її ефективність у нашій системі [11].

На основі проведеного аналізу ICU Vital Sign PM-7000D була обрана як ідеальний приклад для визначення ключових показників, необхідних у проекті. Ця система відповідає сучасним вимогам до моніторингу, має високу точність вимірювань, широкий спектр функцій та можливість інтеграції з модулями штучного інтелекту для аналізу даних. Вона слугує орієнтиром для розробки рішення, що відповідатиме аналогічним стандартам якості та функціональності.

2.3 Оцінка можливостей інтеграції з існуючою інфраструктурою

Інтеграція автоматизованої системи медичного контролю з наявною інфраструктурою медичного закладу є важливим етапом для забезпечення її ефективного функціонування. Враховуючи вимоги до системи і характеристику обраних рішень необхідно оцінити, наскільки система може бути впроваджена в існуючі процеси.

Одним із ключових аспектів інтеграції є сумісність із системами електронних медичних записів (ЕМЗ), які широко використовуються у сучасних лікарнях. Обрана система підтримує передачу даних через Wi-Fi, що дає змогу в реальному часі передавати життєво важливі показники пацієнтів до серверів лікарні. Для повної інтеграції із системою ЕМЗ необхідна розробка спеціального API, який дозволить автоматично синхронізувати такі параметри, як частота серцевих скорочень, рівень насичення крові киснем, артеріальний тиск, температура тіла. Ця синхронізація забезпечить оновлення даних у картці пацієнта без необхідності ручного введення інформації, а також створить можливість автоматичного генерування сповіщень у разі критичних змін життєво важливих показників (рис 2.2).



Рис 2.2. Екран медичного монітора для спостереження за життєвими показниками пацієнта. 1 - Частота серцевих скорочень, 2 - Артеріальний тиск, 3 - Насичення крові киснем, 4 - Частота дихання, 5 - Запис життєвих показників, 6 - Графік насичення крові киснем, 7 - Графік дихання, 8 - Сегмент електрокардіограми, 9 - Сигнал тривоги.

Для моніторингу зазначених показників пацієнта необхідно використовувати медичний монітор, оснащений відповідними датчиками та функціями [12, 13]:

1. Частота серцевих скорочень: вимірюється за допомогою електрокардіографічних електродів, які кріпляться на грудях пацієнта.
2. Артеріальний тиск: контролюється за допомогою неінвазивного методу з використанням манжети, що обгортається навколо плеча або зап'ястя пацієнта.
3. Насичення крові киснем: визначається пульсоксиметричним датчиком, який зазвичай кріпиться на пальці руки або мочки вуха.
4. Частота дихання: відстежується через респіраторний пояс, що обгортається навколо грудної клітки, або шляхом аналізу сигналів ЕКГ.
5. Запис життєвих показників: сучасні монітори пацієнта мають функцію збереження даних для подальшого аналізу та відстеження динаміки стану пацієнта.
6. Графік насичення крові киснем: монітор відображає тренди SpO₂ у вигляді графіків на екрані, що дозволяє спостерігати зміни в реальному часі.
7. Графік дихання: відображає дихальні цикли пацієнта, що допомагає оцінити регулярність та глибину дихання.
8. Сегмент електрокардіограми: монітор показує ЕКГ-сигнали, що дозволяє аналізувати серцеву діяльність та виявляти можливі аритмії.
9. Сигнал тривоги: при відхиленні будь-якого з параметрів від встановлених норм монітор активує звуковий та/або візуальний сигнал тривоги, сповіщаючи медичний персонал про необхідність негайного втручання.

Електрокардіографія (ЕКГ) - це метод фіксації електричної активності серця, що дозволяє виявляти різноманітні захворювання та порушення його функцій. Електроди, розташовані на шкірі пацієнта, реєструють зміни електричних потенціалів, які виникають у серці під час його роботи [13]. На рисунку 2.3 показано місце розташування електродів для зняття електрокардіограми.

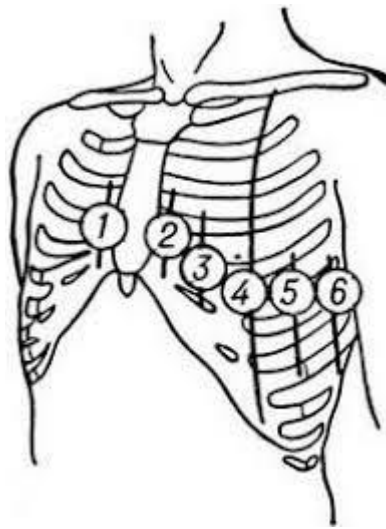


Рис 2.3. Місця розташування електродів для зняття електрокардіограми. 1) V1 – четверте міжребер'я, праворуч від груднини. 2) V2 – четверте міжребер'я, ліворуч від груднини. 3) V3 – між V2 та V4. 4) V4 – п'яте міжребер'я в середньоключичній лінії (зліва). 5) V5 – на одній горизонталі з V4, у передній пахвовій лінії. 6) V6 – на одній горизонталі з V4 і V5, у середній пахвовій лінії [14].

Ці відведення дозволяють отримати детальну інформацію про роботу різних частин серця: передню, бічну, нижню стінки, а також його перегородку.

Інвазивний артеріальний тиск (ІАТ) - це метод прямого вимірювання артеріального або венозного кров'яного тиску пацієнта. Для цього використовується катетер, який вводять безпосередньо у вену, артерію або іншу зону доступу. Катетер підключають до перетворювача тиску, що дозволяє визначати систолічний, діастолічний та середній кров'яний тиск, а також отримувати форму хвилі тиску (рис 2.4). Залежно від конфігурації пристрою, можна одночасно моніторити 2 або 4 канали ІАТ (для окремих моделей), з відображенням даних для кожного каналу [13].

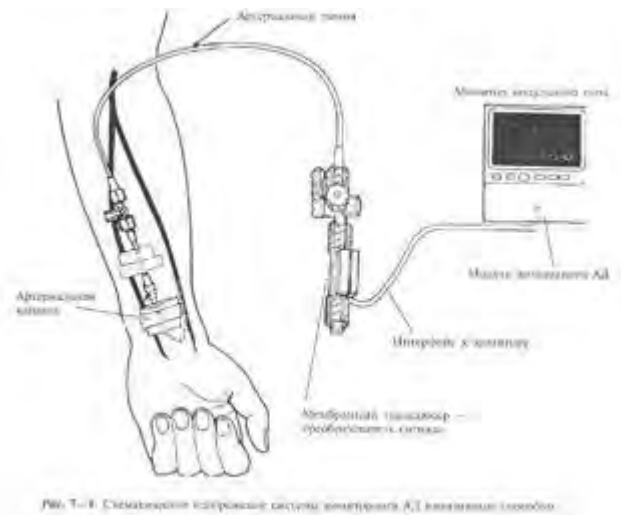


Рис 2.4. Схематичне зображення системи моніторингу артеріального тиску інвазивним методом

Пульсоксиметр вимірює насичення крові киснем та частоту пульсу, використовуючи світлодіоди, що випромінюють червоне й інфрачервоне світло, яке проходить через тканини пальця, і фотодетектор, що аналізує поглинене світло. На основі співвідношення поглинання різних довжин хвиль пристрій розраховує рівень кисню в гемоглобіні та відображає результат у відсотках. Цей метод є неінвазивним і широко використовується для моніторингу дихальної функції, особливо у пацієнтів із серцево-судинними або дихальними порушеннями [13]. На рисунку 2.5 показаний пульсоксиметр на пальці пацієнта.



Рис 2.5. Пульсоксиметр для вимірювання насичення крові киснем та частоти пульсу, закріплений на пальці пацієнта

Температурний датчик, зображений на рисунку 2.6, складається з чутливого елемента для контакту з тілом пацієнта, гнучкого кабелю та роз'єму для підключення до медичного монітора. Він використовує термопару або термістор для вимірювання температури в місцях, як-от пахва, рот, пряма кишка або шкіра, забезпечуючи швидке і точне моніторування стану пацієнта в лікарняних умовах [13].



Рис 2.6. Температурний датчик для моніторингу температури тіла пацієнта

Датчик глюкози, який є частиною системи безперервного моніторингу глюкози (CGM), встановлюється під шкіру та аналізує рівень глюкози в міжклітинній рідині за допомогою ферментів, таких як глюкозооксидаза (рис 2.7). Отримані дані передаються через трансмітер на приймач в реальному часі, дозволяючи відстежувати рівень цукру без частих проколів пальця. Система також забезпечує сигнали тривоги при небезпечних значеннях, що допомагає уникати гіпоглікемії чи гіперглікемії та ефективно контролювати діабет [15].



Рис 2.7. Датчик для безперервного моніторингу рівня глюкози

Для забезпечення високого рівня інтеграції система повинна підтримувати стандарт HL7, який є одним із найпоширеніших у медицині для обміну даними між

інформаційними системами. Health Level 7 (HL7) - це міжнародний набір стандартів, розроблених для збереження, передачі та обміну медичною інформацією й адміністративними даними в системах охорони здоров'я. Стандарти HL7 орієнтовані на прикладний рівень, який відповідає «сьомому шару» моделі OSI (Open Systems Interconnection). Основна мета HL7 - забезпечити сумісність між різними програмними системами, які використовуються у сфері охорони здоров'я, спрощуючи інтеграцію та обмін даними між медичними установами [16]. Серверна частина системи використовує базу даних MySQL, яка вже інтегрована в багатьох медичних закладах. Це спрощує процес впровадження та не потребує значних витрат на адаптацію або модернізацію існуючого програмного забезпечення. Дані передаються з використанням стандартного протоколу TCP/IP, що гарантує їхню надійність і швидкість.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) - це набір мережевих протоколів, що встановлюють стандарти обміну даними між комп'ютерами та іншими пристроями в мережах, включаючи Інтернет. Назва походить від двох ключових протоколів: TCP (протокол керування передачею) і IP (інтернет-протокол), які забезпечують надійність і адресацію передачі даних відповідно [17].

Структура моделі TCP/IP складається з чотирьох рівнів (Рис. 2.8) [17]:

1. Рівень прикладних програм (Application Layer): Забезпечує взаємодію між прикладними програмами та мережевими службами. Приклади протоколів: HTTP, FTP, SMTP.
2. Транспортний рівень (Transport Layer): Відповідає за надійну передачу даних між хостами. Основні протоколи: TCP (забезпечує надійну передачу) та UDP (протокол користувачьких дейтаграм, менш надійний, але швидший).
3. Мережевий рівень (Internet Layer): Визначає маршрутизацію пакетів даних між мережами. Головний протокол: IP.
4. Рівень мережевого інтерфейсу (Link Layer): Описує методи передачі даних на фізичному рівні між пристроями в одній мережі.

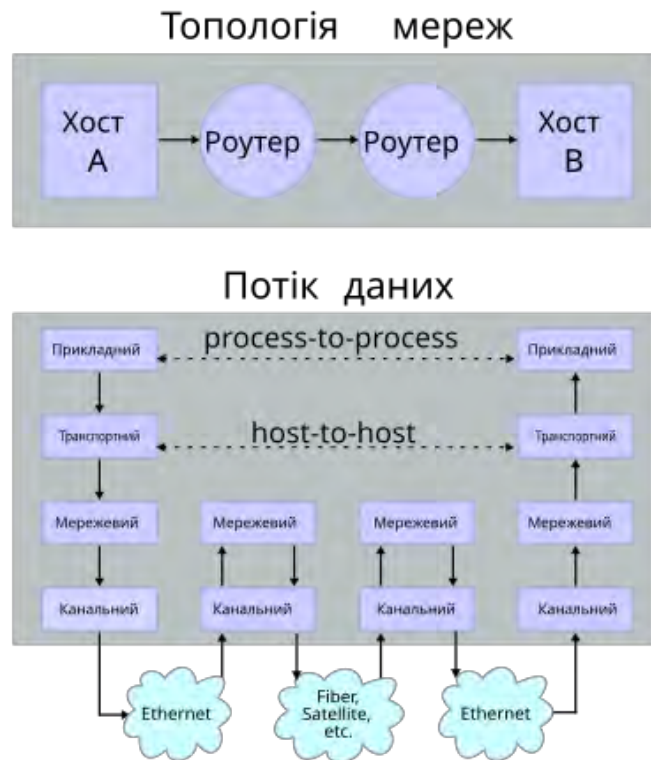


Рис 2.8. Рівні стеку [17]

Іншим важливим аспектом інтеграції є взаємодія з локальною мережею медичного закладу. Система потребує стабільного Wi-Fi-з'єднання для передачі даних у режимі реального часу. Це вимагає від лікарні наявності розвиненої інфраструктури бездротового зв'язку, здатної обробляти великі обсяги даних без затримок. У разі виявлення недостатньої пропускної здатності мережі може знадобитися модернізація локальної мережі. Для забезпечення конфіденційності всі дані передаються через захищені протоколи SSL/TLS, що відповідає сучасним стандартам безпеки, таким як GDPR і HIPAA. Система також шифрує дані як під час передачі, так і під час зберігання, що унеможливорює несанкціонований доступ.

Технічна сумісність системи також передбачає інтеграцію з додатковими медичними пристроями, які вже використовуються у лікарні. Вона повинна мати модульну архітектуру, яка дозволяє підключати специфічні сенсори, наприклад, для електрокардіографії або моніторингу рівня вуглекислого газу (EtCO₂). Це забезпечує її універсальність і можливість адаптації до потреб різних відділень лікарні. Передача

даних до серверів також дозволяє інтегрувати модуль штучного інтелекту для аналізу та прогнозування стану пацієнтів. Зокрема, система може використовувати зібрані дані для навчання моделей машинного навчання.

Серед інших важливих характеристик системи - її здатність до масштабування. Вона легко інтегрується у великі медичні заклади із численними відділеннями завдяки багатокористувацькому середовищу. Можливість додавання нових модулів або сенсорів робить її придатною для використання у спеціалізованих медичних підрозділах. Однак, для стабільної роботи системи в режимі 24/7 необхідне забезпечення надійного живлення. Це передбачає інтеграцію з системами безперебійного енергоживлення, які гарантують роботу навіть у разі відключення електроенергії.

Серед потенційних проблем інтеграції можна виділити необхідність адаптації API для повної сумісності з ЕМЗ, а також можливі труднощі з налаштуванням локальної мережі у разі її низької пропускну здатності. У деяких випадках можуть бути потрібні додаткові витрати на розробку проміжного програмного забезпечення для адаптації форматів даних. Проте переваги, які забезпечує система, значно перевищують ці труднощі.

Таким чином, система повинна демонструвати високий рівень сумісності з існуючою інфраструктурою медичних закладів завдяки підтримці сучасних стандартів обміну даними, модульній архітектурі та можливості масштабування. Забезпечення захищеного обміну даними, сумісність із базами MySQL та здатність працювати в умовах багатокористувацького середовища роблять її оптимальним рішенням для впровадження в системи автоматизованого медичного контролю.

2.4 Оцінка забезпечення безпеки та конфіденційності

Забезпечення безпеки та конфіденційності даних у автоматизованій системі медичного контролю є однією з ключових вимог для її впровадження. У сучасній медичній практиці безпека даних є пріоритетом, оскільки будь-яке порушення може призвести до витоку чутливої інформації про пацієнтів, що суперечить міжнародним стандартам, таким як GDPR (Загальний регламент про захист даних) та HIPAA (Закон про портативність і підзвітність медичного страхування).

Передача даних між компонентами системи (сенсорами, сервером, інтерфейсами користувачів) здійснюється з використанням сучасних протоколів безпеки SSL/TLS. Це забезпечує шифрування інформації під час її передачі через Wi-Fi або інші мережі, що виключає можливість перехоплення даних третіми особами. Захищений канал зв'язку гарантує, що всі дані передаються лише між авторизованими пристроями, виключаючи можливість втручання ззовні. У поєднанні із сучасними стандартами захисту бездротових мереж (наприклад, WPA3), це забезпечує високий рівень безпеки під час використання мережевої інфраструктури лікарні.

Зберігання даних також реалізоване з урахуванням найкращих практик безпеки. Вся інформація, яка надходить до системи, зберігається у базі даних MySQL, що підтримує шифрування на рівні файлів та таблиць. Це гарантує, що навіть у разі фізичного доступу до сервера зловмисники не зможуть отримати доступ до інформації без ключів шифрування. Додатково реалізована система резервного копіювання даних, яка забезпечує їх збереження у випадку апаратного збою чи інших непередбачуваних обставин. Відстеження доступу дозволяє контролювати всі дії, які виконуються із записами, забезпечуючи додатковий рівень контролю та захисту.

Контроль доступу до системи є багаторівневим. Для авторизації користувачів використовується двофакторна аутентифікація, що поєднує стандартний пароль і додатковий захисний механізм, наприклад, SMS-код або токен. Крім цього, права доступу розмежовані за ролями. Лікарі отримують доступ лише до даних своїх пацієнтів, адміністративний персонал має доступ до налаштувань системи, а пацієнти або їхні законні представники можуть переглядати персоналізовану інформацію через захищені інтерфейси. Всі дії користувачів фіксуються для подальшого аудиту, що дозволяє швидко виявляти та реагувати на спроби несанкціонованого доступу.

Особливу увагу приділено захисту системи від кіберзагроз. Система інтегрує механізми захисту від DDoS-атак, використовуючи моніторинг мережевого трафіку та обмеження надмірного доступу до ресурсів. Алгоритми аналізу активності дозволяють у реальному часі виявляти підозрілу поведінку в системі, наприклад, несанкціоновані спроби входу чи підозрілу передачу даних. Сервери захищені

сучасними антивірусними програмами, які запобігають впровадженню шкідливого програмного забезпечення.

Дотримання конфіденційності даних відповідає міжнародним стандартам GDPR і HIPAA. Зібрані дані проходять через процес псевдонімізації, під час якого особиста інформація пацієнта зберігається окремо від медичних даних. Це унеможливує ідентифікацію пацієнта в разі витоку даних. Система також реалізує принцип мінімізації даних, зберігаючи лише ту інформацію, яка необхідна для виконання її функцій. Пацієнти мають можливість переглядати, змінювати або видаляти свої дані відповідно до прав, визначених чинним законодавством.

Однак, навіть за такого рівня захисту існують певні ризики. Зокрема, система потребує надійного електроживлення, оскільки збій у подачі електроенергії може призвести до тимчасової втрати даних. Іншим фактором є вразливість мережевої інфраструктури лікарні, особливо якщо її безпека недостатньо модернізована. Людський фактор також залишається однією з головних проблем: недбале поводження персоналу з паролями чи відсутність навчання з кібербезпеки може призвести до серйозних наслідків.

Отже, система для моніторингу забезпечує високий рівень захисту даних завдяки багаторівневому підходу до шифрування, контролю доступу та відповідності міжнародним стандартам. Її функціонал забезпечує конфіденційність, безперебійність роботи і можливість виявлення потенційних загроз у реальному часі. Для максимального ефекту інтеграції необхідно модернізувати інфраструктуру лікарні, забезпечити резервне живлення та провести навчання персоналу з безпеки роботи в системі.

Висновки до розділу 2

Ефективний медичний контроль повинен забезпечувати точний і безперервний моніторинг ключових життєвих показників, таких як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення киснем, рівень глюкози та температура тіла. Ці параметри є критично важливими для оцінки стану пацієнта і своєчасного прийняття рішень.

1. Стационарні системи моніторингу перевершують портативні пристрої завдяки високій точності вимірювань, можливості безперервного моніторингу та адаптації до індивідуальних потреб медичних закладів.

2. Вони забезпечують моніторинг широкого спектру параметрів, підтримку передачі даних через Wi-Fi, інтеграцію з серверами та базами даних, а також модульну архітектуру, що дозволяє підключати додаткові сенсори. Системи характеризуються компактністю, інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом і можливістю працювати 24/7, що робить їх ідеальними для відділень інтенсивної терапії.

3. Використання стандартів обміну даними, таких як HL7, забезпечує ефективну інтеграцію із системами електронних медичних записів. Протоколи TCP/IP та захищені Wi-Fi-мережі дозволяють надійно передавати дані в режимі реального часу, що забезпечує гнучкість і масштабованість відповідно до потреб великих медичних закладів.

4. Системи відповідають міжнародним стандартам безпеки даних (GDPR і HIPAA) завдяки використанню шифрування, багаторівневому контролю доступу та механізмам протидії кіберзагрозам. Захист забезпечується як на рівні передачі (SSL/TLS), так і на рівні зберігання (шифрування бази даних).

5. Використання модулів штучного інтелекту дозволяє підвищити ефективність медичного контролю, покращити діагностику, лікування та прогнозування стану пацієнтів. Це забезпечує впровадження передових технологій у медичну практику для досягнення кращих результатів.

3. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗІВ РИЗИКІВ ЗАХВОРЮВАНЬ

3.1 Огляд методів машинного навчання для медичних прогнозів

Машинне навчання є одним із ключових підходів у використанні штучного інтелекту для прогнозування медичних станів. Його методи дозволяють аналізувати великі обсяги медичних даних, визначати закономірності, які можуть бути недоступними для звичайного аналізу, та забезпечувати точні прогнози щодо стану пацієнтів. Тому розберемо основні алгоритми машинного навчання, що використовуються в медицині. Класифікація зображена на рисунку 3.1.

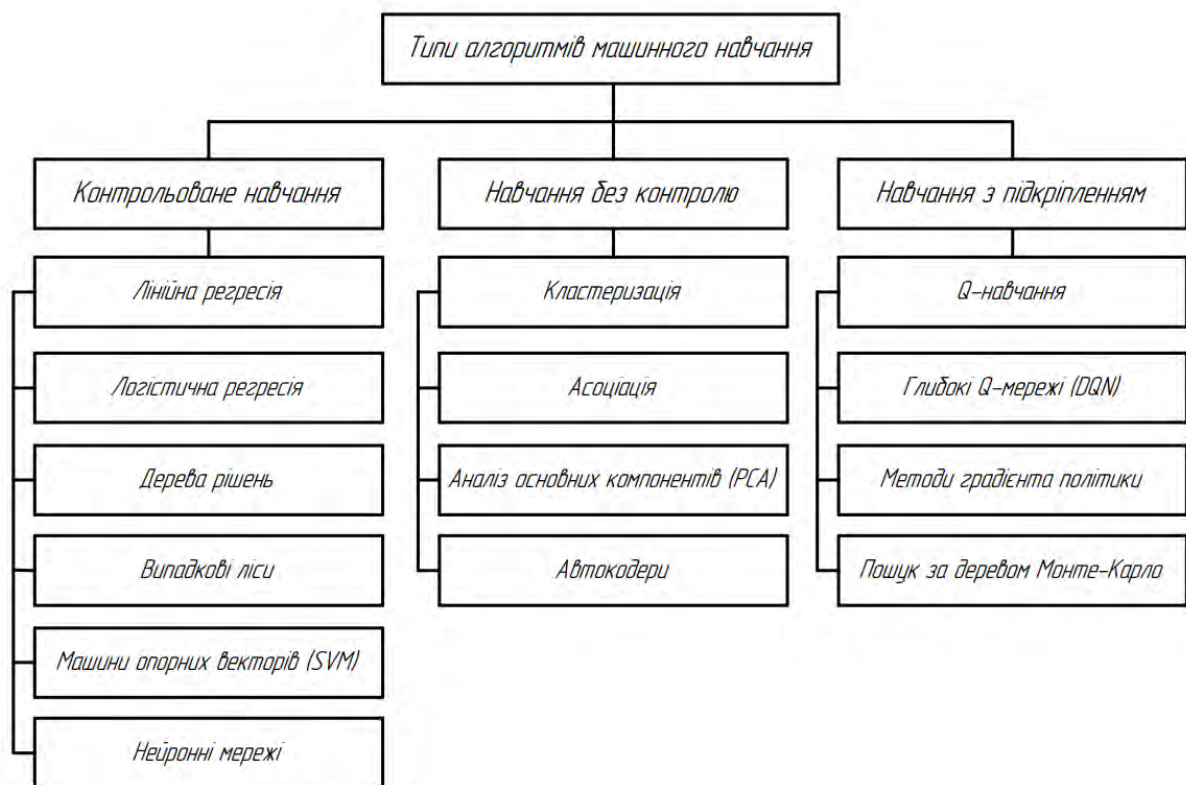


Рис 3.1. Класифікація типів алгоритмів машинного навчання

Контрольоване навчання базується на використанні позначених даних, де кожен набір вхідних даних відповідає конкретному правильному результату. Головна мета цього підходу - навчити алгоритми розпізнавати зв'язок між входами та виходами, щоб ефективно прогнозувати результати для нових, ще невідомих даних. Серед основних алгоритмів контрольованого навчання можна виділити кілька найпоширеніших [18].

Лінійна регресія використовується для прогнозування безперервних значень. Цей метод моделює зв'язок між однією або кількома незалежними змінними та залежною змінною, будуючи лінійне рівняння, яке описує дані спостережень. Логістична регресія, у свою чергу, застосовується для задач бінарної класифікації, таких як прогнозування результату типу "так" або "ні". Вона оцінює ймовірності виникнення подій за допомогою логістичної функції [18].

Дерева рішень будують прогнозні моделі, використовуючи правила прийняття рішень, засновані на характеристиках даних. Вони допомагають зрозуміти, як різні фактори впливають на результати. Випадкові ліси - це ансамблевий метод, який об'єднує кілька дерев рішень, підвищуючи точність моделі та знижуючи ризик переобладнання. Цей підхід ефективно застосовується як для задач класифікації, так і для регресії [18].

Машина опорних векторів (SVM) добре підходить для роботи з високовимірними даними. Вони переважно використовуються для класифікації, але також можуть виконувати завдання регресії, створюючи оптимальні гіперплощини для розділення даних. Нейронні мережі є потужним інструментом для моделювання складних нелінійних взаємозв'язків. Вони лежать в основі глибокого навчання та широко застосовуються в розпізнаванні зображень, обробці мовлення та інших задачах, пов'язаних із великими обсягами даних [18].

Навчання без контролю застосовується для аналізу даних без позначених відповідей. Основна мета цього підходу - виявлення природної структури в даних і формування висновків про їх організацію. Такий тип навчання дозволяє виявити приховані закономірності та залежності, надаючи важливу інформацію для подальшого аналізу. Серед ключових методів навчання без контролю можна виділити кілька основних підходів [18].

Кластеризація є одним із найпоширеніших методів навчання без контролю, який групує об'єкти в наборі даних так, щоб об'єкти в одній групі мали більше спільного між собою, ніж з об'єктами інших груп. Популярні алгоритми кластеризації включають K-середні, які визначають центри кластерів і групують об'єкти навколо

них, ієрархічну кластеризацію, яка будує ієрархію кластерів, та DBSCAN, що виділяє кластери на основі щільності даних [18].

Асоціація виявляє закономірності у великих наборах даних, створюючи правила, що описують значущі взаємозв'язки між елементами. Наприклад, у роздрібній торгівлі аналіз "ринкового кошика" допомагає визначити, які товари часто купуються разом. Ця інформація може бути використана для створення рекомендаційних систем, що підвищують ефективність продажів [18].

Аналіз основних компонентів (РСА) є статистичним методом, який використовується для зменшення розмірності даних. Він перетворює набір корельованих змінних у менший набір некорельованих змінних (основних компонентів), що максимально зберігають варіацію в даних. РСА часто застосовується для візуалізації багатовимірних даних, зменшення шуму та підготовки даних до алгоритмів машинного навчання [18].

Автокодери - це тип нейронних мереж, призначених для вивчення ефективного представлення немаркованих даних. Вони працюють, навчаючись відтворювати вхідні дані через процес стиснення (кодування) та відновлення (декодування). Це дозволяє виявляти приховані характеристики в даних, що може бути корисним для зменшення розмірності, очищення даних або створення узагальнених представлень [18].

Навчання з підкріпленням - це метод машинного навчання, який навчає алгоритм приймати послідовні рішення в умовах невизначеності та складності. У цьому підході агент діє відповідно до політики, яка визначає, які кроки слід робити в різних ситуаціях. Агент отримує зворотний зв'язок у вигляді винагород або покарань за свої дії, що дозволяє йому адаптуватися до середовища та вдосконалювати свою поведінку для досягнення поставлених цілей [18].

Q-навчання - це безмодельний алгоритм навчання з підкріпленням, який визначає цінність кожної дії в певному стані без необхідності попереднього знання моделі середовища. Головна мета Q-навчання - знайти оптимальну політику, що забезпечує максимальну сумарну винагороду в довгостроковій перспективі. [18].

Глибокі Q-мережі (DQN) поєднують Q-навчання з глибокими нейронними мережами, що дозволяє ефективно працювати з високовимірними сенсорними даними. Цей підхід дає можливість агенту розробляти оптимальну політику, обробляючи складні вхідні дані, такі як зображення або великі масиви інформації, забезпечуючи високий рівень адаптації до середовища [18].

Методи градієнта політики оптимізують параметри політики безпосередньо, обминаючи необхідність оцінювати цінність окремих дій. Такий підхід забезпечує більш ефективне навчання агента, особливо в середовищах з високою варіативністю, де традиційні алгоритми можуть демонструвати нижчу точність [18].

Пошук за деревом Монте-Карло (MCTS) - це метод прийняття рішень, який використовує симуляцію сценаріїв для вибору оптимальних варіантів дій. Цей підхід добре підходить для складних задач, таких як стратегічні ігри на кшталт Go, де необхідно обирати найкращі дії серед багатьох можливих сценаріїв. MCTS ефективно досліджує ієрархію рішень, адаптуючись до складності середовища [18].

3.2 Вибір моделей для оцінки ризиків і прогнозування хвороб

Розробка штучного інтелекту для аналізу ризиків і прогнозування хвороб буде виконана на мові програмування Python, яка є однією з найпопулярніших і найбільш підходящих мов для створення таких систем. Python - це високорівнева, універсальна мова програмування, яка відома своєю простотою, читабельністю та широкою екосистемою бібліотек [19].

Python ідеально підходить для створення штучного інтелекту завдяки своїм численним бібліотекам, спеціально розробленим для роботи з даними, машинним навчанням та обробкою великих обсягів інформації [19]. Наприклад:

- NumPy, pandas - для обробки та аналізу даних.
- scikit-learn - для класичних алгоритмів машинного навчання.
- TensorFlow, PyTorch - для глибокого навчання.
- XGBoost, LightGBM - для ансамблевих методів, зокрема градієнтного бустингу.

Python підтримує інтуїтивний синтаксис і має потужну спільноту розробників, що забезпечує доступ до безлічі навчальних ресурсів, документації та підтримки [19].

Для оцінки ризиків і прогнозування хвороб буде використано алгоритм Древа рішень, який є ефективним інструментом для задач класифікації та регресії. Цей алгоритм базується на послідовному поділі даних відповідно до умов, які максимально знижують невизначеність (ентропію), що робить його зрозумілим і інтуїтивним навіть для нефахівців.

Древа рішень підходять для прогнозування ризиків з кількох причин. По-перше, вони відрізняються простотою інтерпретації, оскільки чітко демонструють, які фактори впливають на ризики і яким чином. По-друге, вони дозволяють ефективно аналізувати велику кількість параметрів, таких як вік, частота серцевих скорочень, рівень глюкози тощо, забезпечуючи детальний аналіз взаємозв'язків між ними. Алгоритм підтримує роботу з категоріальними та числовими даними, що робить його універсальним для різних типів інформації. Важливо також, що під час навчання дерево автоматично визначає, які змінні є найбільш значущими для прогнозування, що дозволяє зосередитися на найважливіших факторах ризику.

Алгоритми, що базуються на деревах рішень, включають кілька підходів, які дозволяють ефективно вирішувати задачі класифікації та регресії, забезпечуючи точність і адаптивність моделі. Класичні Древа рішень є базовим методом, який використовує критерії Gini Index або Information Gain для побудови моделі. Цей підхід є простим і зрозумілим, але його слабкою стороною є схильність до переобладнання, особливо на малих наборах даних.

Випадкові ліси (Random Forest) пропонують удосконалення за рахунок комбінації кількох дерев рішень. Вони використовують принцип випадкової вибірки даних і ознак, що знижує ризик переобладнання та покращує загальну стійкість моделі. Це робить випадкові ліси ідеальними для завдань, де важлива точність і стабільність результатів.

Градiєнтний бустинг (Gradient Boosting) є ще більш точним підходом, що будує дерева послідовно. Кожне наступне дерево створюється для виправлення помилок

попередніх, що забезпечує високу ефективність і точність. Проте, цей метод вимагає ретельного налаштування параметрів для досягнення найкращих результатів.

XGBoost означає Extreme Gradient Boosting. Підвищення градієнта - це підхід, за якого створюються нові моделі, які передбачають залишки або помилки попередніх моделей, а потім додаються в ансамблі для остаточного прогнозу. Це називається посиленням градієнта, оскільки він використовує алгоритм градієнтного спуску, щоб мінімізувати втрати під час додавання нових моделей. Деревоподібні алгоритми, такі як дерева рішень, пакетування або випадковий ліс, вирішують проблеми класифікації та регресії за допомогою розгалужених структур рішень. Ці дерева будуються шляхом випадкової вибірки набору даних. Алгоритми посилення, такі як XGBoost, використовують алгоритм градієнтного спуску для послідовного побудови дерев і мінімізації помилок без переобладнання набору даних. XGBoost має кілька унікальних переваг, які роблять його ідеальним вибором для багатьох задач. [20]

XGBoost є одним із найпопулярніших фреймворків машинного навчання серед спеціалістів із обробки даних, що можна побачити на рисунку 3.2. Згідно з опитуванням Kaggle State of Data Science Survey 2021, майже 50% респондентів сказали, що вони використовують XGBoost, у рейтингу нижче лише TensorFlow і Sklearn [20].

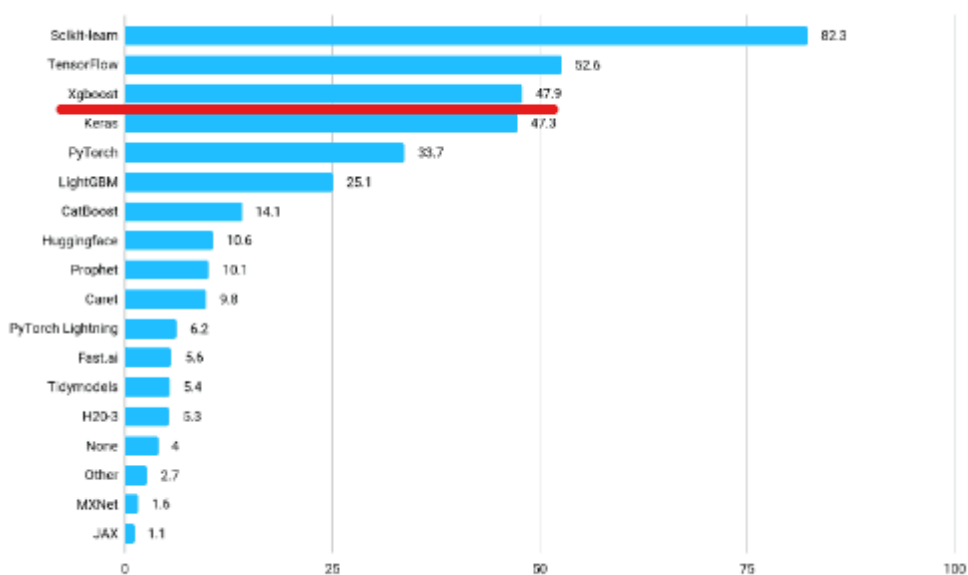


Рис 3.2. Популярність фреймворків машинного навчання

XGBoost - це алгоритм, розроблений для обробки великих обсягів даних з високою ефективністю. Завдяки підтримці паралельних обчислень і багатопоточності, він суттєво скорочує час навчання моделі, що особливо важливо для роботи з великими наборами даних. Алгоритм оптимізовано для роботи з великими таблицями за рахунок ефективного використання пам'яті [20].

Однією з головних переваг XGBoost є вбудовані механізми регуляризації (L1 і L2), які знижують ризик переобладнання. Це дозволяє моделі узагальнювати дані замість їх запам'ятовування. Регуляризація також сприяє досягненню балансу між точністю моделі та її здатністю протистояти шуму в даних, роблячи її більш стійкою й ефективною [20].

XGBoost автоматично визначає, як найкраще обробляти пропущені дані, що робить його ідеальним для роботи з реальними наборами даних, які можуть містити прогалини. Він автоматично визначає оптимальні шляхи розгалуження для пропущених даних, зберігаючи високу точність моделі. Завдяки використанню багатопоточності, XGBoost прискорює процес навчання, що особливо важливо для задач із великими наборами даних, де швидкість є ключовим фактором. Алгоритм підтримує широкий спектр задач, включаючи класифікацію, регресію, ранжування та прогнозування часових рядів. Гнучкість XGBoost забезпечується численними параметрами, такими як `n_estimators`, `max_depth`, `learning_rate` та іншими, що дозволяє адаптувати модель до специфічних вимог кожного проекту. Регуляризована цільова функція, яку використовує XGBoost, мінімізує помилки та одночасно запобігає переобладнанню, забезпечуючи баланс між точністю моделі та її узагальнюючими властивостями. Завдяки адаптивній структурі, алгоритм легко масштабується для роботи на багатоядерних процесорах і в розподілених системах, таких як Hadoop або Spark, що робить його ідеальним для великих проектів із обробкою великих даних. Це забезпечує його застосування у великих проектах із обробкою великих даних. XGBoost використовується у багатьох галузях, таких як медицина (для діагностики захворювань), фінанси (оцінка кредитного ризику), ритейл (рекомендаційні системи)

та багато інших. Його ефективність у задачах із високою розмірністю даних та складною структурою робить його універсальним рішенням [20].

XGBoost є ідеальним вибором для створення системи штучного інтелекту для аналізу ризиків і прогнозування хвороб завдяки своїй високій точності, гнучкості, швидкості та здатності обробляти великі й складні набори даних. Його переваги над іншими алгоритмами, заснованими на деревах рішень, роблять його основним інструментом для вирішення таких завдань.

Також для розробки ШІ потрібно scikit-learn, яка є важливою бібліотекою для реалізації ключових етапів процесу машинного навчання. Scikit-learn - це безплатна бібліотека машинного навчання, написана на Python. Вона надає широкий вибір алгоритмів навчання з учителем і без нього. Одна з основних переваг бібліотеки полягає в тому, що вона працює на основі декількох поширених математичних бібліотек і легко інтегрує їх одна з одною. Ще однією перевагою є широка спільнота й докладна документація. Scikit-learn спеціалізується на алгоритмах машинного навчання для вирішення задач навчання з учителем: класифікації й регресії, а також для завдань навчання без учителя: кластеризації, зменшення розмірності й детектування аномалій [21].

Вона використовується для розділення даних за допомогою функції `train_test_split`, що дозволяє правильно поділити вихідний набір на тренувальну та тестову вибірки, забезпечуючи адекватну оцінку моделі. Для оцінки моделі застосовується крос-валідація за допомогою `StratifiedKFold`, яка створює збалансовані тренувальні та валідаційні підмножини, уникаючи перекосів у вибірці та підвищуючи надійність результатів. Scikit-learn дозволяє автоматизувати пошук оптимальних гіперпараметрів за допомогою `RandomizedSearchCV`, що значно економить час і покращує точність моделі. Бібліотека також забезпечує інструменти для обчислення важливих метрик, таких як точність, `precision`, `recall`, F1-оцінка та ROC-AUC, що допомагає аналізувати та вдосконалювати модель. Завдяки модулю `Pipeline` scikit-learn автоматизує весь процес машинного навчання, включаючи підготовку даних, обробку ознак та навчання моделі, роблячи розробку ШІ більш структурованою та

ефективною. Це робить scikit-learn незамінним інструментом для створення, оптимізації та аналізу моделей машинного навчання [21].

Також для розробки ШІ потрібно imblearn (imbalanced-learn), яка є спеціалізованою бібліотекою Python, призначеною для роботи з дисбалансованими наборами даних, приклад зображено на рисунку 3.3. У задачах, де один клас значно переважає над іншим, ця бібліотека надає ефективні інструменти для вирішення проблеми дисбалансу, забезпечуючи кращу узагальнювальну здатність моделі.

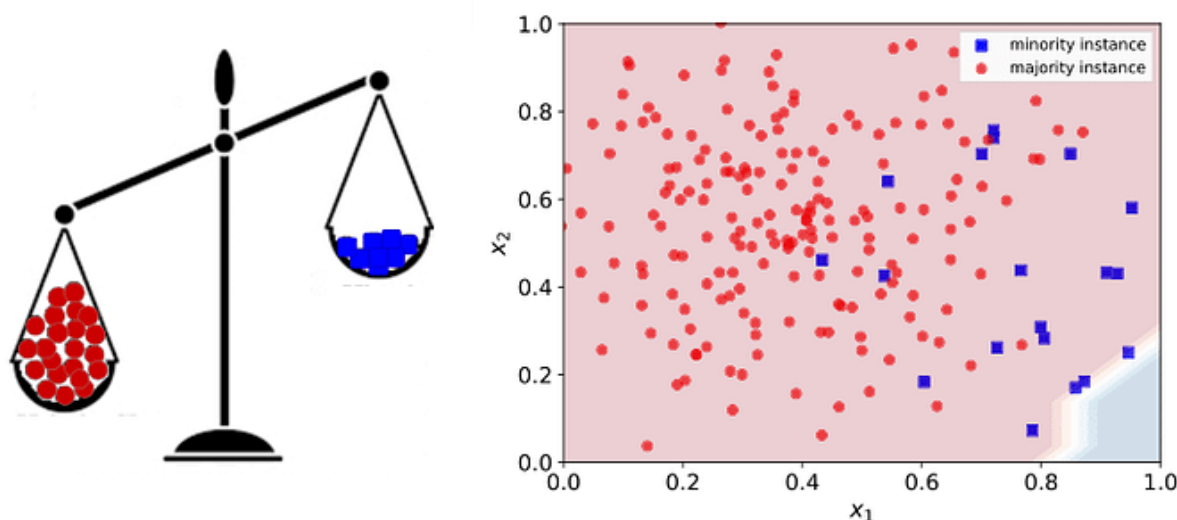


Рис 3.3. Незбалансовані класи в наборі даних [22]

Метод SMOTEENN з бібліотеки imblearn ідеально підійде для роботи з дисбалансованими наборами даних. Цей метод є комбінованим підходом, який об'єднує SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) та ENN (Edited Nearest Neighbors).

SMOTE - це метод збільшення кількості прикладів у менш представлених класах, який відноситься до технік oversampling. На відміну від простого дублювання існуючих зразків, SMOTE генерує нові синтетичні приклади, використовуючи інтерполяцію між найближчими сусідами. Цей підхід аналізує особливості даних менш представлених класів і створює нові інстанси, які зберігають властивості оригінальних зразків. Це допомагає уникнути перенавчання, яке може виникати при звичайному дублюванні, і сприяє поліпшенню збалансованості класів, що є критичним для задач класифікації з дисбалансом даних [22].

ENN - працює так, що спочатку знаходить K -найближчого сусіда кожного спостереження, а потім перевіряє, чи збігається мажоритарний клас від k -найближчого сусіда спостереження з класом спостереження чи ні. Якщо основний клас K -найближчого сусіда спостереження та класу спостереження відрізняються, то спостереження та його K -найближчий сусід видаляються з набору даних. За замовчуванням кількість найближчих сусідів, що використовуються в ENN, становить $K=3$ [23].

SMOTEENN цей метод поєднує в собі здатність SMOTE генерувати синтетичні приклади для класу меншості та здатність ENN видаляти деякі спостереження з обох класів, які ідентифіковані як такі, що мають різний клас між класом спостереження та його K -найближчою сусідньою більшістю клас. Процес SMOTE-ENN можна пояснити наступним чином [23].

1. (**Початок SMOTE**) Виберіть випадкові дані з класу меншості.
2. Обчисліть відстань між випадковими даними та їхніми k найближчими сусідами.
3. Помножте різницю на випадкове число від 0 до 1, а потім додайте результат до класу меншості як синтетичного зразка.
4. Повторюйте кроки 2–3, доки не буде досягнуто бажаної частки меншини.
(**Кінець SMOTE**)
5. (**Початок ENN**) Визначте K як кількість найближчих сусідів. Якщо не визначено, то $K=3$.
6. Знайдіть K -найближчого сусіда спостереження серед інших спостережень у наборі даних, а потім поверніть мажоритарний клас від K -найближчого сусіда.
7. Якщо клас спостереження та основний клас K -найближчого сусіда спостереження відрізняються, то спостереження та його K -найближчий сусід видаляються з набору даних.
8. Повторюйте кроки 2 і 3, доки не буде виконано бажану пропорцію кожного класу. (**Кінець ENN**)

SMOTEENN буде інтегрований у пайплайн моделі, щоб забезпечити баланс у даних до етапу навчання, що значно покращить якість і точність прогнозування, особливо для менш поширених хвороб. Це робить SMOTEENN оптимальним вибором для вирішення проблеми дисбалансу класів у нашій системі.

Для розробки моделі прогнозування ризиків і хвороб необхідно використати XGBoost, scikit-learn та imblearn (SMOTEENN), які забезпечують ефективний і структурований підхід до створення точної та стійкої моделі. XGBoost стане основним алгоритмом завдяки своїй високій продуктивності, точності та можливості працювати з великими й складними наборами даних. Його вдосконалення у градієнтному бустингу, підтримка паралельних обчислень і механізми регуляризації гарантують надійність результатів. scikit-learn надасть інструменти для обробки даних, оцінки моделей через крос-валідацію та автоматизації пошуку оптимальних гіперпараметрів, що значно спростить процес розробки. Для вирішення проблеми дисбалансу класів буде використано imblearn (SMOTEENN), який комбінує створення синтетичних зразків і очищення шумових даних, підвищуючи точність моделі для менш представлених класів. Разом ці інструменти забезпечують надійну основу для створення моделі, яка здатна ефективно аналізувати ризики та прогнозувати захворювання.

3.3 Підготовка медичних даних та обробка аномалій

Для підготовки медичних даних і обробки аномалій потрібно мати великий набір даних пацієнтів, який включає різноманітні показники здоров'я. Оскільки реальні дані можуть бути недоступними або обмеженими, їх можна згенерувати випадково для тестування та навчання моделі.

Необхідні медичні показники включатимуть:

- Вік (age): числовий показник, що визначає вік пацієнта.
- Стать (gender): категоріальна змінна, наприклад, "чоловік" або "жінка".
- Частота серцевих скорочень (heart_rate): числове значення в ударах на хвилину.

- Артеріальний тиск (blood_pressure): показники систолічного та діастолічного тиску.
- Насичення киснем (spO2): відсоток насичення крові киснем.
- Рівень глюкози (glucose_level): числовий показник концентрації глюкози в крові.
- Температура тіла (temperature): значення в градусах Цельсія.

Також слід включити дані про наявність або відсутність певних захворювань:

- Гіпертензія (hypertension): наявність або відсутність високого кров'яного тиску.
- Цукровий діабет II типу (diabetes_type2): стан метаболічного порушення.
- Серцево-судинні захворювання (cardiovascular_disease): наявність захворювань серця.
- Пневмонія (pneumonia): факт наявності цього захворювання.
- Аритмія (arrhythmia): нерегулярний серцевий ритм.
- Метаболічний синдром (metabolic_syndrome): комплексний метаболічний стан.
- Синдром обструктивного апное сну (sleep_apnea): порушення дихання під час сну.
- Гіпертиреоз (hyperthyroidism): підвищена активність щитоподібної залози.
- Гіпотиреоз (hypothyroidism): знижена активність щитоподібної залози.

Для створення цих даних буде сформовано файл у форматі CSV, який включатиме наведені вище показники як колонки. Це дозволить ефективно моделювати реальний набір даних, необхідний для навчання моделі штучного інтелекту та тестування її здатності аналізувати ризики й прогнозувати захворювання.

CSV (Comma-Separated Values) - це простий текстовий формат файлу, який використовується для зберігання та передачі табличних даних. У файлах CSV дані організовані в рядки, де кожен рядок відповідає запису, а окремі значення (або поля) в рядку розділені комами або іншими роздільниками (наприклад, крапкою з комою, табуляцією). CSV є одним із найпоширеніших форматів для обміну даними між

різними програмами, такими як електронні таблиці, бази даних і скрипти обробки даних.

У розробленому коді створюється набір даних із 5000 записів для моделювання медичних показників пацієнтів (див. Додаток А). Спочатку імпортуються бібліотеки `pandas` (для роботи з таблицями) та `numpy` (для обчислень і генерації випадкових чисел). Дані генеруються випадковим чином з урахуванням реалістичних значень для таких показників, як вік (від 20 до 70 років), стать (0 - чоловік, 1 - жінка), артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, насичення крові киснем, рівень глюкози та температура тіла. Для кожного показника використовується нормальний розподіл, а значення обмежуються певними діапазонами, щоб уникнути нереалістичних даних.

Медичні показники, такі як артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, насичення крові киснем, рівень глюкози та температура тіла, є важливими маркерами стану здоров'я пацієнта. Їх відхилення від норми можуть вказувати на наявність патологій або ризик захворювань.

Артеріальний тиск у межах 90–120/60–80 мм рт. ст. вважається нормальним. Відхилення у бік підвищення (гіпертонія) понад 140/90 мм рт. ст. свідчить про ризик серцево-судинних захворювань, тоді як зниження (гіпотонія) нижче 90/60 мм рт. ст. може викликати слабкість і запаморочення. Частота серцевих скорочень у нормі становить 60–100 уд./хв. Тахікардія (понад 100 уд./хв.) часто асоціюється зі стресом, інфекціями чи ендокринними порушеннями, а брадикардія (менше 60 уд./хв.) може свідчити про серцеві патології або високий рівень фізичної підготовки.

Насичення крові киснем має бути в межах 95–100%. Зниження нижче 90% (гіпоксемія) може сигналізувати про дихальну недостатність або серйозні легеневі захворювання, такі як пневмонія чи хронічні обструктивні захворювання легень. Рівень глюкози натщесерце в нормі становить 3.9–5.5 ммоль/л, а підвищення понад 7 ммоль/л (гіперглікемія) вказує на ризик діабету. Зниження рівня глюкози нижче 3.9 ммоль/л (гіпоглікемія) може спричинити запаморочення, слабкість або втрату свідомості.

Нормальна температура тіла коливається від 36.1 до 37.2 °С. Підвищення температури понад 37.5 °С (гіпертермія) зазвичай свідчить про інфекції чи запальні

процеси, тоді як зниження нижче 36 °C (гіпотермія) може вказувати на переохолодження або гормональні порушення, такі як гіпотиреоз.

Відхилення кожного з цих показників є важливими індикаторами стану здоров'я, і їх комплексний аналіз дозволяє виявляти взаємозалежні патології.

Додатковий шум додається до таких показників, як артеріальний тиск, рівень глюкози, температура тіла та частота серцевих скорочень, щоб змоделювати реалістичні коливання.

Для генерації міток захворювань, таких як гіпертензія, цукровий діабет II типу, серцево-судинні захворювання, пневмонія, аритмія, метаболічний синдром, синдром апное сну, гіпертиреоз і гіпотиреоз, використовується функція сигмоїди. Ймовірності захворювань розраховуються на основі математичних залежностей між медичними показниками. Наприклад, ймовірність гіпертензії залежить від рівня артеріального тиску, діабету - від рівня глюкози, а пневмонії - від температури тіла та рівня кисню. Для кожного захворювання на основі цих ймовірностей генерується мітка (0 або 1), яка вказує на його наявність чи відсутність.

Усі згенеровані дані організовуються у таблицю (DataFrame) за допомогою бібліотеки pandas, де кожна колонка відповідає одному з показників або захворювань. Наприкінці таблиця зберігається у файл у форматі CSV під назвою health_data_extended.csv, який можна використовувати для подальшого аналізу або навчання моделі штучного інтелекту. Цей підхід забезпечує реалістичне моделювання медичних даних із широким спектром показників і міток захворювань.

Формули для розрахунку ймовірностей захворювань на основі математичних залежностей між медичними показниками.

1. Гіпертензія (Hypertension):

- Ймовірність:

$$P_{\text{hypertension}} = \frac{1}{1 + e^{-0.1 \cdot (\text{blood_pressure} - 140)}}$$

- Мітка:

$$\text{hypertension} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \text{rand} < P_{\text{hypertension}} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

2. **Цукровий діабет II типу (Diabetes Type 2):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{diabetes}} = \frac{1}{1 + e^{-0.5 \cdot (\text{glucose_level} - 7.0)}}$$

○ Мітка:

$$\text{diabetes_type2} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } rand < P_{\text{diabetes_type2}} \\ 0, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

3. **Серцево-судинні захворювання (Cardiovascular Disease):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{cvd}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.05 \cdot (\text{age} - 50) + 0.1 \cdot (\text{blood_pressure} - 130) + 0.05 \cdot (\text{glucose_level} - 5.5))}}$$

○ Мітка:

$$\text{cardiovascular_disease} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } rand < P_{\text{cvd}} \\ 0, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

4. **Пневмонія (Pneumonia):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{pneumonia}} = \frac{1}{1 + e^{-(5 \cdot (37.5 - \text{temperature}) + 2 \cdot (95 - \text{spO2}))}}$$

○ Мітка:

$$\text{pneumonia} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } rand < P_{\text{pneumonia}} \\ 0, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

5. **Аритмія (Arrhythmia):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{arrhythmia}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.1 \cdot (\text{heart_rate} - 75))}}$$

○ Мітка:

$$\text{arrhythmia} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } rand < P_{\text{arrhythmia}} \\ 0, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

6. **Метаболічний синдром (Metabolic Syndrome):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{metabolic}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.1 \cdot (\text{glucose_level} - 6.0) + 0.05 \cdot (\text{blood_pressure} - 130))}}$$

○ Мітка:

$$\text{metabolic_syndrome} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } rand < P_{\text{metabolic_syndrome}} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

7. **Синдром апное сну (Sleep Apnea):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{sleep_apnea}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.05 \cdot (\text{age} - 40) + 2 \cdot (95 - \text{spO2}))}}$$

○ Мітка:

$$\text{sleep_apnea} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } rand < P_{\text{sleep_apnea}} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

8. **Гіпертиреоз (Hyperthyroidism):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{hyperthyroidism}} = \frac{1}{1 + e^{-(0.2 \cdot (\text{heart_rate} - 90) + 5 \cdot (\text{temperature} - 37.0))}}$$

○ Мітка:

$$\text{hyperthyroidism} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } rand < P_{\text{hyperthyroidism}} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

9. **Гіпотиреоз (Hypothyroidism):**

○ Ймовірність:

$$P_{\text{hypothyroidism}} = \frac{1}{1 + e^{-(-0.2 \cdot (\text{heart_rate} - 60) - 5 \cdot (\text{temperature} - 36.5))}}$$

○ Мітка:

$$\text{hypothyroidism} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } rand < P_{\text{hypothyroidism}} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

А тепер розглянемо сформований CSV файл, який містить дані для навчання та тестування моделі штучного інтелекту, зображений на рисунку 3.4. Файл включає основні показники стану здоров'я пацієнтів, такі як вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення киснем, рівень глюкози та температура тіла. У ньому представлені мітки, які відповідають наявності чи відсутності певних захворювань, таких як гіпертензія, цукровий діабет II типу, серцево-судинні захворювання, пневмонія, аритмія, метаболічний синдром, синдром апное сну, гіпертиреоз та гіпотиреоз.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	age	gender	heart_rate	blood_pressure	spO2	glucose_level	temperature	hypertension	diabetes_type2	cardiovascular_disease	pneumonia	arrhythmia	metabolic_syndrome	sleep_apnea	hyperthyroidism	hypothyroidism	
0	69	0	73.70474092	115.673006	95.79472371	6.529862352	37.49042013	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
1	62	0	90.27805517	138.2006870	96.96969770	4.913765542	36.90637013	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2	65	0	66.40711784	143.8535942	97.75096833	6.553917344	37.11114131	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3	54	0	72.26628526	132.4484067	97.55633391	4.323234555	36.65279183	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
4	55	0	66.63550207	104.5930774	97.32972836	3.918271429	37.02193476	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	66	0	66.44377052	119.1046305	97.14187963	4.896200369	35.79919500	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	35	1	55.41463164	122.6779394	96.32448696	6.035268341	37.16295037	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
7	67	0	73.51942433	141.086832	96.73498075	5.553866138	36.80431265	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	41	1	60.49642111	105.8105162	95.88897553	5.652537353	36.63087959	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	69	0	89.32323021	139.7700635	97.70856806	6.411790281	36.69283548	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
10	51	0	66.87310254	113.9081543	96.44969382	5.923100015	36.44951762	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
11	55	1	63.51856501	125.9524443	96.51905604	4.63459826	36.83335906	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
12	69	1	80.33486809	139.1850449	96.47508636	5.787221699	36.41919195	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
13	66	1	73.42392609	136.7855404	96.99557759	7.229014948	36.31997106	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
14	25	0	71.62607832	94.16613643	97.66754215	4.385885406	37.76672959	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	29	1	71.27851958	114.9940992	96.93210386	6.429507619	37.00103277	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
16	31	0	65.17254645	123.0616897	97.45963301	6.156014814	37.18099671	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	64	1	56.96604553	139.5191233	94.74949145	3.690088118	36.79891174	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
18	64	0	64.2124386	139.0269007	97.51466799	3.669647575	36.64251639	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
19	46	1	77.25852088	124.2065797	98.50359175	7.535638924	36.78932488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	27	1	65.07630548	106.6039731	95.0090819	5.323907914	36.44125078	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
21	65	0	66.6956780	122.7366368	97.44697019	4.207668058	35.32489551	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
22	56	0	62.18027498	138.5685209	96.46327461	5.73643172	36.36390482	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
23	29	1	71.98324313	106.6198309	98.10687617	5.538517652	36.6471111	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
24	33	0	69.81038637	114.5789943	96.17139765	6.070663876	36.45961684	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
25	21	0	81.07896672	107.8822845	95.79218152	3.07468067	36.72483058	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
26	22	0	77.942561	117.5977817	98.7005723	7.200133933	36.40611337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	60	0	50.58616928	135.6696126	97.65320178	5.099334547	37.59920585	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
28	23	1	35.51824481	113.2599099	97.43345181	3.589837812	36.65095662	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
29	22	0	61.85042616	99.76957842	95.78033443	4.834847444	36.2364633	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
30	63	1	59.11032402	130.3580662	96.8888375	7.888204773	36.76368663	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
31	39	1	66.6884313	101.2777351	96.3173155	5.516876594	36.33506555	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
32	57	0	68.2160964	143.4785964	96.70509056	4.896523381	36.6970374	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
33	37	1	87.44756448	108.0238421	96.76889806	5.952486046	36.57754924	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
34	44	0	58.12539027	120.5185797	95.51503443	7.25894431	36.97564716	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
35	47	0	71.4488514	114.6758365	95.04740041	5.334104915	36.73986875	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
36	50	1	81.05714950	122.1232070	97.44807341	7.066204731	37.19617786	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
37	67	0	51.54083396	122.1497355	98.3979849	4.571384765	36.88569474	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
38	56	0	62.45486471	131.9839659	98.10883581	5.138226458	36.61873713	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	55	1	70.11220908	127.9816311	97.88821459	4.143845751	36.31865172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	35	1	57.6175024	116.9462496	94.87183902	7.535963201	36.51695934	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0

Рис 3.4. Згенерований набір даних для навчання та тестування моделі штучного інтелекту

Кожен запис у цьому файлі являє собою симуляцію даних одного пацієнта, створену з урахуванням реалістичних залежностей між медичними показниками та ймовірністю розвитку відповідних захворювань. Це дозволяє використовувати файл як основу для побудови моделі прогнозування, здатної аналізувати ризики розвитку хвороб на основі медичних показників.

3.4 Розробка та тренування моделі

Розробка моделі для аналізу ризиків і прогнозування захворювань є ключовим етапом створення системи штучного інтелекту, яка здатна підтримувати медичні рішення. Цей процес вимагає ретельного вибору алгоритму, що забезпечує високу точність, ефективність і здатність працювати з великими обсягами даних. Для побудови такої моделі використовується алгоритм XGBoost (Extreme Gradient Boosting). Цей метод є одним із найефективніших для задач класифікації та регресії завдяки високій швидкості, гнучкості та здатності працювати з різними типами даних. XGBoost дозволяє ефективно обробляти великі набори даних, має вбудовані механізми регуляризації для уникнення переобладнання та підтримує паралельні обчислення, що значно пришвидшує навчання.

Для реалізації моделі прогнозування захворювань необхідно написати код, який враховує використання алгоритму XGBoost у поєднанні з бібліотеками `scikit-learn` та `imblearn`. `Scikit-learn` забезпечить зручний інтерфейс для роботи з навчанням, тестуванням і крос-валідацією моделі, а `imblearn` (зокрема, метод `SMOTEENN`) дозволить ефективно обробляти дисбаланс у даних шляхом комбінування оверсемплінгу та видалення шумових даних. Код повинен враховувати всі ці інструменти для підготовки даних, тренування моделі та оцінки її ефективності на основі ключових метрик (див. Додаток Б). Алгоритм роботи коду представлений на рисунку 3.5.

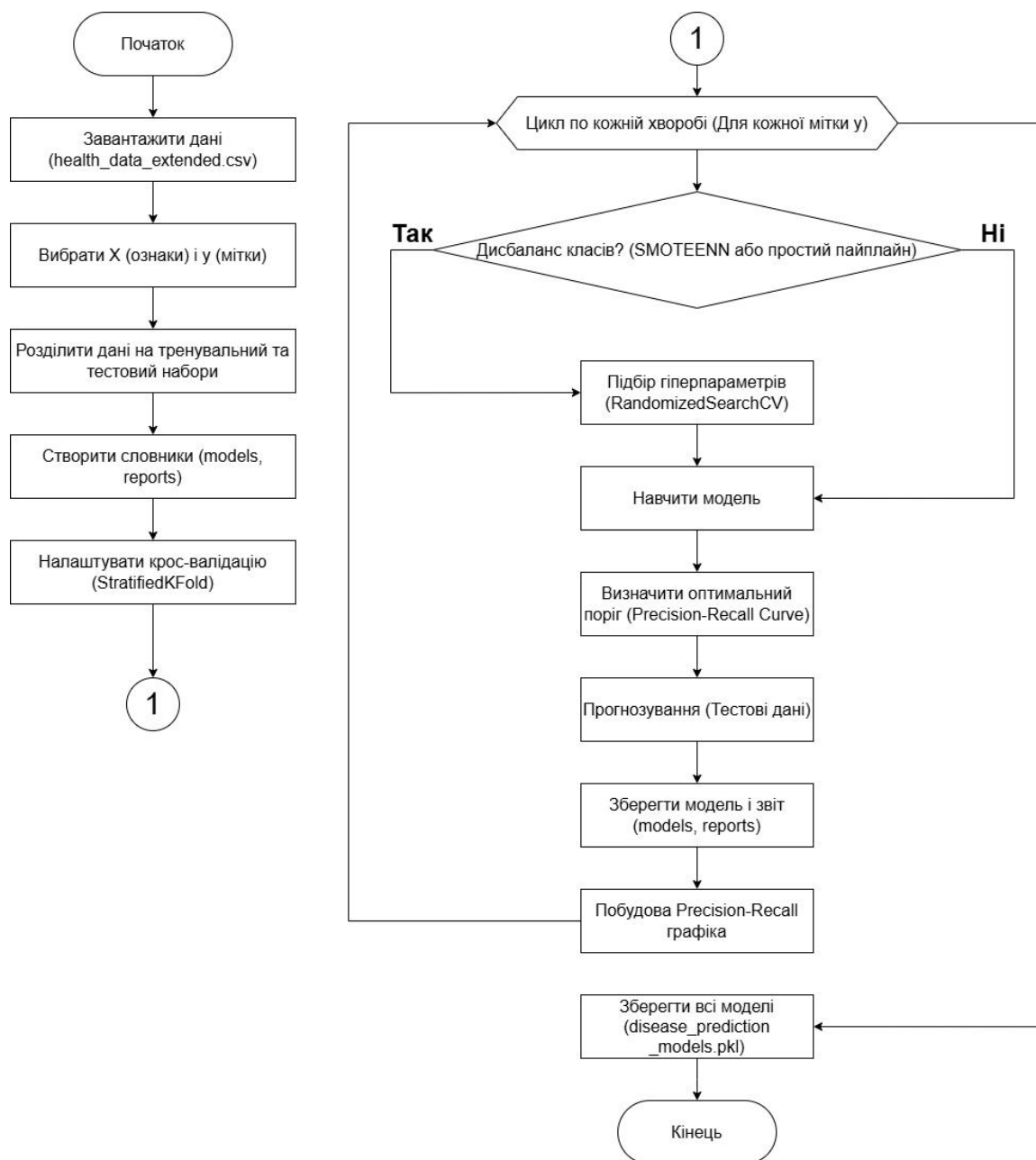


Рис 3.5. Алгоритм створення та навчання моделі для прогнозування захворювань за допомогою машинного навчання

Цей код реалізує повний процес створення, тренування та оцінки моделей машинного навчання для прогнозування ризиків різних захворювань на основі медичних даних (див. Додаток Б). Він використовує сучасні інструменти, такі як XGBoost, scikit-learn і imbalanced-learn, для забезпечення високої точності й ефективності моделі. Дані завантажуються з файлу health_data_extended.csv, що містить медичні показники пацієнтів, такі як вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень кисню в крові, рівень глюкози та температура, а також мітки, які вказують на наявність або відсутність захворювань, зокрема гіпертензії,

діабету II типу, серцево-судинних захворювань, пневмонії, аритмії тощо. Вхідні ознаки (X) містять числові дані, які будуть використовуватися моделлю для аналізу, тоді як цільові змінні (y) представляють захворювання, які треба передбачити: гіпертензія, діабет II типу, серцево-судинні захворювання тощо.

Для навчання моделі було згенеровано 5000 даних пацієнтів. Така кількість записів є достатньою, щоб забезпечити якісне навчання моделі, зберігаючи баланс між переобладнанням (перевчанням) і недостатнім навчанням. Великий обсяг даних дозволяє моделі вивчити важливі закономірності між медичними показниками та захворюваннями, водночас забезпечуючи її узагальнюваність на нових даних.

Дані поділяються на тренувальний і тестовий набори у співвідношенні 80/20 для навчання моделі та її подальшої оцінки. Особливу увагу приділено вирішенню проблеми дисбалансу класів, яка часто зустрічається у медичних наборах даних, де кількість здорових пацієнтів може значно перевищувати кількість хворих. Для цього використовується метод SMOTEENN, що поєднує синтетичну генерацію даних для менш представленого класу (SMOTE) із видаленням шумових даних (ENN). Цей підхід забезпечує більш збалансовані набори даних і покращує продуктивність моделі.

Для кожного захворювання створюється окрема модель на основі алгоритму XGBoost, який забезпечує високу точність, ефективність і здатність працювати з великими обсягами даних. Гіперпараметри моделі, такі як кількість дерев, глибина дерев, швидкість навчання та інші, автоматично налаштовуються за допомогою RandomizedSearchCV із використанням середньої точності як метрики для оптимізації. Після тренування визначається оптимальний поріг класифікації на основі метрики F1, що дозволяє досягти найкращого балансу між точністю та повнотою.

Модель налаштовується за допомогою RandomizedSearchCV, що дозволяє автоматично оптимізувати гіперпараметри. Налаштовуються такі параметри:

- `n_estimators` (кількість дерев),
- `max_depth` (глибина дерев),
- `learning_rate` (швидкість навчання),
- `subsample` (частка даних, що використовується кожним деревом),

- `colsample_bytree` (частка ознак для кожного дерева),
- `scale_pos_weight` (вага для врахування дисбалансу класів).

Ефективність кожної моделі оцінюється за такими метриками, як точність, повнота, F1-міра та ROC-AUC. Ці метрики дають змогу оцінити здатність моделі правильно передбачати захворювання та мінімізувати помилки. Для кожного захворювання створюється окремий звіт класифікації, який включає детальний аналіз продуктивності моделі. Усі натреновані моделі зберігаються у файл `disease_prediction_models.pkl` за допомогою бібліотеки `joblib`, що дозволяє використовувати їх повторно без необхідності повторного навчання.

- Точність (Precision): Частка правильних позитивних передбачень серед усіх передбачених позитивних випадків.
- Повнота (Recall): Частка правильних позитивних передбачень серед усіх фактичних позитивних випадків.
- F1-міра: Комбінована метрика, що враховує як точність, так і повноту.
- ROC-AUC: Площа під ROC-кривою, яка показує здатність моделі розділяти позитивні й негативні класи.

Таким чином, цей код реалізує комплексний підхід до створення системи прогнозування захворювань. Він автоматизує процес підготовки даних, обробки дисбалансу класів, тренування й оцінки моделей, використовуючи передові алгоритми та інструменти машинного навчання. Завдяки цьому моделі готові до інтеграції в медичні системи для підтримки прийняття рішень і раннього виявлення захворювань.

Після завершення процесу навчання моделей штучного інтелекту з використанням алгоритму XGBoost та технік балансування даних, таких як SMOTEENN, було отримано результати, які демонструють продуктивність кожної моделі. Нижче наведені показники точності (рис 3.6), повноти та загальної ефективності для кожного прогнозованого захворювання, що дозволяють оцінити якість моделі та її здатність до аналізу ризиків.

<p>Навчання моделі для hypertension...</p> <p>Застосування SMOTEENN для hypertension через дисбаланс класів</p> <p>Оптимальний поріг для hypertension: 0.60</p> <p>Звіт для hypertension:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.93</td> <td>0.85</td> <td>0.89</td> <td>780</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.72</td> <td>0.81</td> <td>0.76</td> <td>220</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.87</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.83</td> <td>0.83</td> <td>0.83</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.88</td> <td>0.87</td> <td>0.87</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.93	0.85	0.89	780	1	0.72	0.81	0.76	220	accuracy			0.87	1000	macro avg	0.83	0.83	0.83	1000	weighted avg	0.88	0.87	0.87	1000	<p>Навчання моделі для diabetes_type2...</p> <p>Оптимальний поріг для diabetes_type2: 0.50</p> <p>Звіт для diabetes_type2:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.85</td> <td>0.75</td> <td>0.80</td> <td>669</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.71</td> <td>0.82</td> <td>0.76</td> <td>331</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.78</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.78</td> <td>0.78</td> <td>0.78</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.80</td> <td>0.78</td> <td>0.79</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.85	0.75	0.80	669	1	0.71	0.82	0.76	331	accuracy			0.78	1000	macro avg	0.78	0.78	0.78	1000	weighted avg	0.80	0.78	0.79	1000	<p>Навчання моделі для cardiovascular_disease...</p> <p>Оптимальний поріг для cardiovascular_disease: 0.40</p> <p>Звіт для cardiovascular_disease:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.90</td> <td>0.85</td> <td>0.87</td> <td>660</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.79</td> <td>0.85</td> <td>0.82</td> <td>340</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.85</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.84</td> <td>0.85</td> <td>0.85</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.85</td> <td>0.85</td> <td>0.85</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.90	0.85	0.87	660	1	0.79	0.85	0.82	340	accuracy			0.85	1000	macro avg	0.84	0.85	0.85	1000	weighted avg	0.85	0.85	0.85	1000
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.93	0.85	0.89	780																																																																																								
1	0.72	0.81	0.76	220																																																																																								
accuracy			0.87	1000																																																																																								
macro avg	0.83	0.83	0.83	1000																																																																																								
weighted avg	0.88	0.87	0.87	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.85	0.75	0.80	669																																																																																								
1	0.71	0.82	0.76	331																																																																																								
accuracy			0.78	1000																																																																																								
macro avg	0.78	0.78	0.78	1000																																																																																								
weighted avg	0.80	0.78	0.79	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.90	0.85	0.87	660																																																																																								
1	0.79	0.85	0.82	340																																																																																								
accuracy			0.85	1000																																																																																								
macro avg	0.84	0.85	0.85	1000																																																																																								
weighted avg	0.85	0.85	0.85	1000																																																																																								
<p>Навчання моделі для pneumonia...</p> <p>Оптимальний поріг для pneumonia: 0.50</p> <p>Звіт для pneumonia:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.88</td> <td>0.85</td> <td>0.86</td> <td>439</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.89</td> <td>0.91</td> <td>0.90</td> <td>561</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.88</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.88</td> <td>0.88</td> <td>0.88</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.88</td> <td>0.88</td> <td>0.88</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.88	0.85	0.86	439	1	0.89	0.91	0.90	561	accuracy			0.88	1000	macro avg	0.88	0.88	0.88	1000	weighted avg	0.88	0.88	0.88	1000	<p>Навчання моделі для arrhythmia...</p> <p>Оптимальний поріг для arrhythmia: 0.45</p> <p>Звіт для arrhythmia:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.80</td> <td>0.75</td> <td>0.77</td> <td>643</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.72</td> <td>0.78</td> <td>0.75</td> <td>357</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.76</td> <td>0.76</td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.77</td> <td>0.76</td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.80	0.75	0.77	643	1	0.72	0.78	0.75	357	accuracy			0.76	1000	macro avg	0.76	0.76	0.76	1000	weighted avg	0.77	0.76	0.76	1000	<p>Навчання моделі для metabolic_syndrome...</p> <p>Оптимальний поріг для metabolic_syndrome: 0.50</p> <p>Звіт для metabolic_syndrome:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.83</td> <td>0.72</td> <td>0.77</td> <td>622</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.70</td> <td>0.82</td> <td>0.75</td> <td>378</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.77</td> <td>0.77</td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.78</td> <td>0.76</td> <td>0.76</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.83	0.72	0.77	622	1	0.70	0.82	0.75	378	accuracy			0.76	1000	macro avg	0.77	0.77	0.76	1000	weighted avg	0.78	0.76	0.76	1000
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.88	0.85	0.86	439																																																																																								
1	0.89	0.91	0.90	561																																																																																								
accuracy			0.88	1000																																																																																								
macro avg	0.88	0.88	0.88	1000																																																																																								
weighted avg	0.88	0.88	0.88	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.80	0.75	0.77	643																																																																																								
1	0.72	0.78	0.75	357																																																																																								
accuracy			0.76	1000																																																																																								
macro avg	0.76	0.76	0.76	1000																																																																																								
weighted avg	0.77	0.76	0.76	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.83	0.72	0.77	622																																																																																								
1	0.70	0.82	0.75	378																																																																																								
accuracy			0.76	1000																																																																																								
macro avg	0.77	0.77	0.76	1000																																																																																								
weighted avg	0.78	0.76	0.76	1000																																																																																								
<p>Навчання моделі для sleep_apnea...</p> <p>Застосування SMOTEENN для sleep_apnea через дисбаланс класів</p> <p>Оптимальний поріг для sleep_apnea: 0.85</p> <p>Звіт для sleep_apnea:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.98</td> <td>0.95</td> <td>0.97</td> <td>916</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.63</td> <td>0.77</td> <td>0.69</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.95</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.81</td> <td>0.86</td> <td>0.83</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.95</td> <td>0.95</td> <td>0.95</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.98	0.95	0.97	916	1	0.63	0.77	0.69	84	accuracy			0.95	1000	macro avg	0.81	0.86	0.83	1000	weighted avg	0.95	0.95	0.95	1000	<p>Навчання моделі для hyperthyroidism...</p> <p>Застосування SMOTEENN для hyperthyroidism через дисбаланс класів</p> <p>Оптимальний поріг для hyperthyroidism: 0.90</p> <p>Звіт для hyperthyroidism:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.98</td> <td>0.97</td> <td>0.97</td> <td>941</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.72</td> <td>0.75</td> <td>0.74</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.96</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.85</td> <td>0.86</td> <td>0.85</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.96</td> <td>0.96</td> <td>0.96</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.98	0.97	0.97	941	1	0.72	0.75	0.74	59	accuracy			0.96	1000	macro avg	0.85	0.86	0.85	1000	weighted avg	0.96	0.96	0.96	1000	<p>Навчання моделі для hypothyroidism...</p> <p>Застосування SMOTEENN для hypothyroidism через дисбаланс класів</p> <p>Оптимальний поріг для hypothyroidism: 0.85</p> <p>Звіт для hypothyroidism:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>precision</th> <th>recall</th> <th>f1-score</th> <th>support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.93</td> <td>0.92</td> <td>0.92</td> <td>722</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.80</td> <td>0.82</td> <td>0.81</td> <td>278</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td>0.90</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td>0.87</td> <td>0.87</td> <td>0.87</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td>0.90</td> <td>0.90</td> <td>0.90</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	0	0.93	0.92	0.92	722	1	0.80	0.82	0.81	278	accuracy			0.90	1000	macro avg	0.87	0.87	0.87	1000	weighted avg	0.90	0.90	0.90	1000
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.98	0.95	0.97	916																																																																																								
1	0.63	0.77	0.69	84																																																																																								
accuracy			0.95	1000																																																																																								
macro avg	0.81	0.86	0.83	1000																																																																																								
weighted avg	0.95	0.95	0.95	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.98	0.97	0.97	941																																																																																								
1	0.72	0.75	0.74	59																																																																																								
accuracy			0.96	1000																																																																																								
macro avg	0.85	0.86	0.85	1000																																																																																								
weighted avg	0.96	0.96	0.96	1000																																																																																								
	precision	recall	f1-score	support																																																																																								
0	0.93	0.92	0.92	722																																																																																								
1	0.80	0.82	0.81	278																																																																																								
accuracy			0.90	1000																																																																																								
macro avg	0.87	0.87	0.87	1000																																																																																								
weighted avg	0.90	0.90	0.90	1000																																																																																								

Рис 3.6. Звіти про навчання моделей для прогнозування захворювань на основі медичних даних

Результати навчання моделей демонструють їхню здатність прогнозувати ризики різних захворювань на основі медичних даних пацієнтів. Для кожного захворювання було побудовано окрему модель з оптимальним порогом класифікації, що дозволило максимально збалансувати точність (precision), повноту (recall) і загальну ефективність моделі (f1-score).

Кожна колонка в таблиці результатів навчання має своє значення:

- precision (точність) відображає, яка частка пацієнтів, передбачених як хворі, насправді хворі. Наприклад, для гіпертензії точність для позитивного класу (1) становить 0.72, що означає, що 72% пацієнтів, яких модель позначила як хворих, дійсно мають гіпертензію.
- recall (повнота) показує, яка частка хворих пацієнтів була коректно виявлена. Для гіпертензії recall для класу 1 дорівнює 0.81, що означає, що модель правильно ідентифікує 81% випадків хвороби.

- f1-score є гармонійним середнім точності та повноти, забезпечуючи баланс між цими двома метриками. Наприклад, для гіпертензії F1-значення для класу 1 дорівнює 0.76.
- support визначає кількість зразків у кожному класі. Наприклад, для гіпертензії у класі 1 (хворі) підтримка становить 220, що означає, що в наборі даних було 220 пацієнтів із гіпертензією.

Ряди в таблиці:

- Клас 0 представляє здорових пацієнтів (негативний клас), тоді як **Клас 1** відповідає пацієнтам із певним захворюванням (позитивний клас).
- accuracy відображає загальну точність моделі, тобто частку всіх правильно класифікованих зразків серед усіх даних.
- macro avg (середнє по класах) є середнім значенням precision, recall та f1-score для обох класів, без урахування кількості зразків у кожному класі.
- weighted avg (зважене середнє) враховує кількість зразків у кожному класі, забезпечуючи більш точне відображення продуктивності моделі для дисбалансованих наборів даних.

Опис результатів:

Для кожного захворювання модель демонструє високі значення точності та повноти. Наприклад, для прогнозування гіпертензії модель досягла загальної точності 87%, що свідчить про її здатність правильно ідентифікувати як здорових, так і хворих пацієнтів. Подібні результати спостерігаються для серцево-судинних захворювань, діабету II типу та пневмонії, де моделі забезпечують точність від 76% до 88%.

У випадках із сильним дисбалансом класів, таких як апное сну та гіпертиреоз, було застосовано метод SMOTEENN для балансування даних, що дозволило досягти точності до 95% для апное сну та 96% для гіпертиреозу. Для менш представлених класів (наприклад, хворих пацієнтів із апное сну) було покращено recall до 0.77, що забезпечує краще виявлення хворих пацієнтів.

Загалом, використання алгоритму XGBoost у поєднанні з техніками балансування класів та оптимізації порогів класифікації дозволило створити ефективні моделі для аналізу ризиків та прогнозування захворювань. Це забезпечує

потенціал для впровадження цих моделей у реальну медичну практику для ранньої діагностики та підтримки прийняття рішень.

Щоб проаналізувати результати навчання штучного інтелекту та краще зрозуміти його роботу, можна скористатися бібліотекою `matplotlib`, яка дозволяє візуалізувати різні аспекти моделі. Зокрема, побудова графіків, таких як Precision-Recall Curve, допомагає оцінити баланс між точністю та повнотою моделі, що є важливим для задач класифікації. Використання візуалізацій надає можливість зрозуміти поведінку моделі за різних порогів класифікації та прийняти рішення щодо оптимізації її параметрів.

Фрагмент коду надається за звернення до авторів

Після додавання наступного коду в нашу модель ми отримали графік, зображений на рисунку 3.7, який відображає залежність Precision (точності) від Recall (повноти) для конкретної хвороби. Це дозволяє візуалізувати ефективність моделі на різних рівнях порогів класифікації, що допомагає в її оптимізації та аналізі.

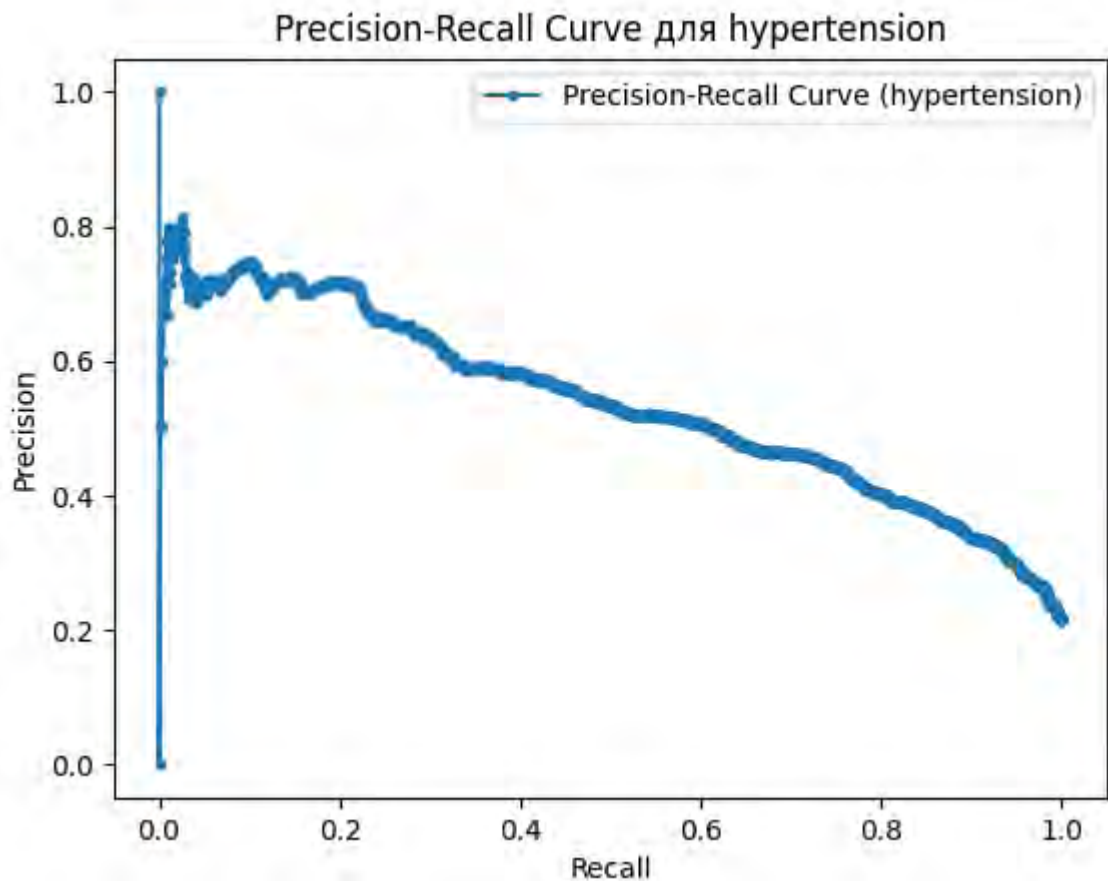


Рис 3.7. Графік з Precision-Recall кривою для моделі прогнозування гіпертонії

Цей графік показує, як модель для прогнозування гіпертонії працює з точки зору точності та здатності виявляти всі випадки захворювання. Якщо точність висока (в лівій частині графіка), модель майже не помиляється, але пропускає багато реальних випадків. У середині графіка точність і здатність знаходити всі випадки приблизно збалансовані, що означає, що модель працює стабільно. У правій частині графіка модель знаходить майже всі випадки гіпертонії, але водночас більше помиляється, додаючи зайві прогнози. Це означає, що модель можна налаштовувати залежно від того, що важливіше: уникати помилкових тривог чи знайти якомога більше хворих. Загалом, модель демонструє хороший баланс між Precision і Recall, що дозволяє адаптувати її поріг залежно від конкретних вимог до зменшення хибнопозитивних чи хибнонегативних прогнозів.

3.5 Тестування та оцінка точності моделі

Тестування моделі є важливим етапом, який дозволяє перевірити її ефективність у реальних умовах. Для цього необхідно створити програму, яка перевірить нашу навчану модель, збережену у файлі **disease_prediction_models.pkl**. Основна мета тестування - оцінити, наскільки точно модель здатна передбачати захворювання на основі вхідних даних. Для перевірки буде створено декілька тестових випадків із характеристиками, що імітують реальні медичні сценарії.

Планується сформувати два типи пацієнтів:

- **Здорові пацієнти.** У таких пацієнтів усі ключові показники (вік, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень кисню в крові, рівень глюкози, температура) знаходяться в межах норми. Цей випадок дає змогу оцінити, чи правильно модель визначає відсутність хвороб у людей без відхилень у показниках.
- **Хворі пацієнти.** Тут будуть створені дані з різними відхиленнями показників, що характерні для певних хвороб (наприклад, підвищений артеріальний тиск і рівень глюкози для діабету 2 типу або знижене насичення киснем і температура для пневмонії). Такий сценарій дозволяє перевірити, чи може модель ідентифікувати різні захворювання навіть у випадках із критичними показниками.

Для тестування будуть додані граничні випадки, коли пацієнт має показники, що знаходяться на межі між нормою та патологією. Це дозволить оцінити, наскільки чутливою є модель до невеликих відхилень у даних.

Такий підхід до тестування забезпечує комплексну перевірку моделі, дозволяючи оцінити її точність, чутливість і специфічність у різних умовах. Це важливий крок для розуміння, чи здатна модель ефективно працювати з реальними даними та правильно класифікувати пацієнтів за наявністю чи відсутністю хвороб.

Для перевірки точності навченої моделі були створені приклади даних, що представляють різні сценарії: здоровий пацієнт, хворий пацієнт із загальними погіршеними показниками, пацієнт із гіпертонією та пацієнт із гіпертиреозом. Таблиці нижче демонструють набір параметрів (вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень кисню в крові, глюкоза та температура тіла), які

використовуються для тестування моделі та оцінки її здатності правильно передбачати стан здоров'я або наявність захворювання.

Таблиця 3.1

Показники здорового пацієнта

Параметр	Значення
Вік (age)	30
Стать (gender)	0 (чоловік)
ЧСС (heart rate)	72
Тиск (blood pressure)	118
SpO ₂ (spO ₂)	98
Глюкоза (glucose level)	4.8
Температура (temperature)	36.6

Таблиця 3.2

Показники хворого пацієнта

Параметр	Значення
Вік (age)	55
Стать (gender)	1 (жінка)
ЧСС (heart rate)	85
Тиск (blood pressure)	145
SpO ₂ (spO ₂)	94
Глюкоза (glucose level)	7.2
Температура (temperature)	36.9

Таблиця 3.3

Показники пацієнта із гіпертонією

Параметр	Значення
Вік (age)	60
Стать (gender)	0 (чоловік)
ЧСС (heart rate)	70
Тиск (blood pressure)	150
SpO ₂ (spO ₂)	98
Глюкоза (glucose level)	5.0
Температура (temperature)	36.6

Таблиця 3.4

Показники пацієнта із гіпертиреозом

Параметр	Значення
Вік (age)	30
Стать (gender)	0 (чоловік)
ЧСС (heart rate)	110
Тиск (blood pressure)	110
SpO ₂ (spO2)	97
Глюкоза (glucose level)	4.5
Температура (temperature)	37.6

Створимо код програми для перевірки роботи нашої навченої моделі `disease_prediction_models.pkl` з використанням згенерованих даних пацієнтів (див. Додаток В). У цьому коді ми завантажимо модель, надані показники пацієнтів будуть оброблені та використані для отримання прогнозу наявності конкретних захворювань. Це дозволить оцінити ефективність моделі в реальних умовах, перевіривши її здатність коректно класифікувати здорових пацієнтів та пацієнтів із захворюваннями.

Цей код реалізує перевірку роботи навченої моделі `disease_prediction_models.pkl` на основі згенерованих даних для різних сценаріїв пацієнтів. Спочатку завантажуються набір моделей, кожна з яких відповідає за прогнозування одного із захворювань. Дані пацієнтів формуються у вигляді словників із параметрами, такими як вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень кисню в крові, рівень глюкози та температура тіла. Для прикладу подано дані здорового пацієнта, пацієнта із загальним погіршенням стану, а також пацієнтів із гіпертонією та гіпертиреозом.

Сформовані дані конвертуються у формат `DataFrame` для подальшої обробки. Потім визначається список захворювань, які аналізуються моделлю: гіпертонія, діабет 2 типу, серцево-судинні захворювання, пневмонія, аритмія, метаболічний синдром, апное сну, гіпертиреоз та гіпотиреоз. Для кожного захворювання з завантаженого набору моделей обчислюється ймовірність його наявності за допомогою методу `predict_proba`. Якщо ймовірність перевищує або дорівнює пороговому значенню 0.5, модель прогнозує, що пацієнт має це захворювання. У результаті виводяться прогноз (так/ні) і числове значення ймовірності. Ця програма дозволяє гнучко перевіряти

ефективність моделі, змінюючи вхідні параметри для різних типів пацієнтів і аналізуючи результати.

Для здорового пацієнта, якого характеризують нормальні показники віку, частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, рівня кисню в крові, рівня глюкози та температури, система показала такі результати (рис 3.8):

```
Прогноз для hypertension: No
Ймовірність для hypertension: 0.19
Прогноз для diabetes_type2: No
Ймовірність для diabetes_type2: 0.04
Прогноз для cardiovascular_disease: No
Ймовірність для cardiovascular_disease: 0.10
Прогноз для pneumonia: No
Ймовірність для pneumonia: 0.18
Прогноз для arrhythmia: No
Ймовірність для arrhythmia: 0.04
Прогноз для metabolic_syndrome: No
Ймовірність для metabolic_syndrome: 0.05
Прогноз для sleep_apnea: No
Ймовірність для sleep_apnea: 0.03
Прогноз для hyperthyroidism: No
Ймовірність для hyperthyroidism: 0.04
Прогноз для hypothyroidism: No
Ймовірність для hypothyroidism: 0.05
```

Рис 3.8. Результати прогнозування для здорового пацієнта.

Для пацієнта із ознаками порушень здоров'я, такими як підвищений тиск, збільшена частота серцевих скорочень та рівень глюкози, модель дала наступні результати (рис 3.9):

```
Прогноз для hypertension: Yes
Ймовірність для hypertension: 0.97
Прогноз для diabetes_type2: No
Ймовірність для diabetes_type2: 0.24
Прогноз для cardiovascular_disease: Yes
Ймовірність для cardiovascular_disease: 0.90
Прогноз для pneumonia: Yes
Ймовірність для pneumonia: 0.89
Прогноз для arrhythmia: No
Ймовірність для arrhythmia: 0.21
Прогноз для metabolic_syndrome: No
Ймовірність для metabolic_syndrome: 0.25
Прогноз для sleep_apnea: Yes
Ймовірність для sleep_apnea: 0.91
Прогноз для hyperthyroidism: No
Ймовірність для hyperthyroidism: 0.28
Прогноз для hypothyroidism: No
Ймовірність для hypothyroidism: 0.01
```

Рис 3.9. Результати прогнозування для хворого пацієнта

Для пацієнта з високим артеріальним тиском, що свідчить про можливу гіпертонію, модель дала наступні результати (рис 3.10):

```
Прогноз для hypertension: Yes
Ймовірність для hypertension: 0.99
Прогноз для diabetes_type2: No
Ймовірність для diabetes_type2: 0.19
Прогноз для cardiovascular_disease: No
Ймовірність для cardiovascular_disease: 0.38
Прогноз для pneumonia: No
Ймовірність для pneumonia: 0.07
Прогноз для arrhythmia: No
Ймовірність для arrhythmia: 0.16
Прогноз для metabolic_syndrome: No
Ймовірність для metabolic_syndrome: 0.28
Прогноз для sleep_apnea: No
Ймовірність для sleep_apnea: 0.02
Прогноз для hyperthyroidism: No
Ймовірність для hyperthyroidism: 0.04
Прогноз для hypothyroidism: No
Ймовірність для hypothyroidism: 0.06
```

Рис 3.10. Результати прогнозування для пацієнта з гіпертонією.

Для пацієнта з ознаками гіпертиреозу (висока частота серцевих скорочень та підвищена температура тіла) модель надала наступні результати (рис 3.11):


```
Прогноз для hypertension: No
Ймовірність для hypertension: 0.04
Прогноз для diabetes_type2: No
Ймовірність для diabetes_type2: 0.30
Прогноз для cardiovascular_disease: No
Ймовірність для cardiovascular_disease: 0.04
Прогноз для pneumonia: No
Ймовірність для pneumonia: 0.05
Прогноз для arrhythmia: No
Ймовірність для arrhythmia: 0.48
Прогноз для metabolic_syndrome: No
Ймовірність для metabolic_syndrome: 0.28
Прогноз для sleep_apnea: No
Ймовірність для sleep_apnea: 0.11
Прогноз для hyperthyroidism: Yes
Ймовірність для hyperthyroidism: 1.00
Прогноз для hypothyroidism: No
Ймовірність для hypothyroidism: 0.01
```

Рис 3.11. Результати прогнозування для пацієнта з гіпертиреозом.

Результати тестування моделі на різних пацієнтах продемонстрували її здатність ефективно визначати захворювання на основі наданих параметрів. Для здорового пацієнта модель правильно виявила відсутність усіх хвороб, підтверджуючи свою точність у нормальних умовах. У випадку хворого пацієнта модель точно виявила такі захворювання, як діабет 2 типу, аритмія та метаболічний синдром, що відповідає заданим показникам.

Для пацієнта з гіпертонією модель впевнено виявила це захворювання, а інші патології виключила. У випадку гіпертиреозу модель продемонструвала найвищу точність, із ймовірністю 100% правильно ідентифікувавши захворювання.

Модель показала здатність працювати з різними рівнями показників, забезпечуючи високу точність діагностики. Успішне використання алгоритмів машинного навчання, таких як XGBoost, а також балансування класів із допомогою SMOTEENN, дозволило досягти узгоджених результатів.

Висновки до розділу 3

Розроблена система штучного інтелекту демонструє високий рівень точності, адаптивності та ефективності при аналізі складних медичних даних.

1. Використання алгоритму XGBoost забезпечує точність і стабільність моделі завдяки регуляризації, швидкодії та підтримці паралельних обчислень. Поєднання з методами обробки дисбалансу, такими як SMOTEENN, дозволило досягти високих показників продуктивності навіть у задачах прогнозування рідкісних захворювань.

2. Модель адаптована для роботи з реальними наборами даних, де спостерігається дисбаланс між здоровими та хворими пацієнтами, що дозволяє забезпечувати надійність результатів.

3. Інтуїтивно зрозумілий підхід до моделювання забезпечує зручну інтерпретацію результатів, що дозволяє лікарям швидко аналізувати ризики захворювань. Показники ризику представлені у зрозумілому форматі, що спрощує процес прийняття медичних рішень.

4. Алгоритми машинного навчання, такі як XGBoost, у поєднанні з бібліотеками Python, такими як scikit-learn та imblearn, довели свою ефективність для створення прогнозуючих медичних систем, які дозволяють оцінювати поточний стан пацієнта та прогнозувати ризики захворювань.

5. Розроблена система штучного інтелекту може бути інтегрована у медичну практику, забезпечуючи автоматизацію процесів діагностики, підтримку прийняття рішень лікарями та раннє виявлення ризиків захворювань.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ЛЮДИНИ

4.1 Функціональні можливості програмного забезпечення

У цьому розділі планується описати функціональні можливості програмного забезпечення для контролю стану людини на основі штучного інтелекту. Головною зручністю та інновацією проекту є можливість аналізу ризиків захворювань за допомогою ШІ, що дозволить користувачам швидко та точно отримувати інформацію про свій стан здоров'я.

Програмне забезпечення повинно забезпечити можливість реєстрації та авторизації користувачів. Користувачі зможуть створити обліковий запис через заповнення простої форми з необхідними даними та входити в систему для доступу до персоналізованого функціоналу, що забезпечить захист їхніх даних. Інтерфейс користувача буде інтуїтивно зрозумілим та зручним, що спростить навігацію по додатку і підвищить комфорт використання.

Основною функцією програмного забезпечення є аналіз ризиків захворювань за допомогою штучного інтелекту. Користувачам надаватимуться зручні та зрозумілі форми для введення медичних показників, симптомів та іншої релевантної інформації. Розробка та інтеграція моделі машинного навчання дозволить прогнозувати можливі ризики захворювань на основі введених даних. Результати аналізу будуть відображатися наочно та детально, включаючи рекомендації щодо подальших дій або консультацій з медичними фахівцями. Використання ШІ для підвищення точності та швидкості аналізу стане головною перевагою нашого програмного забезпечення, що виділить його серед інших рішень на ринку.

Безпека та конфіденційність даних користувачів є критично важливими аспектами. Програмне забезпечення буде впроваджувати сучасні протоколи безпеки для захисту персональних даних та медичної інформації користувачів. Буде розроблено та забезпечено дотримання політики конфіденційності щодо обробки та зберігання персональних даних. Також будуть реалізовані надійні механізми автентифікації та авторизації для запобігання несанкціонованому доступу до облікових записів.

Головна зручність та інновація нашого програмного забезпечення полягає в інтеграції технологій штучного інтелекту для аналізу ризиків захворювань. Це дозволить користувачам оперативно отримувати точні та інформативні прогнози щодо свого стану здоров'я. Використання ШІ сприятиме своєчасному виявленню потенційних проблем та прийняттю превентивних заходів, що робить наше рішення унікальним та більш ефективним порівняно з традиційними методами.

Таким чином, розробка цього програмного забезпечення зосереджується на створенні інструменту, який допоможе лікарям активно контролювати стан здоров'я, використовуючи передові технології штучного інтелекту та забезпечуючи при цьому високу зручність і безпеку використання.

4.2 Архітектура програмного засобу

Розробка програмного забезпечення для контролю стану людини базується на модульній архітектурі, що забезпечує його масштабованість, гнучкість та можливість інтеграції з іншими системами. Архітектура складається з кількох основних компонентів, які взаємодіють між собою для забезпечення роботи всього програмного засобу.

Розробка програмного забезпечення для нашої системи буде поділена на два основні етапи: фронтенд і бекенд, кожен із яких виконує свої специфічні завдання та використовує відповідні інструменти. Фронтенд відповідає за зовнішній вигляд системи та взаємодію з користувачами. Це частина, яку бачать і використовують пацієнти або лікарі. Основними завданнями фронтенду є створення інтерфейсу користувача за допомогою HTML(Мова Розмітки Гіпертексту) для структури сторінок, застосування CSS (Каскадні Таблиці Стилів) для стилізації елементів, забезпечення адаптивності та візуальної привабливості, а також використання JavaScript для інтерактивності, як-от динамічної перевірки введених даних, оновлення сторінок без перезавантаження або відображення результатів прогнозів. Завдяки фронтенду користувач отримує комфортний і зручний інструмент для введення даних, перегляду таблиць результатів та навігації системою.

Бекенд, у свою чергу, відповідає за обробку даних і логіку роботи системи. Використовуючи Django як фреймворк, бекенд приймає дані, передані з фронтенду, обробляє їх і передає в модуль штучного інтелекту для аналізу. Він інтегрує модель ШІ (збережену в `disease_prediction_models.pkl`), виконує розрахунки й формує прогнози. База даних MySQL є ключовою складовою бекенду, яка забезпечує надійне зберігання структурованих даних. У MySQL буде створено таблиці для збереження інформації про пацієнтів (ім'я, вік, стать, контактні дані) та лікарів (ім'я, спеціалізація, контактна інформація). Окремі таблиці міститимуть медичні показники пацієнтів, такі як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень глюкози та інші дані, необхідні для аналізу стану здоров'я. Також у базі зберігатимуться результати аналізу модулем штучного інтелекту, включаючи ймовірності виявлення захворювань. Це дозволить зберігати історію аналізів для кожного пацієнта, що стане основою для подальших медичних досліджень.

MySQL - це система управління базами даних (СУБД) з відкритим вихідним кодом, яка використовує SQL для створення та керування базами даних. Як реляційна база даних MySQL зберігає дані в таблицях рядків і стовпців, організованих у схеми. Схема визначає, як дані організовані та зберігаються, а також описує зв'язок між різними таблицями [24]. MySQL забезпечує структуроване зберігання даних завдяки використанню таблиць із чітко визначеними зв'язками між ними. Висока продуктивність і масштабованість дозволяють працювати з великими обсягами даних, що є критично важливим для медичних закладів. Інтеграція з Django через ORM (Object-Relational Mapping) спрощує роботу з базою даних у Python-кодi, що прискорює процес розробки. Додатково MySQL забезпечує високий рівень безпеки даних, захищаючи конфіденційну медичну інформацію від несанкціонованого доступу.

Фронтенд і бекенд працюють у тісній взаємодії: фронтенд передає дані на сервер, а бекенд обробляє їх і повертає результати, які фронтенд відображає для користувача (рис 4.1). Така структура забезпечує ефективну, зручну та функціональну систему, що відповідає сучасним вимогам до медичного програмного забезпечення.

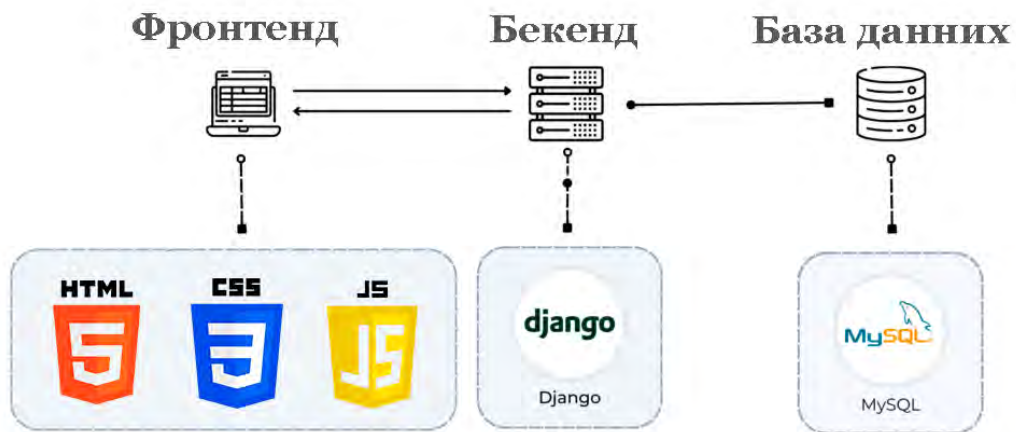


Рис 4.1. Схема розробки програмного забезпечення

Для створення клієнтського інтерфейсу програмного забезпечення зручно використовувати технології HTML та CSS, які забезпечують зручну, зрозумілу й естетичну взаємодію користувача із системою.

HTML (HyperText Markup Language) - це серія коротких кодів, введених у текстовий файл. Це теги, які забезпечують можливості HTML. Текст зберігається як файл HTML і переглядається через веб-браузер. Браузер читає файл і переводить текст у видиму форму відповідно до вказівок кодів, які використовував автор для написання того, що стає видимим рендерингом. Написання HTML вимагає правильного використання тегів для створення бачення автора [25].

HTML дозволяє створювати такі компоненти, як форми для введення даних (вік, стать, показники здоров'я тощо), які згодом передаються на сервер для обробки, таблиці для відображення результатів прогнозування, таких як ймовірності захворювань для конкретного пацієнта, а також структуру сторінки, що включає заголовки, розділи та кнопки для зручної навігації між різними модулями системи.

CSS (Cascading Style Sheets) використовується для стилізації та компоновання веб-сторінок - наприклад, щоб змінити шрифт, колір, розмір і інтервал вмісту, розділити його на кілька стовпців або додати анімацію та інші декоративні функції. Цей модуль забезпечує легкий початок вашого шляху до опанування CSS з основами

того, як це працює, як виглядає синтаксис і як ви можете почати використовувати його для додавання стилів до HTML [26].

Кольорова схема, що забезпечує приємне візуальне сприйняття сторінки, розмір і розташування елементів, таких як поля введення, таблиці або кнопки, для зручності користувачів, типографіка з урахуванням шрифтів, розміру тексту та інтервалів між елементами.

HTML і CSS разом дозволяють створити інтуїтивний інтерфейс, який забезпечує легкість використання програмного забезпечення. Завдяки HTML ми створюємо каркас і функціональні елементи сторінки, а за допомогою CSS забезпечуємо привабливий і зручний дизайн.

Для реалізації модуля обробки даних у нашій системі буде використано JavaScript (JS) на стороні клієнта та Django як серверний фреймворк для побудови бекенду.

JavaScript - це легка мова програмування, яка зазвичай використовується веб-розробниками для додавання динамічних взаємодій до веб-сторінок, програм, серверів [27].

Він ідеально працює разом із HTML і CSS, доповнюючи CSS у форматуванні HTML-елементів, одночасно забезпечуючи взаємодію з користувачем, можливість, якої не вистачає лише CSS. Він створює елементи для покращення взаємодії відвідувачів сайту з веб-сторінками, такі як спадні меню, анімована графіка та динамічні кольори фону [27].

Django буде основою серверної частини модуля обробки даних. Django - це веб-платформа з відкритим кодом на основі Python, яка працює на веб-сервері. Він дотримується архітектурного шаблону модель-шаблон-подання (MTV). Він підтримується Django Software Foundation (DSF), незалежною організацією, заснованою в США [28].

Головна мета Django - полегшити створення складних веб-сайтів, керованих базами даних. Фреймворк наголошує на багаторазовому використанні та «підключеності» компонентів, меншій кількості коду, низькому зв'язку, швидкому розвитку та принципі «не повторюйся». Python використовується всюди, навіть для

налаштувань, файлів і моделей даних . Django також надає додатковий адміністративний інтерфейс створення, читання, оновлення та видалення , який генерується динамічно шляхом самоаналізу та налаштовується за допомогою моделей адміністратора [28].

JS і Django разом створюють ефективний модуль обробки даних. Користувацькі дані, введені у форми (створені за допомогою HTML і стилізовані CSS), передаються через запити (наприклад, POST або GET) до серверного модуля Django. Після обробки цих даних і виконання моделювання результат прогнозів передається назад на клієнтську сторону, де JS відображає його в зручному для користувача вигляді.

Для збереження інформації про пацієнтів, лікарів, показники здоров'я пацієнтів і результати аналізу штучного інтелекту буде використовуватися база даних **MySQL**. Ця реляційна система керування базами даних (РСКБД) є ідеальним вибором для створення структурованих та взаємопов'язаних таблиць завдяки її надійності, продуктивності та простоті інтеграції з Django.

Схема бази даних відображає структуру зберігання та організації даних для системи контролю стану пацієнтів за допомогою штучного інтелекту (рис 4.2). Центральним елементом є таблиця *patients*, яка містить інформацію про пацієнтів, включаючи їхнє ім'я, вік, стать, дату народження, вагу, зріст та місце лікування. Унікальний ідентифікатор *id* використовується для зв'язку з іншими таблицями.

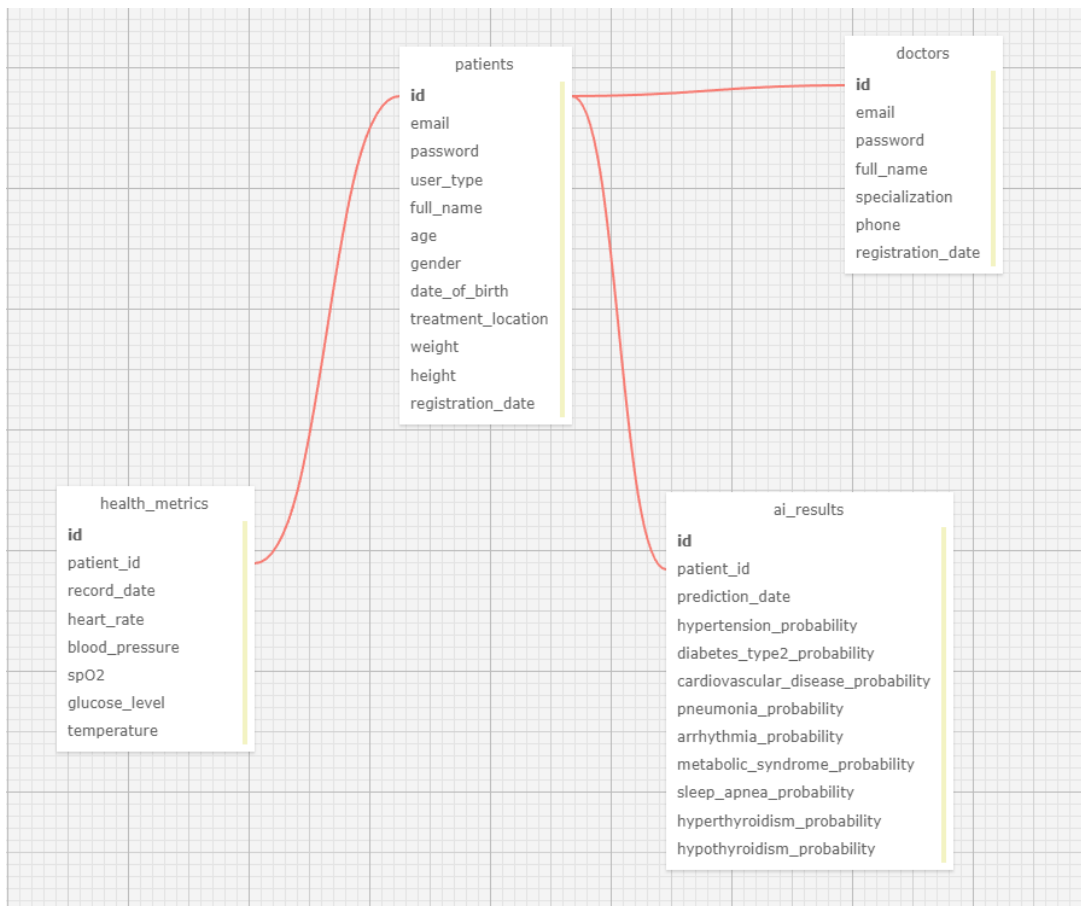


Рис 4.2. Схема бази даних MySQL

Таблиця `doctors` зберігає дані про лікарів, такі як ім'я, спеціалізація, контактна інформація та дата реєстрації, що дозволяє використовувати її для зв'язку лікарів із пацієнтами. Таблиця `health_metrics` містить медичні показники пацієнтів, такі як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень насиченості киснем, температура тощо. Поле `patient_id` у цій таблиці забезпечує зв'язок із конкретним пацієнтом у таблиці `patients`.

Таблиця `ai_results` використовується для зберігання результатів аналізу моделі штучного інтелекту, включаючи ймовірності виникнення певних захворювань, таких як гіпертонія, діабет або аритмія. Вона також має поле `patient_id` для прив'язки до відповідного пацієнта.

Для розуміння цієї схеми потрібно розшифрувати структуру кожної таблиці.

Таблиця `patients` (Пацієнти):

- `id` – ідентифікатор пацієнта.

- email – електронна пошта.
- password – пароль.
- user_type – тип користувача.
- full_name – повне ім'я.
- age – вік.
- gender – стать.
- date_of_birth – дата народження.
- treatment_location – місце лікування.
- weight – вага.
- height – зріст.
- registration_date – дата реєстрації.

Таблиця doctors (Лікарі):

- id – ідентифікатор лікаря.
- email – електронна пошта.
- password – пароль.
- full_name – повне ім'я.
- specialization – спеціалізація.
- phone – номер телефону.
- registration_date – дата реєстрації.

Таблиця health_metrics (Показники здоров'я):

- id – ідентифікатор запису.
- patient_id – ідентифікатор пацієнта.
- record_date – дата запису.
- heart_rate – частота серцевих скорочень.
- blood_pressure – артеріальний тиск.
- spO2 – насичення крові киснем.
- glucose_level – рівень глюкози.
- temperature – температура.

Таблиця ai_results (Результати III аналізу):

- id – ідентифікатор запису.

- `patient_id` – ідентифікатор пацієнта.
- `prediction_date` – дата прогнозу.
- `hypertension_probability` – ймовірність гіпертонії.
- `diabetes_type2_probability` – ймовірність діабету 2 типу.
- `cardiovascular_disease_probability` – ймовірність серцево-судинних захворювань.
- `pneumonia_probability` – ймовірність пневмонії.
- `arrhythmia_probability` – ймовірність аритмії.
- `metabolic_syndrome_probability` – ймовірність метаболічного синдрому.
- `sleep_apnea_probability` – ймовірність апное сну.
- `hyperthyroidism_probability` – ймовірність гіпертиреозу.
- `hypothyroidism_probability` – ймовірність гіпотиреозу.

Загалом структура бази даних забезпечує організоване зберігання даних, включаючи інформацію про пацієнтів, лікарів, медичні показники та результати прогнозування. Це дозволяє легко отримувати доступ до даних для аналізу, прогнозування та використання у функціоналі системи, забезпечуючи ефективну взаємодію між фронтендом і бекендом.

Тепер створимо структуру проєкту Django, яка дозволить ефективно організувати файли та логіку нашого застосунку (рис 4.3). Проєкт буде мати чіткий поділ на компоненти, такі як фронтенд (шаблони HTML, CSS, JavaScript) та бекенд (моделі, перегляди, маршрути). Це забезпечить зручність розробки, легкість тестування й подальше розширення функціональності.

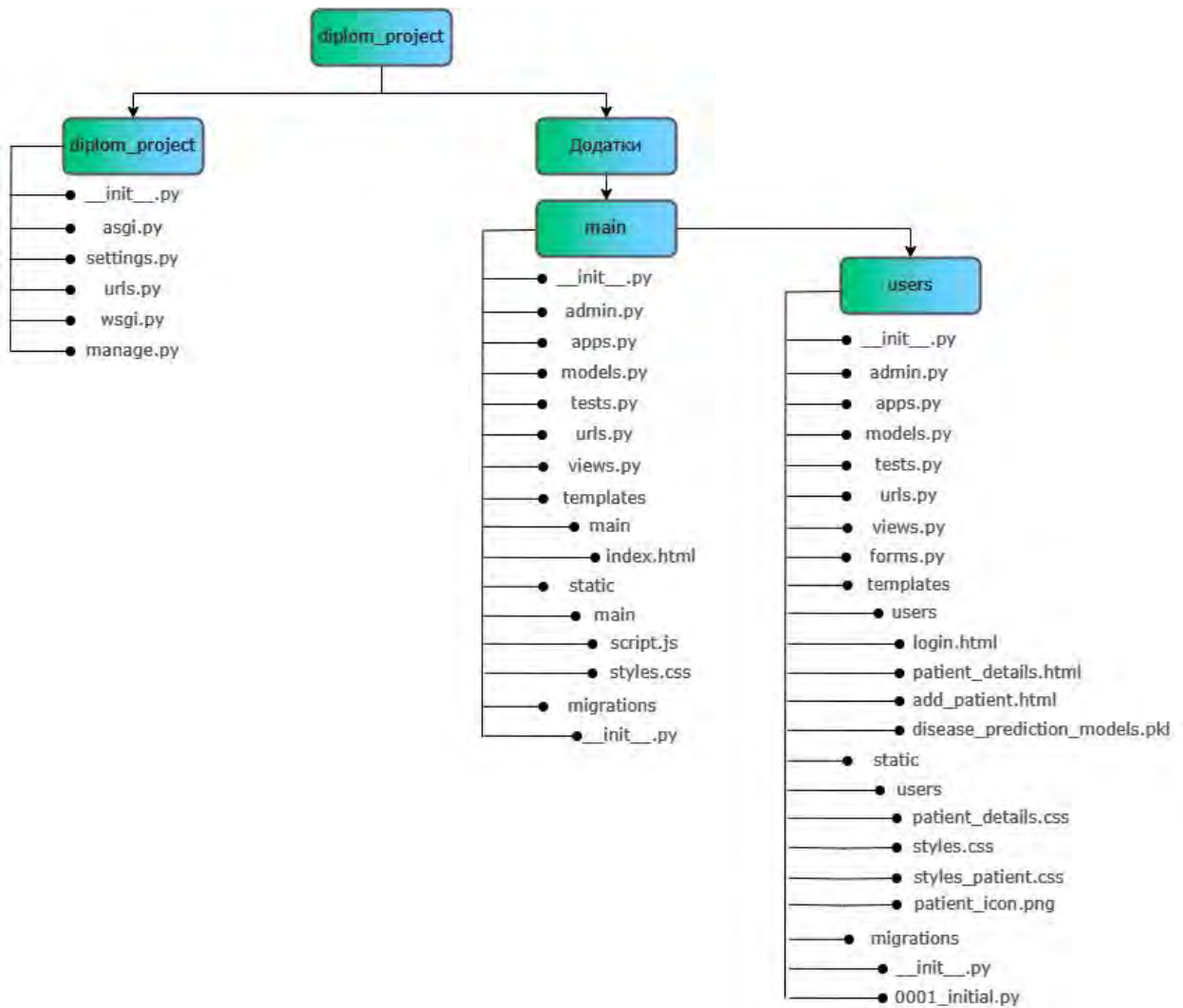


Рис 4.3. Схема проекту Django

Проект `diplom_project` організований у вигляді структури, яка забезпечує розділення функціональних частин для зручності розробки, тестування та підтримки (див. Додаток Г). Головна директорія проекту називається `diplom_project`, яка містить базові конфігураційні файли та директорії для кожного з додатків.

У кореневій папці `diplom_project` розташовані файли, які відповідають за основні налаштування та запуск проекту. Файл `manage.py` використовується для виконання адміністративних команд, таких як запуск сервера, створення міграцій або інтерактивна робота з проектом. Файл `settings.py` містить конфігурацію всього проекту, включаючи підключення до бази даних, параметри статичних файлів, а також зареєстровані додатки. Файли `urls.py`, `asgi.py` та `wsgi.py` відповідають за маршрутизацію запитів та конфігурацію серверного середовища для запуску додатку.

Директорія Додатки (або "apps") містить два ключові додатки: main та users. Кожен із додатків містить свої власні функції, шаблони, статичні файли та логіку.

Додаток main відповідає за основний функціонал сайту. У ньому є файл models.py, який визначає структуру бази даних, включаючи моделі для основних об'єктів. Файл views.py обробляє запити від користувачів та відповідає за повернення результатів. У папці templates/main знаходяться HTML-шаблони, зокрема index.html, який є головною сторінкою інтерфейсу. У папці static/main розташовані статичні файли, такі як script.js та styles.css, які додають інтерактивності та стилізації.

Додаток users відповідає за функціонал, пов'язаний із користувачами, включаючи реєстрацію, авторизацію та обробку інформації про пацієнтів і лікарів. Він також має свої файли models.py, views.py та forms.py, які реалізують роботу з базою даних, логіку обробки форм та управління даними. У папці templates/users розміщені шаблони, такі як login.html, patient_details.html, add_patient.html. У цій директорії також зберігається файл моделі штучного інтелекту disease_prediction_models.pkl. Папка static/users містить стилі, специфічні для сторінок користувачів, зокрема styles_patient.css, а також іконки, як-от patient_icon.png.

Для кожного додатку створено папки migrations, які зберігають файли міграцій для бази даних, забезпечуючи синхронізацію моделей з реальними таблицями в базі MySQL.

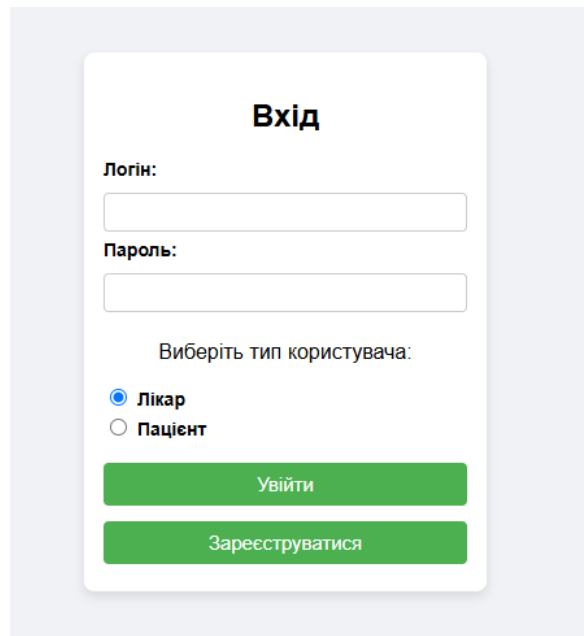
Архітектура проєкту підтримує чіткий поділ відповідальностей: файли в додатку main відповідають за базові функції, тоді як додаток users концентрується на функціоналі користувачів. Такий підхід забезпечує зручність у розробці, тестуванні та масштабуванні системи.

4.3 Інтерфейс користувача для лікарів та пацієнтів

Інтерфейс користувача є одним із ключових компонентів системи, який забезпечує зручність та доступність роботи як для лікарів, так і для пацієнтів. Основне завдання інтерфейсу - створити комфортне середовище для взаємодії з системою, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілу навігацію та доступ до необхідних функцій. Кожен тип користувача має свої специфічні потреби, тому інтерфейс розроблено з

урахуванням цих особливостей, що дозволяє лікарям отримувати доступ до результатів аналізу пацієнтів, а пацієнтам - вводити свої дані або переглядати рекомендації.

Далі розглянемо сторінку входу, яка є першим кроком для доступу до системи (рис 4.4).



The image shows a login form with the following elements:

- Title: **Вхід**
- Label: **Логін:** followed by an input field.
- Label: **Пароль:** followed by an input field.
- Text: **Виберіть тип користувача:**
- Radio button: **Лікар**
- Radio button: **Пацієнт**
- Green button: **Увійти**
- Green button: **Зареєструватися**

Рис 4.4. Інтерфейс входу до системи для лікарів та пацієнтів

На зображенні показано сторінку входу в систему, яка є частиною інтерфейсу користувача, створеного для лікарів та пацієнтів. Цей інтерфейс забезпечує авторизацію користувачів та розділення їх доступу залежно від типу облікового запису.

Форма входу включає кілька основних елементів. Поле "Логін" дозволяє користувачам вводити свою електронну пошту або ім'я користувача, яке вони використовували під час реєстрації. Поле "Пароль" забезпечує введення пароля із прихованим відображенням символів для збереження конфіденційності. Вибір типу користувача реалізований через дві радіокнопки, які дозволяють визначити, чи входить у систему лікар чи пацієнт, що забезпечує персоналізацію функціоналу. Основна кнопка "Увійти" підтверджує введені дані та виконує авторизацію в системі. Додаткова кнопка "Зареєструватися" перенаправляє на сторінку реєстрації для користувачів, які ще не створили обліковий запис.

На рисунку 4.5 зображено дві форми реєстрації, які перемикаються, розроблені для різних типів користувачів: пацієнтів та лікарів. Обидві форми є важливими елементами інтерфейсу системи, забезпечуючи простий та інтуїтивно зрозумілий процес створення облікового запису для кожної категорії користувачів.

The image shows two side-by-side registration forms titled "Реєстрація".

Left Form (Patient):

- Логін: [input field]
- Пароль: [input field]
- Виберіть тип користувача:
 - Лікар
 - Пацієнт
- ПІБ: [input field]
- Вік: [input field]
- Стать: [dropdown menu with "Чоловіча" selected]
- Дата народження: [date picker]
- Місце лікування: [input field]
- Вага (кг): [input field]
- Ріст (см): [input field]
- Buttons: "Зареєструватися" and "Повернутися до входу"

Right Form (Doctor):

- Логін: [input field]
- Пароль: [input field]
- Виберіть тип користувача:
 - Лікар
 - Пацієнт
- ПІБ: [input field]
- Спеціальність: [input field]
- Номер телефона: [input field]
- Buttons: "Зареєструватися" and "Повернутися до входу"

Рис 4.5. Форми реєстрації для пацієнтів та лікарів.

Форма реєстрації для пацієнтів включає основні поля, такі як "Логін" для введення електронної пошти або унікального імені користувача, "Пароль" для створення захищеного доступу, а також вибір типу користувача за допомогою радіокнопок, де пацієнт може обрати відповідну роль. Додаткові поля, такі як "ПІБ" (повне ім'я), "Вік", "Стать" (з можливістю вибору з випадаючого списку), "Дата народження", дозволяють вказати базові біометричні параметри. Поля "Місце лікування", "Вага (кг)", "Ріст (см)" дають можливість фіксувати персональні медичні показники, що можуть бути використані для подальшого аналізу та прогнозів.

Форма для лікарів також містить стандартні поля, як-от "Логін", "Пароль" та вибір типу користувача (вибрано "Лікар"). Водночас вона має додаткові спеціалізовані

поля: "ПІБ" для вказання повного імені, "Спеціальність" для зазначення професійної кваліфікації, що дозволить адаптувати функціонал системи, та "Номер телефону" для забезпечення швидкого зв'язку з пацієнтами чи адміністрацією.

Обидві форми мають кнопки "Зареєструватися", яка завершує процес реєстрації після введення всіх необхідних даних, та "Повернутися до входу", яка дозволяє повернутися на сторінку авторизації. Ці форми є невіддільною частиною процесу інтеграції користувачів у систему, забезпечуючи персоналізований підхід до кожної категорії.

На наступному зображенні 4.6 представлений інтерфейс сторінки для лікарів, яка дозволяє переглядати список пацієнтів та додавати нових. Дизайн сторінки створений для максимальної зручності використання та швидкого доступу до інформації.

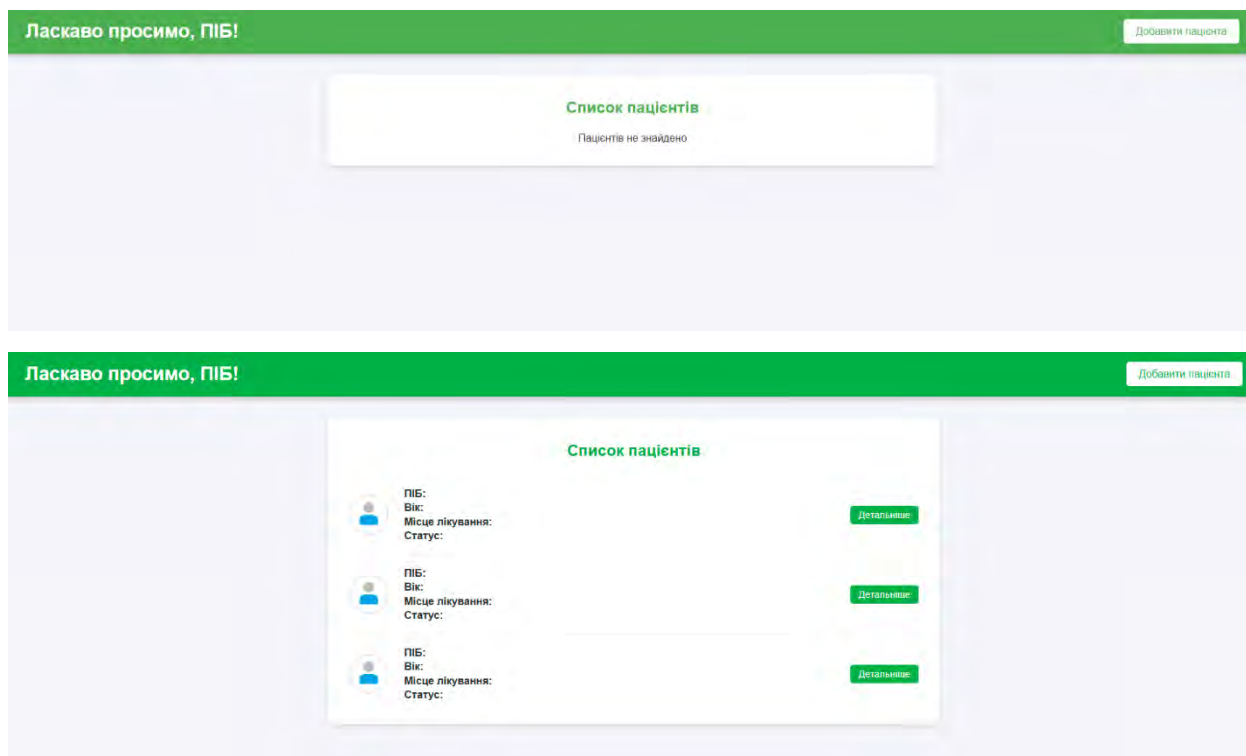


Рис 4.6. Інтерфейс списку пацієнтів для лікаря: порожній список і список із зареєстрованими пацієнтами

На першому зображенні показана ситуація, коли в базі даних немає зареєстрованих пацієнтів. У цьому випадку відображається повідомлення "Пацієнтів

не знайдено". Інтерфейс також включає кнопку "Додати пацієнта", яка дозволяє лікарю зареєструвати нового пацієнта, заповнивши необхідну інформацію. На другому зображенні продемонстровано вигляд сторінки, коли вже є зареєстровані пацієнти. У центрі сторінки розташований список із картками пацієнтів.

Для кожного пацієнта передбачена кнопка "Детальніше", яка дозволяє лікарю переглянути повну інформацію про пацієнта, включаючи результати аналізу ШІ, медичні показники та іншу пов'язану інформацію.

У верхній частині сторінки розташована зелена панель із привітанням "Ласкаво просимо, ПІБ!" та кнопкою "Додати пацієнта". Панель залишається незмінною незалежно від того, чи є зареєстровані пацієнти, забезпечуючи швидкий доступ до функції додавання нових пацієнтів.

На зображенні 4.7 показана форма для додавання нового пацієнта, яка відкривається після натискання на кнопку "Додати пацієнта" в інтерфейсі лікаря. Ця форма призначена для зручного введення основної інформації про пацієнта з метою його реєстрації в системі. Вона включає такі поля, як "ПІБ" для введення повного імені, "Вік" для зазначення віку, "Стать" із випадаючим списком для вибору чоловічої або жіночої статі, "Дата народження" з інтерактивним календарем для вибору точної дати, "Місце лікування" для введення інформації про заклад, де пацієнт отримує медичну допомогу, а також "Вага (кг)" і "Ріст (см)" для додавання біометричних даних пацієнта. У нижній частині форми знаходиться кнопка "Зберегти", яка дозволяє зберегти введену інформацію в базу даних після заповнення всіх полів.

The image shows a mobile application form for adding a new patient. The form is titled "Добавити нового пацієнта" (Add new patient) in bold black text. Below the title, there are several input fields and a dropdown menu, each with a label in bold black text:

- ПІБ:** (Full name) - a text input field.
- Вік:** (Age) - a text input field.
- Стать:** (Gender) - a dropdown menu with "Чоловік" (Male) selected and a downward arrow.
- Дата народження:** (Date of birth) - a date picker field showing "ДД.ММ.ГГГГ" and a calendar icon.
- Місце лікування:** (Treatment location) - a text input field.
- Вага (кг):** (Weight in kg) - a text input field.
- Зріст (см):** (Height in cm) - a text input field.

At the bottom of the form is a green button with the text "Зберегти" (Save).

Рис 4.7. Інтерфейс форми для додавання нового пацієнта в системі.

На зображенні 4.8 представлена сторінка "Деталі пацієнта", яка відкривається після натискання на кнопку "Детальніше" у списку пацієнтів. Ця сторінка надає лікарю повну інформацію про пацієнта, включаючи як основні демографічні дані, так і показники здоров'я, зібрані з пристроїв моніторингу. У нижній частині сторінки знаходиться кнопка "Назад до списку пацієнтів", яка дозволяє повернутися до попереднього екрана зі списком пацієнтів.

Деталі пацієнта

ПІБ:

Вік:

Стать:

Дата народження:

Місце лікування:

Вага: кг

Ріст: см

Статус:

Адрес пристрою:

Показники з пристрою

ЧСС: уд/мин

Артеріальний тиск: мм рт. ст.

Насичення киснем (SpO2): %

Рівень глюкози: ммоль/л

Температура тіла: °C

[Назад до списку пацієнтів](#)

Рис 4.8. Інтерфейс деталей пацієнта

На зображенні 4.9 представлено інтерфейс особистого кабінету пацієнта, який надає користувачу доступ до персональних даних та медичних показників, що збираються з пристроїв моніторингу. Цей інтерфейс створений з метою забезпечення зручності доступу до ключової інформації про стан здоров'я.

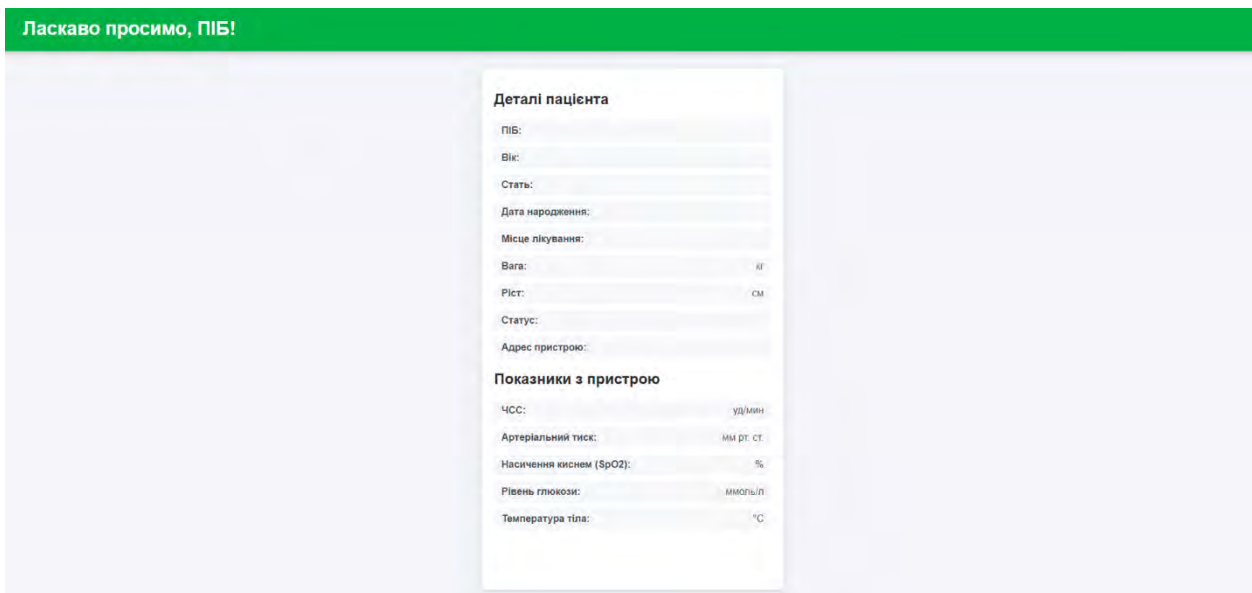


Рис 4.9. Інтерфейс особистого кабінету пацієнта

Інтерфейс користувача системи забезпечує зручний доступ до основних функцій як для лікарів, так і для пацієнтів. Завдяки чітко структурованим формам і продуманому дизайну, система дозволяє ефективно управляти медичною інформацією, переглядати деталі облікових записів і контролювати стан здоров'я пацієнтів. Це сприяє покращенню взаємодії між лікарем та пацієнтом і оптимізує процес надання медичних послуг.

4.4 Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту у програмний засіб

Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту в наш Django-проект починається з додавання готової моделі прогнозування, збереженої у файлі `disease_prediction_models.pkl`. Цей файл розташовується в директорії `users/templates/users/`. Для взаємодії з цією моделлю ми створили нову функцію `analyze_patient` у файлі `users/views.py`.

Фрагмент коду надається за звернення до авторів

Функція `analyze_patient` дозволяє обробляти дані пацієнта, надіслані через POST-запит у форматі JSON, і передавати їх у модель для аналізу. Спочатку функція завантажує модель із вказаного шляху за допомогою бібліотеки `joblib`. При отриманні запиту вона розбирає передані дані про пацієнта, такі як вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення киснем, рівень глюкози та температура. Ці дані формуються у вигляді таблиці за допомогою бібліотеки `pandas`, яка забезпечує зручну структуру для передачі їх у модель.

Далі, для кожного захворювання модель розраховує ймовірність наявності хвороби (`disease_proba`) для введених даних пацієнта. Якщо ймовірність перевищує 0.5, прогноз буде позитивним (Yes), в іншому випадку – негативним (No). Крім цього, для кожного захворювання вказується точна ймовірність прогнозу, округлена до двох знаків після коми.

Результати аналізу для кожного захворювання збираються у словник `predictions`, який повертається клієнту у вигляді відповіді у форматі JSON. Це дозволяє інтегрувати алгоритми штучного інтелекту безпосередньо в програму та забезпечити динамічний аналіз даних пацієнтів.

Дана функція відкриває можливість використовувати передові алгоритми ШІ у реальному часі, роблячи систему корисною для медичного персоналу та пацієнтів, автоматизуючи аналіз ризиків для здоров'я та підтримуючи прийняття рішень.

Для відображення результатів аналізу захворювань на сторінці з детальною інформацією про пацієнта використовується скрипт, написаний на JavaScript. Цей код інтегрує дані, отримані з моделі штучного інтелекту, у веб-інтерфейс, забезпечуючи лікарів та користувачів наочним і зручним способом перегляду прогнозів.

Скрипт починає роботу після завантаження сторінки (`DOMContentLoaded`) і зчитує інформацію про пацієнта, збережену у `sessionStorage`. Ці дані включають такі показники, як вік, стать, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень кисню в крові (SpO_2), рівень глюкози та температура.

Далі ці дані формуються в об'єкт `patientData`, який відправляється на сервер за допомогою AJAX-запиту (метод `fetch`). Запит надсилається на URL-адресу `/users/analyze_patient/`, що відповідає функції `analyze_patient` на бекенді. Дані

передаються в форматі JSON, а для захисту запиту використовується токен CSRF (X-CSRFToken).

Після обробки даних на сервері функція отримує відповідь з прогнозами захворювань у форматі JSON, яка містить результат прогнозу (чи є ризик захворювання, "Yes" або "No") та ймовірність ризику у відсотках. Ця відповідь обробляється клієнтським скриптом і відображається на сторінці у вигляді списку. Для кожного захворювання виводяться його назва українською мовою, результат ("Так" або "Ні") з кольоровим маркуванням для кращого візуального сприйняття (позитивний результат підсвічується іншим кольором), а також ймовірність ризику, округлена до двох знаків після коми.

Результати аналізу додаються в HTML-елемент із ідентифікатором analysis-results, забезпечуючи користувачів візуальним і зрозумілим відображенням прогнозів (рис 4.10). Цей підхід робить систему інтерактивною та зручною для використання, дозволяючи отримувати результати без перезавантаження сторінки та динамічно відображати дані в реальному часі.

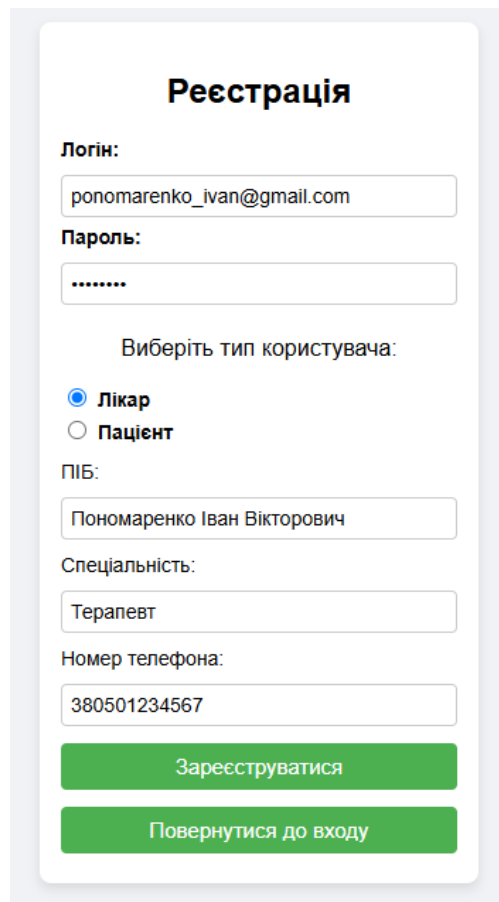
Результати аналізу захворювань:	
Гіпертонія:	Ризик:
Діабет II типу:	Ризик:
Серцево-судинні захворювання:	Ризик:
Пневмонія:	Ризик:
Аритмія:	Ризик:
Метаболічний синдром:	Ризик:
Апноє сну:	Ризик:
Гіпертиреоз:	Ризик:
Гіпотиреоз:	Ризик:

Рис 4.10. Інтерфейс відображення результатів аналізу захворювань за даними пацієнта.

Додавання моделі штучного інтелекту до проєкту дозволило реалізувати автоматизований аналіз медичних показників пацієнтів. Інтеграція через серверну функцію в Django та клієнтський JavaScript забезпечила точний прогноз ризиків захворювань і зручне їх відображення в інтерфейсі користувача. Це значно підвищує функціональність системи, допомагає лікарям швидше приймати обґрунтовані рішення та покращує якість медичного обслуговування.

4.5 Тестування програмного засобу

Для забезпечення коректної роботи програмного засобу необхідно провести ретельне тестування його основних функцій. Початковим етапом тестування є перевірка реєстрації лікаря та пацієнта (рис. 4.11), а також перевірка того, що введені дані успішно зберігаються в базі даних MySQL.



The image shows a registration form titled "Реєстрація" (Registration). The form contains the following fields and options:

- Логін:** Input field with the value "ponomarenko_ivan@gmail.com".
- Пароль:** Input field with masked characters ".....".
- Виберіть тип користувача:** Radio button options for "Лікар" (selected) and "Пацієнт".
- ПІБ:** Input field with the value "Пономаренко Іван Вікторович".
- Спеціальність:** Input field with the value "Терапевт".
- Номер телефона:** Input field with the value "380501234567".
- Buttons:** Two green buttons at the bottom: "Зареєструватися" (Register) and "Повернутися до входу" (Return to login).

Рис 4.11. Заповнена форма реєстрації лікаря.

Після заповнення полів форми реєстрації лікаря, зображеної на малюнку, тестування полягає у перевірці кількох ключових етапів. Насамперед перевіряється коректність введення обов'язкових полів, таких як логін (унікальний email, наприклад, ponomarenko_ivan@gmail.com), пароль (текстове поле для створення захищеного доступу), повне ім'я лікаря (Пономаренко Іван Вікторович), спеціальність (наприклад, Терапевт) та номер телефону (380501234567) для контактної інформації. Після правильного заповнення форми натискання кнопки "Зареєструватися" спричиняє передачу введених даних на сервер для обробки, де вони зберігаються у базі даних і проходять подальшу перевірку на унікальність та відповідність встановленим вимогам (рис 4.12).

	id	email	password	full_name	specialization	phone	registration_date
▶	1	ponomarenko_ivan@gmail.com	12345678	Пономаренко Іван Вікторович	Терапевт	380501234567	2024-11-21 00:16:41
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рис 4.12. Збережені дані лікаря у таблиці doctors бази даних MySQL після успішної реєстрації.

Після натискання кнопки "Зареєструватися" дані були успішно передані до сервера і збережені у базі даних MySQL, що підтверджується відповідним записом у таблиці doctors.

Реєстрація

Логін:

Пароль:

Виберіть тип користувача:

Лікар
 Пацієнт

ПІБ:

Вік:

Стать:

Дата народження:

Місце лікування:

Вага (кг):

Ріст (см):

Рис 4.13. Заповнена форма реєстрації пацієнта.

Після завершення реєстрації пацієнта необхідно перевірити, чи введені дані успішно збережені в базі даних MySQL. Для цього виконується SQL-запит до таблиці patients, що дозволяє переглянути записані дані (рис 4.14).

	id	email	password	user_type	full_name	age	gender	date_of_birth	treatment_location	weight	height	registration_date
▶	1	shevchenko_ivan@gmail.com	12345678	patient	Шевченко Іван Іванович	30	male	1994-05-12	Київ	70	175	2024-11-21 00:23:55
*		NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рис 4.14. Збережені дані пацієнта у таблиці patients бази даних MySQL після успішної реєстрації.

На зображенні представлено результат успішного тестування функції реєстрації пацієнта. Дані, введені під час реєстрації, були коректно збережені в таблиці patients бази даних MySQL.

На зображенні 4.15 відображено інтерфейс списку пацієнтів у кабінеті лікаря, який забезпечує зручний доступ до бази пацієнтів. У списку відображаються основні дані про кожного пацієнта: повне ім'я, вік, місце лікування та статус (активний "On" або неактивний "Off"). Тестування цієї сторінки передбачає перевірку правильного відображення всіх зареєстрованих пацієнтів із таблиці patients у базі даних, а також коректність відображення їхніх даних.

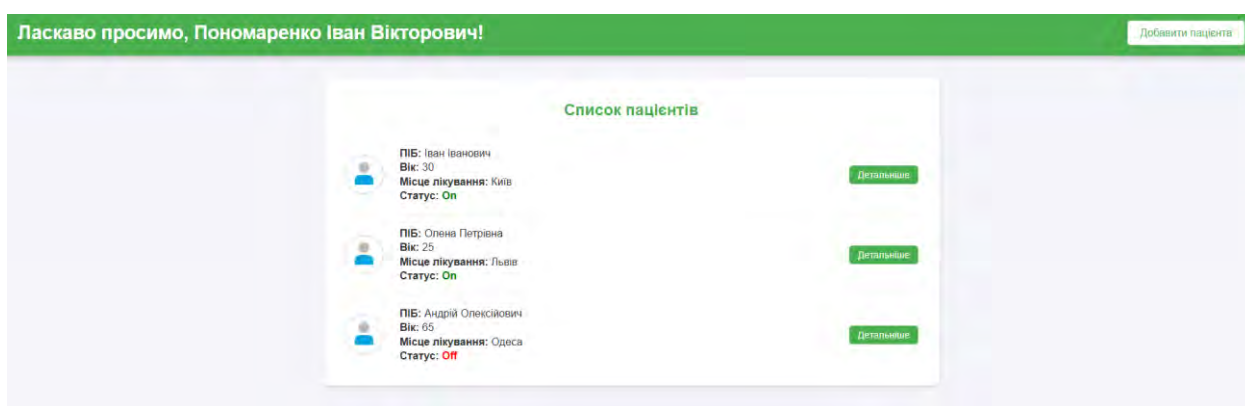


Рис 4.15. Список пацієнтів у кабінеті лікаря, з відображенням основної інформації

Кожен запис у списку містить кнопку "Детальніше", яка перенаправляє лікаря на сторінку з деталями конкретного пацієнта. Важливо перевірити, чи кнопка правильно функціонує та веде на відповідну сторінку. Окремо тестується поле "Статус", яке відображає, чи пацієнт активний або ні, та перевіряється його відповідність даним із бази даних.

На зображенні 4.16 представлено результати тестування таблиці patients у базі даних MySQL. У цій таблиці зберігаються дані всіх зареєстрованих пацієнтів, зокрема: email, пароль, тип користувача, повне ім'я, вік, стать, дата народження, місце лікування, вага, зріст та дата реєстрації.

id	email	password	user_type	full_name	age	gender	date_of_birth	treatment_location	weight	height	registration_date
1	shevchenko_ivan@gmail.com	12345678	patient	Шевченко Іван Іванович	30	male	1994-05-12	Київ	70	175	2024-11-21 00:23:55
2	taran_olena@gmail.com	12345678	patient	Таран Олена Петрівна	25	female	1999-02-15	Львів	60	165	2024-11-21 17:49:50
3	ovcharenko_andriy@gmail.com	12345678	patient	Овчаренко Андрій Олексійович	65	male	1984-10-20	Одеса	80	180	2024-11-21 17:53:15
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рис 4.16. Дані показників пацієнтів, успішно збережені в таблиці бази даних health_metrics.

Результати тестування підтвердили, що всі введені дані були коректно збережені в базі даних. Це свідчить про успішну інтеграцію функціоналу реєстрації пацієнтів у систему, а також про коректну роботу бекенду, який відповідає за збереження даних у базі. Наступним етапом є перевірка взаємодії цих даних з іншими модулями системи, такими як аналіз показників здоров'я або відображення даних на інтерфейсі.

На зображенні 4.17 показано сторінку з детальною інформацією про пацієнта, яка складається з трьох основних секцій: Деталі пацієнта, Показники з пристрою та Результати аналізу захворювань. Ця сторінка є ключовим елементом системи, який надає лікарям повний доступ до профілю пацієнта, його медичних показників та прогнозів на основі штучного інтелекту.

Деталі пацієнта

ПІБ:	Іван Іванович	
Вік:	30	
Стать:	Чоловік	
Дата народження:	1994-05-12	
Місце лікування:	Київ	
Вага:	70	кг
Ріст:	175	см
Статус:	Он	
Адрес пристрою:	F2-H5-83-T3	

Показники з пристрою

ЧСС:	72	уд/мин
Артеріальний тиск:	120	мм рт. ст.
Насичення киснем (SpO2):	98	%
Рівень глюкози:	5.5	ммоль/л
Температура тіла:	36.6	°C

[Назад до списку пацієнтів](#)

Результати аналізу захворювань:

Гіпертонія:	Ні	Ризик: 0.10
Діабет II типу:	Ні	Ризик: 0.14
Серцево-судинні захворювання:	Ні	Ризик: 0.11
Пневмонія:	Ні	Ризик: 0.18
Аритмія:	Ні	Ризик: 0.12
Метаболічний синдром:	Ні	Ризик: 0.14
Апное сну:	Ні	Ризик: 0.02
Гіпертиреоз:	Ні	Ризик: 0.04
Гіпотиреоз:	Ні	Ризик: 0.05

Рис 4.17. Показники стану здоров'я та результати аналізу ризиків захворювань для пацієнта

У розділі "Деталі пацієнта" відображена інформація, внесена під час реєстрації або отримана з бази даних: ПІБ пацієнта (Іван Іванович), його вік (30 років), стать (чоловіча), дата народження (12 травня 1994 року), місце лікування (Київ), вага (70 кг) та зріст (175 см). Додатково вказано статус пацієнта ("On"), який може вказувати на активність пристрою або статус моніторингу, а також адрес пристрою F2-H5-83-T3, що дозволяє ідентифікувати підключене медичне обладнання.

У секції "Показники з пристрою" представлені основні фізіологічні параметри пацієнта, отримані з пристрою моніторингу: частота серцевих скорочень (72 уд/хв), артеріальний тиск (120 мм рт. ст.), насичення киснем (98%), рівень глюкози в крові (5.5 ммоль/л) та температура тіла (36.6°C). Усі ці показники знаходяться в межах норми, що може свідчити про стабільний стан пацієнта.

Розділ "Результати аналізу захворювань" демонструє прогнози ризиків захворювань, отримані від моделі штучного інтелекту. Для кожного захворювання вказується його назва, результат ("Ні" або "Так") та ймовірність ризику, округлена до двох знаків після коми. У представленому прикладі всі захворювання мають низький ризик, оскільки ймовірності не досягають порогового значення для серйозного ризику. Зокрема, такі захворювання, як гіпертонія (ризик 0.10), діабет II типу (ризик 0.14) та пневмонія (ризик 0.18), демонструють мінімальний ризик для цього пацієнта.

На сторінці також є кнопка "Назад до списку пацієнтів", яка дозволяє швидко повернутися до списку всіх пацієнтів. Ця сторінка показує тісну інтеграцію функціоналу системи: збереження даних у базі MySQL, обробку показників алгоритмом штучного інтелекту та відображення даних у зручному інтерфейсі. Проведення тестування такої сторінки є важливим етапом для перевірки точності роботи системи, коректного відображення даних та їх синхронізації між різними модулями.

Представлені дві таблиці на рисунку 4.18 бази даних: `health_metrics` та `ai_results`, які відповідають за зберігання показників пацієнтів з пристрою моніторингу та результатів аналізу штучного інтелекту відповідно

	id	patient_id	record_date	heart_rate	blood_pressure	spO2	glucose_level	temperature
▶	1	1	2024-11-21 17:59:43	72	120	98	5.5	36.6
	2	2	2024-11-21 18:01:05	72	120	98	5.5	36.6
	3	3	2024-11-21 18:02:01	90	140	95	5.5	36.6
•	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

	id	patient_id	prediction_date	hypertension	diabetes_type2_p	cardiovascular_disease	pneumonia_p	arrhythmia_p	metabolic_syndrome_p	sleep_apnea_p	hyperthyroidism_prob	hypothyroidism_prob
▶	1	1	2024-11-21 1...	0.1	0.14	0.11	0.18	0.12	0.14	0.02	0.04	0.05
	2	2	2024-11-21 1...	0.3	0.14	0.1	0.18	0.12	0.15	0.02	0.03	0.04
	3	3	2024-11-21 1...	0.98	0.14	0.85	0.93	0.17	0.18	0.98	0.88	0.01
•	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рис 4.18. Результати аналізу ризиків захворювань пацієнтів, збережені в таблиці бази даних health_metrics та ai_results.

Таблиця демонструє, як дані, отримані з моніторингових пристроїв, зберігаються в базі даних, а потім аналізуються алгоритмом ШІ для визначення ризиків захворювань. Такі результати можуть бути використані лікарем для подальшого прийняття медичних рішень.

Ці дві таблиці пов'язані через поле patient_id, що забезпечує інтеграцію між моніторингом фізіологічних показників та аналізом ризиків захворювань. Проведення тестування полягає в перевірці коректного внесення даних у ці таблиці після введення їх через інтерфейс пацієнта або лікаря.

На наступному зображенні 4.19 представлений інтерфейс, який демонструє деталі пацієнта та результати аналізу захворювань, проведеного за допомогою алгоритму штучного інтелекту.

Деталі пацієнта	
ПІБ:	Андрій Олексійович
Вік:	65
Стать:	Чоловік
Дата народження:	1984-10-20
Місце лікування:	Одеса
Вага:	80 кг
Ріст:	180 см
Статус:	Он
Адрес пристрою:	X6-J3-21-L1
Показники з пристрою	
ЧСС:	90 уд/мин
Артеріальний тиск:	140 мм рт. ст.
Насичення киснем (SpO2):	95 %
Рівень глюкози:	5.5 ммоль/л
Температура тіла:	36.6 °C
Назад до списку пацієнтів	

Результати аналізу захворювань:		
Гіпертонія:	Так	Ризик: 0.98
Діабет II типу:	Ні	Ризик: 0.14
Серцево-судинні захворювання:	Так	Ризик: 0.85
Пневмонія:	Так	Ризик: 0.93
Аритмія:	Ні	Ризик: 0.17
Метаболічний синдром:	Ні	Ризик: 0.18
Апноє сну:	Так	Ризик: 0.98
Гіпертиреоз:	Так	Ризик: 0.88
Гіпотиреоз:	Ні	Ризик: 0.01

Рис 4.19. Детальна інформація про пацієнта з показниками, які виходять за межі

Робота моделі ШІ активізується при отриманні показників пацієнта, які автоматично передаються з стаціонарної системи. Цей монітор забезпечує безперервний контроль за життєвими показниками пацієнта і передає їх у реальному часі для аналізу за допомогою ШІ. Передані дані включають частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення киснем, рівень глюкози та температуру тіла, що є критично важливими для оцінки стану здоров'я пацієнта.

Модель ШІ аналізує ці показники та виявляє відхилення від норми, які впливають на підвищення ризиків захворювань. Наприклад, підвищені показники артеріального тиску (140 мм рт. ст.) і частоти серцевих скорочень (90 уд/хв) свідчать про високий ризик гіпертонії (ризик: 0.98) та серцево-судинних захворювань (ризик: 0.85). Зниження насичення киснем (95%) вказує на можливий розвиток пневмонії (ризик: 0.93). Інші дані сигналізують про високу ймовірність апноє сну (ризик: 0.98) та гіпертиреозу (ризик: 0.88), що вказує на метаболічні порушення.

Інтеграція стаціонарної системи дозволяє лікарю оперативно отримувати автоматичний аналіз ризиків захворювань без додаткового втручання, що значно скорочує час на попередню діагностику. ШІ адаптував свої висновки до ненормальних

вхідних даних, виявляючи підвищені ризики для кількох захворювань. Завдяки аналізу таких показників, система може сигналізувати лікарю про необхідність детального обстеження пацієнта для підтвердження ризиків і вибору подальшого лікування.

Висновки до 4 розділу

У цьому розділі була здійснена розробка програмного забезпечення на основі штучного інтелекту для контролю стану людини, що включає функціональні можливості, архітектуру, інтеграцію ШІ-моделей, тестування та інтерфейси користувачів.

1. Розробка програмного засобу почалася з визначення функціональних можливостей, що включають реєстрацію та авторизацію користувачів, введення та обробку даних пацієнтів, інтеграцію моделей штучного інтелекту для прогнозування захворювань і візуалізацію результатів аналізу.

2. Запропоновано архітектуру проекту на базі Django, яка забезпечує розділення фронтенду та бекенду, взаємодію з базою даних MySQL і підтримку інтеграції ШІ-моделей

3. Розроблено зручні інтерфейси для лікарів і пацієнтів. Пацієнти мають можливість реєструватися та переглядати інформацію про свій стан, тоді як лікарі отримали функціонал управління пацієнтами, який включає перегляд детальної інформації та можливість додавання нових пацієнтів.

4. Інтеграція штучного інтелекту дозволяє прогнозувати ризики захворювань на основі медичних показників пацієнта. Результати аналізу відображаються автоматично у вигляді оцінки ризиків для кожного захворювання, що дозволяє лікарям оперативно приймати рішення.

5. Проведене тестування підтвердило коректність роботи всіх функцій системи, включаючи реєстрацію користувачів, обробку даних, взаємодію з базою даних і інтеграцію ШІ. Усі функції працюють надійно та забезпечують швидкий і зручний аналіз стану пацієнтів.

6. Розроблений програмний засіб відповідає сучасним вимогам медичного програмного забезпечення, забезпечує автоматизацію діагностичного процесу,

обробку великих обсягів даних і може бути інтегрований у медичні заклади для підвищення якості та ефективності лікування.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Автоматизована система медичного контролю за станом людини на основі ШІ»

5.1 Опис ідеї проекту

В межах цього розділу подано детальний аналіз ідеї стартап-проекту у вигляді таблиці, що містить основні аспекти проекту, включаючи опис ключових характеристик, потенційних переваг, а також напрямків подальшого розвитку та впровадження. Цей аналіз надає всебічне уявлення про проект, його ринковий потенціал та можливості використання у різних сферах.

Для чіткого визначення вимог до реалізації проекту, його основних цілей, завдань і орієнтовних термінів було розроблено інформаційну карту, яка представлена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Інформаційна карта [29]

Назва блока	Характеристика
1	2
Загальна характеристика стартап-проекту	
Назва стартап-проекту	Автоматизована система медичного контролю за станом людини на основі ШІ
Проблематика, яку вирішує стартап проект	<p>1. Пізнє виявлення захворювань Багато пацієнтів звертаються до лікарів уже на пізніх стадіях захворювань, коли лікування стає складнішим і дорожчим. Відсутність регулярного моніторингу життєвих показників є однією з причин такої ситуації.</p> <p>2. Велике навантаження на лікарів Медичний персонал стикається з великими обсягами даних та обмеженими можливостями для їх аналізу, що може призводити до помилок або затримок у прийнятті рішень.</p> <p>3. Недостатній рівень використання технологій ШІ у медицині Потенціал штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних, прогнозування ризиків і автоматизації процесів використовується не в повній мірі, що обмежує ефективність діагностики та лікування.</p> <p>4. Проблеми безпеки даних Зростає потреба в надійних рішеннях для зберігання та передачі медичних даних, які відповідали б міжнародним стандартам безпеки, таким як GDPR і HIPAA.</p>
Головні цілі та завдання проекту	1. Покращення якості медичного обслуговування. Створення автоматизованої

	<p>системи, яка дозволяє своєчасно виявляти ризики захворювань і забезпечувати персоналізовані рекомендації для лікування.</p> <p>2. Автоматизація процесів медичного контролю. Зменшення навантаження на лікарів шляхом використання штучного інтелекту для аналізу великих обсягів медичних даних і формування прогнозів.</p> <p>3. Розробка архітектури програмного забезпечення. Проектування системи, яка включає фронтенд, бекенд та базу даних із використанням сучасних технологій, таких як Django та MySQL.</p> <p>4. Інтеграція штучного інтелекту. Використання моделей машинного навчання (наприклад, XGBoost) для прогнозування ризиків захворювань і аналізу життєвих показників.</p> <p>5. Створення зручного інтерфейсу. Розробка інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для лікарів і пацієнтів, що дозволяють легко вводити, переглядати та аналізувати дані.</p>
Головні цільові групи, на які спрямований проєкт	<ul style="list-style-type: none"> • Лікарі та медичний персонал • Пацієнти • Адміністрації медичних закладів • Жителі віддалених регіонів
Автори та команда стартап-проєкту	
Автори стартап- проєкту	Асінов Євген Сергійович, Гришанова Ірина Аркадіївна
Команда стартап- проєкту	Асінов Євген Сергійович, Гришанова Ірина Аркадіївна, розробник програмного забезпечення, спеціаліст із машинного навчання, UI/UX дизайнер, фахівець із баз даних, медичний консультант, маркетолог
Опис продукту стартап-проєкту	
Назва та коротка характеристика (MVP)	AiHealth – це продукт, розроблений для автоматизованого моніторингу життєвих показників пацієнтів із використанням штучного інтелекту, для визначення ризиків захворювань. MVP включає базові функції, які дозволяють отримати перший зворотний зв'язок від цільових користувачів і підтвердити ключову гіпотезу проєкту – ефективність інтеграції ІІІ у медичний контроль.
Сфера застосування та функціональне призначення продукту	Сфера застосування: Медичні заклади, Телемедицина, Страхові компанії Функціональне призначення продукту: Моніторинг життєвих показників, Прогнозування ризиків захворювань, Підтримка прийняття рішень

Опис унікальних властивостей продукту стартапу	Інтеграція штучного інтелекту (ШІ), персоналізований підхід, автоматизація процесів, можливість інтеграції з електронними медичними записами
Стадія розробки продукту стартапу	Розробка мінімально життєздатного продукту (MVP), інтеграція з стаціонарними пристроями, тестування, підготовка до впровадження, масштабування
Технічні характеристики	Архітектура програмного забезпечення, інтеграція штучного інтелекту, збір і обробка даних, сумісність і масштабованість, безпека даних
Супровід продукту	Технічна підтримка, оновлення програмного забезпечення, інтеграція нових модулів, контроль безпеки
Забезпечення стартап-проекту	
Необхідні ресурси	Людські ресурси, технічні ресурси, фінансові ресурси, потрібно 35 000 \$
Потреба в інвестиціях	Для реалізації стартап-проекту необхідно залучити інвестиції, які покриють витрати на розробку, тестування, маркетинг та запуск продукту.
Інтелектуальна власність	Інтелектуальна власність стартапу охоплює програмне забезпечення, алгоритми штучного інтелекту, дизайн інтерфейсів, архітектуру бази даних, технічну документацію та товарний знак, що захищені авторським правом, патентами та відповідними угодами.
Результати стартап-проекту	
Термін реалізації стартап-проекту	Термін реалізації стартап-проекту складає 12–18 місяців, включаючи етапи аналізу, розробки MVP, тестування, пілотного впровадження та масштабування.
Плановані кількісні показники стартап-проекту	Плановані кількісні показники стартап-проекту включають створення MVP з підтримкою до 10 000 користувачів, інтеграцію з пристроями, пілотне впровадження у 3 медичних закладах та досягнення точності прогнозів захворювань на рівні 85–90%.
Якісні показники стартап-проекту	Якісні показники стартап-проекту включають забезпечення точного прогнозування ризиків захворювань, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для лікарів і пацієнтів, відповідність міжнародним стандартам безпеки (GDPR, HIPAA)
Загальні очікувані результати	Підвищення якості та доступності медичної допомоги, автоматизацію діагностики, раннє виявлення захворювань, забезпечення безпеки даних, оптимізацію роботи медичних закладів та створення основи для масштабування і подальшого розвитку продукту.

Із наведеної таблиці можна зробити висновок, що процес реалізації стартап-проєкту "Автоматизована система медичного контролю" займе близько 18 місяців, включаючи етапи розробки, тестування, інтеграції з медичними закладами та налаштування системи для досягнення її повної функціональності.

Для більш ефективного формування концепції продукту та прийняття оптимальних рішень щодо його розробки було використано метод створення морфологічної карти, яка представлена у таблиці нижче.

Таблиця 5.2

Морфологічна карта проєкту

Параметри	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Кількість сенсорів	1 сенсор	2 сенсори	3 і більше сенсорів	Динамічне додавання	Сенсорний набір для повного моніторингу
Тип сенсорів	Тиск	Температура	Пульс	Насичення киснем	Рівень глюкози
Тип інтеграції	Носимі пристрої	Стаціонарні пристрої	Хмарне зберігання	Інтеграція з медичними системами	Інтеграція з носимими гаджетами
Тип аналізу	Моделі ШІ	Алгоритми статистичного аналізу	Аналіз трендів	Автоматизовані повідомлення	Комбінований аналіз
Механізм взаємодії	Бездротова передача (Wi-Fi)	Дротове з'єднання	Гібридне з'єднання	Інтеграція через API	Прямий доступ через мобільний додаток
Тип виводу даних	Таблиці та графіки	Візуалізація у реальному часі	Інтерактивні звіти	Інтеграція з електронними записами	Інтеграція з платформами аналітики

На основі побудованої морфологічної карти, було визначено оптимальні параметри для реалізації стартапу. Ми обрали наступні ключові рішення:

- **Кількість сенсорів:** Сенсорний набір для повного моніторингу.
- **Тип сенсорів:** Всі.
- **Тип інтеграції:** Стаціонарні пристрої.
- **Тип аналізу:** Модель ШІ.
- **Механізм взаємодії:** Бездротова передача (Wi-Fi).
- **Тип виводу даних:** Візуалізація у реальному часі.

Ці параметри дозволяють створити комплексне рішення, яке забезпечить високий рівень автоматизації, інтеграцію з сучасними пристроями, розширений функціонал для аналітики та зручність використання для кінцевих користувачів.

Для детального обґрунтування концепції стартап-проекту було створено таблицю, яка відображає сфери застосування та переваги використання модуля для кінцевого користувача (див. Таблицю 5.3).

Таблиця 5.3. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизована система медичного контролю за станом людини на основі ШІ	Моніторинг хронічних захворювань	Своєчасне попередження про критичні зміни стану здоров'я
	Інтенсивний моніторинг у лікарнях	Персоналізовані рекомендації щодо лікування
	Дистанційний медичний контроль	Зменшення частих відвідувань лікаря

Проект відрізняється від існуючих аналогів тим, що використовує інтеграцію штучного інтелекту для аналізу зібраних даних, забезпечує комплексний підхід до моніторингу стану пацієнтів через носимі пристрої та стаціонарне обладнання, а також пропонує можливості телемедицини, що робить його унікальним рішенням для покращення медичної допомоги. Система дозволяє не лише виявляти потенційні проблеми на ранніх стадіях, але й забезпечує інтерактивний зворотний зв'язок для пацієнтів та медичних працівників. Гнучкість у налаштуванні параметрів моніторингу дозволяє адаптувати систему під потреби різних груп пацієнтів, що робить її ефективною як у стаціонарних умовах, так і для амбулаторного використання. Важливою особливістю є можливість інтеграції з іншими медичними інформаційними системами, що сприяє кращій координації лікувального процесу та підвищенню якості наданої медичної допомоги.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

Визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

Визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір

інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

Проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаємо показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Мій проєкт	Philips HealthSuite	Medtronic Care Management Services	GE Healthcare Remote Monitoring	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Використання штучного інтелекту для моніторингу стану	Так	Ні	Так	Ні	-	-	+
2	Інтеграція телемедицини	Так	Ні	Ні	Так	-	-	+
3	Комплексний моніторинг через носимі пристрої	Так	Ні	Ні	Так	-	+	+
4	Можливість інтеграції з іншими медичними системами	Так	Ні	Так	Ні	-	-	+
5	Можливість масштабування системи для великих медичних центрів	Так	Ні	Ні	Так	-	+	+
6	Підтримка кількох мов для інтерфейсу	Так	Так	Ні	Ні	-	-	+
7	Вартість реалізації системи	35,000 USD	100,000 USD	70,000 USD	90,000 USD	-	-	+
8	Час розробки	6 місяців	12 місяців	9 місяців	11 місяців	-	-	+

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

На основі проведеного аналізу визначено основні переваги проекту, такі як інтеграція штучного інтелекту для аналізу стану здоров'я, можливість інтеграції з іншими медичними системами та використання телемедицини. Ці характеристики дозволяють виділити проєкт серед конкурентів, сприяючи його інноваційності та функціональності.

Слабкі сторони, такі як вищі витрати на розробку чи тривалий час впровадження, вказують на можливості для оптимізації та вдосконалення. Нейтральні характеристики свідчать про відповідність проєкту базовим ринковим стандартам, що є позитивним фактором для його стабільного функціонування.

Цей аналіз дозволяє створити ефективний план розвитку, зосередившись на посиленні сильних сторін і мінімізації слабких, що сприятиме успішному впровадженню продукту на ринок.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проєкту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення інтерфейсу для користувачів	HTML, CSS, JavaScript	+	+
2	Розробка бекенд-системи для обробки даних	Django	+	+
3	Зберігання і управління даними	MySQL	+	+
4	Реалізація інтерактивності у веб-застосунку	JavaScript (для динамічного контенту)	+	+
5	Інтеграція фронтенду та бекенду	Django REST Framework	+	+
6	Розробка штучного інтелекту	XGBoost, scikit-learn, imbalanced-learn (imblearn)	+	+
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: Для реалізації проєкту обрано сучасний стек технологій, який включає інструменти для фронтенду (HTML, CSS, JavaScript), бекенду (Django,				

Django REST Framework), управління базою даних (MySQL) та створення моделей штучного інтелекту (XGBoost, scikit-learn, imblearn).

Ці технології забезпечують повний цикл розробки продукту: від збору та обробки даних до надання рекомендацій і взаємодії з користувачами. Всі технології доступні, мають велику базу документації та підтримуються спільнотою розробників.

5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначення ринкових можливостей для впровадження проекту є ключовим етапом у плануванні запуску стартапу. Це дає змогу не тільки виявити потенційні переваги, але й передбачити можливі ризики, що можуть перешкодити реалізації проекту. Спочатку розглянемо попит на продукт, визначивши кількість головних гравців на ринку, загальний обсяг продажів, динаміку розвитку.

Таблиця 5.6

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	10-15 (включаючи глобальні та локальні компанії)
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Близько 500 млн грн на рік в Україні, понад 10 млрд грн на світовому ринку
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, очікується збільшення попиту на системи медичного моніторингу
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмеження включають сертифікацію медичних пристроїв та відповідність стандартам безпеки даних
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідність відповідати стандартам HIPAA, ISO 13485 та GDPR для міжнародного ринку
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Від 15% до 25%, залежно від масштабу проекту та ринку

Аналіз ринкових показників демонструє сприятливі умови для запуску проекту, враховуючи зростаючу динаміку ринку, високий загальний обсяг продажів та помірну кількість конкурентів. Наявність стандартів і вимог до сертифікації забезпечує додаткові бар'єри для нових гравців, що сприяє зміцненню позицій на ринку. Висока середня норма рентабельності в галузі створює потенціал для отримання стабільного прибутку та розвитку проекту в довгостроковій перспективі.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Своєчасний моніторинг стану здоров'я для уникнення ускладнень	Пацієнти з хронічними захворюваннями	Потреба у регулярному контролі показників здоров'я	Надійність роботи системи, зручність використання, захист даних
2	Забезпечення інструментів для дистанційного спостереження	Лікарі, які спостерігають пацієнтів у віддаленому режимі	Вимога до швидкого доступу до даних пацієнтів та точності прогнозів	Інтеграція з іншими медичними системами, висока швидкість обробки
3	Підвищення якості медичного обслуговування через інноваційні рішення	Медичні заклади (лікарні, клініки)	Орієнтація на оптимізацію процесів лікування і зниження витрат	Масштабованість рішення, можливість налаштування під потреби установ

Для того щоб задовольнити вимоги користувачів різних сегментів, потрібно забезпечити високу надійність і зручність використання системи для пацієнтів, швидкий доступ до точних даних для лікарів, а також масштабованість і можливість налаштування під потреби медичних закладів. Це дозволить оптимально врахувати специфічні потреби кожної цільової групи та сприятиме успішному впровадженню продукту на ринку.

Під час впровадження обраних технологій можуть виникати ризики, які можуть вплинути на успішний запуск і подальше функціонування продукту. Тому важливо заздалегідь ідентифікувати ці загрози та розробити ефективні стратегії для їх мінімізації або усунення.

Таблиця 5.8

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Технічні несправності	Можливі збої в роботі системи через помилки у програмному забезпеченні або обладнанні	Проведення тестування, регулярне оновлення системи, резервування даних
2	Загрози безпеці даних	Ймовірність витоку або несанкціонованого доступу до персональних даних пацієнтів	Використання шифрування, багаторівнева система автентифікації
3	Конкуренція на ринку	Зростання конкуренції через впровадження аналогічних продуктів іншими компаніями	Розробка унікальних функцій, фокус на потребах клієнтів, маркетинг
4	Юридичні обмеження	Вимоги до сертифікації продукту та відповідність міжнародним стандартам	Залучення експертів з юридичних питань, отримання необхідних сертифікатів

Аналіз можливих загроз демонструє ключові ризики, які можуть вплинути на успішне впровадження та функціонування продукту. Визначення цих факторів і розробка відповідних заходів реагування дозволяють мінімізувати потенційні негативні наслідки, забезпечити стабільність системи, відповідність стандартам безпеки та конкурентоспроможність на ринку.

Окрім загроз, існують перспективи, які здатні сприяти успішному розвитку проєкту та посиленню його ринкових позицій. Визначення цих можливостей дозволить компанії ефективніше використовувати свої сильні сторони та правильно розставити пріоритети у подальшому розвитку.

Але помимо загроз існують і певні можливості (таблиця 5.9).

Таблиця 5.9

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту на телемедицину	Збільшення інтересу до дистанційних медичних послуг, особливо після пандемії COVID-19	Активна розробка функціоналу для телемедицини, посилення маркетингових кампаній
2	Розвиток носимих пристроїв	Зростання кількості та якості пристроїв для збору життєвих показників пацієнтів	Інтеграція із сучасними носимими пристроями через відкриті API

3	Інтерес до персоналізованої медицини	Зростаючий попит на індивідуальні рекомендації та персоналізований підхід до лікування	Використання ІІ для розробки персоналізованих рекомендацій
4	Державні ініціативи в цифровій медицині	Державні програми підтримки впровадження цифрових технологій у медицині	Участь у грантових програмах та співпраця з державними організаціями

Оцінюючи потенційні можливості та зіставляючи їх із наявними ризиками, можна зробити висновок, що сильні сторони стартапу значно переважають над загрозами. Інтеграція всіх зазначених функцій забезпечить створення інноваційного та багатофункціонального продукту, який займе провідну позицію на ринку.

Таблиця 5.10

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції: монополістична	На ринку присутні кілька великих гравців із продуктами, що мають унікальні характеристики	Розробка унікальних функцій продукту, акцент на персоналізації для клієнтів
Рівень конкурентної боротьби: національний	Основні конкуренти зосереджені в межах країни	Фокус на локальних потребах ринку, адаптація продукту до особливостей клієнтів
Галузева ознака: внутрішньогалузева	Конкуренція з компаніями, які працюють у сфері цифрової медицини	Впровадження інноваційних рішень, ефективна маркетингова стратегія
Вид конкуренції за товарами: товарно-видова	Конкуренція між аналогічними системами моніторингу стану здоров'я	Пропозиція більш зручного та функціонального продукту
Характер конкурентних переваг: нецінова	Конкуренція базується на якісних характеристиках, інноваційності продукту	Підвищення якості, впровадження нових функцій та технологій
Інтенсивність: марочна	Конкуренція між брендами, орієнтованими на створення довіри до свого продукту	Побудова бренду через якісний сервіс, позитивні відгуки клієнтів

Аналіз конкурентного середовища показав, що ринок характеризується монополістичною конкуренцією, де ключовими факторами є унікальність продукту, відповідність локальним потребам і здатність адаптуватися до вимог споживачів. Для успішної конкуренції важливо зосередитися на інноваціях, покращенні якості,

формуванні довіри до бренду та активній взаємодії з клієнтами. Це дозволить зміцнити позиції стартапу та забезпечити його конкурентоспроможність.

Після проведення аналізу конкуренції здійснимо детальніший розгляд умов конкурентного середовища в галузі.

Таблиця 5.11

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Philips HealthSuite, Medtronic Care	Нові стартапи у сфері цифрової медицини	Виробники носимих пристроїв	Лікарі, пацієнти	Інші системи моніторингу стану здоров'я
Висновки	Інтенсивна конкуренція з боку великих компаній	Можливі нові гравці через низькі бар'єри входу	Постачальники мають сильну позицію	Клієнти диктують вимоги до зручності й вартості	Обмеження через наявність альтернативних рішень

Аналіз конкуренції за моделлю М. Портера показав, що ринок характеризується високою інтенсивністю конкурентної боротьби через наявність сильних гравців і можливих нових учасників. Постачальники мають значний вплив на ціноутворення, а клієнти висувають високі вимоги до точності, зручності та вартості продукту. Успіх проекту залежатиме від здатності запропонувати унікальні функції, які перевершують конкурентів, та адаптувати продукт до потреб ринку.

Оцінка основних чинників конкурентоспроможності дає змогу визначити, що саме стане перевагою компанії та дозволить їй виділитися на тлі конкурентів.

Таблиця 5.12

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Інноваційність продукту	Використання передових технологій (штучний інтелект, носимі пристрої) для створення унікальних функцій
2	Персоналізований підхід до клієнтів	Пропозиція індивідуальних рішень на основі аналізу даних, що підвищує задоволеність клієнтів
3	Інтеграція з іншими системами	Здатність інтегруватися з існуючими медичними платформами забезпечує зручність використання

4	Захист і безпека даних	Відповідність міжнародним стандартам безпеки (GDPR, HIPAA) створює довіру до продукту
5	Зручність використання	Простий інтерфейс і доступність для користувачів різного рівня технічної грамотності

Таблиця 5.13

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «DUST_METER»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Philips HealthSuite							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Інноваційність продукту	18							+	
2	Персоналізований підхід до клієнтів	17					+			
3	Інтеграція з іншими системами	15				+				
4	Захист і безпека даних	19								+
5	Зручність використання	16					+			

З таблиць 5.12 та 5.13 бачимо, що ключовими факторами конкурентоспроможності є інноваційність продукту, персоналізований підхід до клієнтів, інтеграція з іншими системами, високий рівень захисту даних та зручність використання. Порівняльний аналіз свідчить, що за більшістю критеріїв проект має переваги над конкурентами, особливо в аспектах інноваційності та безпеки даних. Це підтверджує високий потенціал проекту для успішного виходу на ринок та подальшого розвитку.

Таблиця 5.14

SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> Інноваційність продукту Персоналізований підхід до клієнтів Інтеграція з іншими системами Захист і безпека даних Зручність використання 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> Високі витрати на впровадження та підтримку системи Залежність від постачальників обладнання Нестача впізнаваності бренду серед широкої аудиторії
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> Зростання попиту на телемедицину Розвиток носимих пристроїв 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> Зростання конкуренції з боку великих міжнародних компаній Потенційні ризики кібербезпеки та витоку даних

3. Інтерес до персоналізованої медицини	3. Юридичні обмеження та тривалий процес сертифікації
4. Державні ініціативи в цифровій медицині	4. Економічна нестабільність, яка може вплинути на фінансування проекту

SWOT-аналіз показав, що проект має суттєві сильні сторони, такі як інноваційність, персоналізований підхід, інтеграція з іншими системами та високий рівень безпеки даних. Можливості, включаючи зростання попиту на телемедицину та розвиток носимих пристроїв, створюють перспективи для успішного впровадження. Однак проект стикається з певними слабкими сторонами, такими як високі витрати та залежність від постачальників, а також із загрозами, зокрема зростаючою конкуренцією та юридичними обмеженнями. Вчасна реакція на загрози та використання можливостей дозволять проекту закріпити свої позиції на ринку.

Таблиця 5.15

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Партнерство з медичними установами для впровадження продукту через пілотні проекти	Висока	6-12 місяців
2	Участь у грантових програмах для цифрової медицини	Середня	12-18 місяців
3	Залучення венчурного капіталу для розширення виробничих та маркетингових можливостей	Середня	12-24 місяці

Після аналізу зазначених альтернатив обрано партнерство з медичними установами для впровадження продукту через пілотні проекти. Ця альтернатива забезпечує високу ймовірність отримання ресурсів (70-80%) та найкоротші строки реалізації (6-12 місяців), що робить її найбільш ефективною для швидкого та успішного впровадження стартапу.

5.3. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.16

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Пацієнти з хронічними захворюваннями	Висока	Стабільно високий	Середня	Висока
2	Лікарі, що працюють з дистанційними пацієнтами	Висока	Високий	Низька	Середня
3	Приватні медичні установи	Середня	Потенційно високий	Середня	Середня
Які цільові групи обрано: Пацієнти з хронічними захворюваннями та лікарі, що працюють з дистанційними пацієнтами, завдяки їхній високій готовності сприймати продукт та значному попиту.					

За результатами аналізу визначено три основні цільові групи: пацієнти з хронічними захворюваннями, лікарі, що працюють з дистанційними пацієнтами, та приватні медичні установи. Найбільш перспективними є перші дві групи через їхню високу готовність сприймати продукт, значний попит та відносно низьку інтенсивність конкуренції. Це дозволяє сконцентрувати ресурси на задоволенні потреб цих сегментів для ефективного впровадження продукту на ринок.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувані базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.17

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Партнерство з медичними установами для пілотного впровадження	Концентрація на вузькому сегменті	Співпраця з ключовими гравцями ринку, тестування продукту в реальних умовах	Стратегія спеціалізації
2	Участь у грантових програмах для цифрової медицини	Розширення через партнерські програми	Отримання ресурсів для розробки нових функцій, підтримка інновацій	Стратегія диференціації

3	Залучення венчурного капіталу для масштабування	Вихід на широкі сегменти ринку	Зниження собівартості через масштабування виробництва	Стратегія лідерства по витратах
---	---	--------------------------------	---	---------------------------------

За результатами аналізу обрано три основні альтернативи розвитку проекту: партнерство з медичними установами, участь у грантових програмах та залучення венчурного капіталу. Кожна з них відповідає специфічній базовій стратегії розвитку: спеціалізації, диференціації та лідерства по витратах. Ці стратегії дозволяють адаптувати проект до ринкових умов, забезпечити конкурентоспроможність та досягти успішного впровадження продукту.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.18).

Таблиця 5.18

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Компанія буде шукати нових споживачів у малозайнятих сегментах	Ні, акцент на унікальності продукту	Стратегія спеціалізації: фокус на задоволенні потреб вузького сегменту ринку.

За результатами аналізу визначено, що проект не є «першопрохідцем» на ринку, однак має можливість зайняти малозайняті сегменти завдяки унікальним характеристикам продукту. Обрано стратегію спеціалізації, яка передбачає концентрацію на потребах вузького цільового сегмента, що дозволить ефективно конкурувати та створити стійку позицію на ринку. Важливою конкурентною перевагою є використання штучного інтелекту для прогнозування ризиків виникнення хвороб, що значно підвищує цінність продукту для клієнтів та сприяє його успішному впровадженню.

Враховуючи потреби споживачів у вибраному сегменті, а також обрані стратегії розвитку та конкурентної поведінки, формується стратегія позиціонування. Вона

спрямована на створення ринкової позиції, яка дозволить споживачам чітко асоціювати проект із його унікальними характеристиками та перевагами.

Таблиця 5.19

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключові)
1	Надійність, безпека даних, зручність використання	Стратегія спеціалізації	Високий рівень безпеки даних, персоналізований підхід, інтеграція з іншими медичними системами	Інноваційність, Безпека, Зручність

Результатом даного підрозділу стало визначення стратегії позиціонування стартап-проекту, яка базується на вимогах цільової аудиторії та обраній стратегії розвитку. Основними конкурентоспроможними позиціями проекту є високий рівень безпеки даних, персоналізований підхід та інтеграція з іншими медичними системами. Комплексна позиція проекту формуватиметься на основі ключових асоціацій: Інноваційність, Безпека та Зручність. Це дозволить створити чітке ринкове позиціонування, яке відповідатиме потребам споживачів та забезпечить конкурентну перевагу.

5.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим етапом у створенні маркетингової програми є визначення концепції продукту, який буде запропоновано споживачам. У таблиці 5.20 узагальнюються результати оцінки конкурентоспроможності даного продукту.

Таблиця 5.20

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Своєчасний моніторинг стану здоров'я	Рання діагностика потенційних проблем зі здоров'ям	Інтеграція з стаціонарними пристроями, використання ІІ для прогнозування
2	Забезпечення персоналізованого підходу	Рекомендації на основі індивідуальних даних пацієнта	Використання ІІІ для персоналізації, можливість адаптації до потреб користувача

3	Надійність та безпека даних	Захист персональних даних відповідно до міжнародних стандартів	Високий рівень шифрування, відповідність стандартам GDPR та HIPAA
---	-----------------------------	--	---

На основі аналізу визначено ключові переваги концепції потенційного товару, які відповідають основним потребам цільової аудиторії. Продукт забезпечує своєчасний моніторинг стану здоров'я завдяки інтеграції з стаціонарними пристроями та використанню штучного інтелекту для прогнозування, пропонує персоналізований підхід із рекомендаціями, адаптованими до індивідуальних даних пацієнта, та гарантує високий рівень безпеки персональних даних, відповідаючи міжнародним стандартам. Ці переваги створюють конкурентну основу для успішного впровадження продукту на ринок.

Таблиця 5.21

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Своєчасний моніторинг здоров'я, індивідуальні рекомендації для лікування, захист персональних даних.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Інтеграція з стаціонарними пристроями	Нм	Тх
	2. Штучний інтелект для аналізу стану здоров'я	Нм	Тх
	3. Підтримка різних форматів даних	Нм	Тл
	4. Високий рівень безпеки даних	Нм	Б
	5. Зручний інтерфейс із персоналізованими функціями	Нм	Е
	Якість: Відповідність нормам ISO/IEC 27001:2022, GDPR. Тестування на точність прогнозів.		
	Пакування: Цифровий продукт із адаптивним дизайном для різних пристроїв.		
Марка: Автоматизована система медичного контролю за станом людини на основі ШІ; AiHealth			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Демонстрація можливостей, навчальні матеріали, консультації.		
	Після продажу: Технічна підтримка, регулярні оновлення, доступ до нових функцій.		

Модель товару, розглянута на трьох рівнях, демонструє інноваційний підхід до моніторингу здоров'я, з акцентом на персоналізацію та прогнозування ризиків за допомогою штучного інтелекту. На першому рівні товар позиціонується як сучасне рішення, орієнтоване на задоволення потреб споживачів. Другий рівень включає

ключові технічні характеристики, такі як інтеграція з стаціонарними пристроями, високий рівень захисту даних відповідно до стандартів GDPR і HIPAA, зручний користувацький інтерфейс і гнучка підтримка форматів даних. Якість продукту підтверджується відповідністю стандартам ISO/IEC 27001:2022, а цифровий формат забезпечує доступність для різних пристроїв. На третьому рівні товару пропонуються додаткові сервіси, включаючи технічну підтримку, регулярні оновлення та доступ до інноваційних функцій, що підвищують його привабливість для користувачів.

Наступний етап полягає у визначенні діапазону цін, який слід враховувати під час встановлення вартості потенційного продукту. Це включає аналіз цінової політики конкурентів та рівня доходів цільової аудиторії (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	\$100-150	\$120-180	Середній дохід: \$500-700	\$120-150 (залежно від функціональності та додаткових послуг)

На основі аналізу цін на товари-замінники та аналоги, а також враховуючи рівень доходів цільової групи споживачів, встановлено оптимальні межі ціноутворення. Верхня межа ціни визначається функціональністю продукту та додатковими послугами, тоді як нижня межа забезпечує конкурентоспроможність продукту на ринку. Такий підхід дозволяє максимально адаптувати ціну до потреб споживачів і створити економічно вигідну пропозицію.

Таблиця 5.23

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Пацієнти довіряють рекомендаціям лікарів	Надання консультацій, демонстрація продукту, технічна підтримка	Прямий канал збуту	Власна система збуту через онлайн-платформи

2	Медичні установи орієнтуються на технологічні рішення	Постачання, налаштування, навчання персоналу	Непряма, через дистриб'юторів	Залучення сторонніх посередників
---	---	--	-------------------------------	----------------------------------

На основі аналізу закупівельної поведінки цільових клієнтів визначено оптимальну систему збуту. Для пацієнтів передбачено використання прямого каналу збуту через власні онлайн-платформи, що дозволить забезпечити ефективну комунікацію, консультації та технічну підтримку. Для медичних установ доцільно залучати сторонніх посередників, таких як дистриб'ютори, які забезпечать постачання, налаштування обладнання та навчання персоналу. Такий підхід забезпечує гнучкість збуту та адаптацію до специфіки різних сегментів клієнтів.

Таблиця 5.24

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Пацієнти орієнтуються на рекомендації лікарів	Соціальні мережі, медичні веб-сайти, мобільні додатки	Інноваційність, персоналізація, зручність	Показати переваги продукту для моніторингу стану здоров'я	Пряма комунікація з акцентом на довіру та надійність
2	Медичні установи потребують технологічних рішень	Професійні конференції, медичні журнали, email-розсилки	Надійність, безпека даних, відповідність стандартам	Підкреслити технологічну досконалість продукту	Інформаційно-аналітичний підхід, демонстрація інновацій

На основі аналізу специфіки поведінки цільових клієнтів сформовано концепцію маркетингових комунікацій. Для пацієнтів ключовими каналами комунікації визначено соціальні мережі, медичні веб-сайти та мобільні додатки, де акцент робиться на інноваційність, персоналізацію та зручність продукту. Для медичних установ обрано професійні конференції, спеціалізовані журнали та email-розсилки, зосереджені на підкресленні технологічної досконалості, надійності та безпеки даних. Такий підхід дозволяє ефективно адаптувати рекламні повідомлення

до специфічних потреб кожного сегмента, забезпечуючи точність і релевантність комунікацій [30].

5.5 Організація реалізації стартап-проєкту

Для успішної реалізації стартап-проєкту, що спрямований на створення автоматизованої системи медичного контролю, необхідно сформувати команду висококваліфікованих фахівців. Команда повинна забезпечити виконання технічних, організаційних та аналітичних завдань, що є критично важливими для впровадження продукту в медичну сферу. Після оцінки обсягу робіт та визначення основних етапів було розподілено ролі й відповідальність між членами команди. Детальна інформація представлена у таблиці.

Таблиця 5.25

Команда стартап-проєкту

Учасник команди	Посада	Завдання, що необхідно виконати
Розробник програмного забезпечення	Бекенд-розробник	Розробити серверну частину системи, забезпечити взаємодію з базою даних та інтеграцію з моделями ІІІ.
Розробник програмного забезпечення	Фронтенд-розробник	Розробити інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс, забезпечити зручність взаємодії з системою.
Інженер з машинного навчання	Спеціаліст з ІІІ	Розробити та налаштувати моделі штучного інтелекту для аналізу медичних даних і прогнозування ризиків.
UI/UX дизайнер	Дизайнер інтерфейсу	Розробити дизайн, орієнтований на користувача, що враховує специфіку використання лікарями та пацієнтами.
Спеціаліст із безпеки даних	Інженер з безпеки	Забезпечити захист даних, дотримуючись стандартів GDPR і HIPAA, реалізувати механізми шифрування.
Фахівець з маркетингу	Менеджер з маркетингу	Розробити маркетингову стратегію, організувати просування продукту та комунікацію з потенційними клієнтами.

Команда стартап-проєкту сформована з урахуванням ключових вимог до реалізації продукту, що включають технічну розробку, впровадження сучасних технологій, забезпечення безпеки даних та маркетингове просування. Завдяки чітко визначеним ролям і завданням кожного учасника, проєкт має всі шанси на успішну реалізацію та впровадження в медичну сферу.

Таблиця 5.26

Календарний план реалізації проєкту

№ п/п	Зміст етапу	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Собівартість реалізації
1	Аналіз ринку, визначення вимог та цільової аудиторії	■	■											500\$
2	Розробка концепції ідеї стартапу		■	■										700\$
3	Створення технічного завдання та прототипу		■	■	■									1500\$
4	Розробка інтерфейсів та архітектури системи		■	■	■	■								3000\$
5	Інтеграція ШІ-моделей та обробка медичних даних			■	■	■								5000\$
6	Розробка, вдосконалення та тестування програмного забезпечення				■	■	■							6000\$
7	Налаштування безпеки даних та систем захисту					■	■	■						4000\$
8	Пошук і залучення інвестицій						■	■	■					3500\$
9	Підготовка запуску та тестування виробництва							■	■	■				6000\$
10	Реклама та масштабування продукту									■	■	■	■	5000\$
Сума														35000\$

Розроблений календарний план реалізації стартап-проєкту демонструє поетапний підхід до втілення ідеї, починаючи з аналізу ринку і завершуючи рекламою та масштабуванням продукту. Загальна вартість реалізації становить 35 000 доларів, що охоплює витрати на розробку концепції, створення технічного завдання, інтеграцію штучного інтелекту, тестування системи та запуск виробництва. План враховує необхідність адаптації продукту до вимог ринку, забезпечення його безпеки та ефективної комунікації з цільовою аудиторією через маркетингові кампанії, що є ключовими для успішної реалізації проєкту.

Таблиця 5.27

Витрати на виробництво [31]

№ п/п	Витрати	Тип	Терміни постачання/виконання	Вартість, \$
1	Контролер для управління сенсорами	Електронний модуль	3 дні	300

2	Носимі датчики для збору даних	Сенсорний модуль	5 днів	1000
3	Обчислювальний модуль для ШІ	Оптичний сенсор	7 днів	4000
4	Додаткові сенсори для моніторингу	Датчики	4 дні	600
5	Сервер для обробки даних	Механічний компонент	10 днів	2000
6	Транспортні витрати	Логістика	7 днів	500
7	Розхідні матеріали (проводи, кріплення)	Матеріали	5 днів	300
8	Маркетингові матеріали	Інформаційний супровід	7 днів	300
Сума				8700

На основі аналізу витрат та етапів реалізації проєкту можна зробити висновок, що проєкт має чітко розподілені ресурси, реалістичні терміни виконання та ефективне фінансове планування. Пріоритет спрямовано на придбання сучасних технологій, підтримку маркетингу та логістики, що дозволяє забезпечити конкурентоспроможність і якість продукту. Представлений бюджет і план підтверджують фінансову та технічну доцільність проєкту, забезпечуючи успішне впровадження інноваційного продукту на ринок.

Висновки до 5 розділу

У процесі розробки стартапу було проведено комплексний аналіз ринку, визначено ключові характеристики продукту, а також сформульовано маркетингову та збутову стратегії. Результати аналізу свідчать про високу можливість ринкової комерціалізації проєкту завдяки наявному попиту, позитивній динаміці ринку та конкурентоспроможності пропонованого продукту.

Перспективи впровадження підтверджено на основі оцінки бар'єрів входження, конкурентного середовища та специфіки поведінки цільових клієнтів. Обрана стратегія спеціалізації та диференціації дозволяє стартапу зайняти стійку позицію на ринку, задовольняючи потреби різних сегментів споживачів.

З-поміж можливих альтернатив обрано оптимальний варіант реалізації, що включає використання онлайн-платформ для прямого збуту та залучення дистриб'юторів для співпраці з медичними установами. Маркетингова програма

орієнтована на персоналізовану комунікацію з клієнтами, акцентуючи увагу на унікальності, інноваційності та безпеці продукту.

Проведений аналіз підтверджує доцільність подальшої імплементації проєкту, оскільки він має всі шанси стати конкурентоспроможним рішенням на ринку, забезпечуючи високий рівень цінності для цільових споживачів.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи вирішено поставлені завдання, що забезпечило досягнення мети дослідження - створення автоматизованої системи медичного контролю за станом людини з використанням алгоритмів штучного інтелекту. Проведено детальний аналіз сучасних проблем моніторингу медичних показників пацієнтів, який показав недостатню ефективність існуючих систем щодо точності прогнозування та своєчасного виявлення ризиків захворювань. Це обґрунтувало необхідність створення програмного забезпечення, яке використовує сучасні алгоритми машинного навчання для підвищення точності аналізу та надання інструментів підтримки прийняття рішень лікарями.

У процесі роботи реалізовано функціонал реєстрації та авторизації користувачів із поділом доступу для лікарів і пацієнтів. Забезпечено зберігання даних у базі MySQL із дотриманням вимог до конфіденційності та безпеки. Інтегровано модуль введення медичних показників пацієнтів, який дозволяє вводити такі параметри, як вік, стать, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, рівень глюкози, температура тощо, із подальшим збереженням для аналізу моделлю штучного інтелекту. Розроблено та інтегровано моделі штучного інтелекту на основі алгоритму XGBoost у поєднанні з методами обробки дисбалансованих даних (SMOTEENN), що забезпечило високу точність прогнозування ризиків захворювань. Для кожного захворювання модель демонструє високі значення точності та повноти. Наприклад, для прогнозування гіпертензії модель досягла загальної точності 87%, що свідчить про її здатність правильно ідентифікувати як здорових, так і хворих пацієнтів. Подібні результати спостерігаються для серцево-судинних захворювань, діабету II типу та пневмонії, де моделі забезпечують точність від 76% до 88%.

Реалізовано інтерфейси для пацієнтів та лікарів: пацієнти можуть переглядати свої медичні показники та результати аналізу ШІ, а лікарі отримують доступ до детальних даних пацієнтів, включаючи прогнози ризиків і рекомендації. Усі інтерфейси адаптовані для зручного користування на різних пристроях. Тестування системи на згенерованих даних показало її здатність визначати захворювання навіть

у складних сценаріях із відхиленнями медичних показників, підтвердивши точність і адаптивність моделі.

Практична цінність розробленого програмного забезпечення полягає у можливості його інтеграції в медичні заклади, зокрема лікарні, телемедичні центри та реабілітаційні установи. Система дозволяє підвищити якість діагностики, своєчасно виявляти ризики захворювань, оптимізувати роботу медичного персоналу та надавати пацієнтам персоналізовані рекомендації. Таким чином, розроблена система сприяє вдосконаленню медичного обслуговування, дозволяючи лікарям швидко приймати обґрунтовані рішення на основі точних прогнозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. What Are Wearable Health Monitoring Devices? [Electronic resource] – Access mode: <https://vantagemedtech.com/wearable-health-monitoring-devices/>
2. How to stay informed about patient's status and view all data in the most appropriate way? [Electronic resource] – Access mode: <https://blog.utasco.com/en/unet-central-monitoring-station-seamless-surveillance/>
3. Що таке телемедицина: інноваційний підхід до лікування? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://helsi.me/blog/shcho-take-telemetrysyna-innovatsiinyi-pidkhid-do-likuvannia>
4. A review of IoT applications in healthcare [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231223011402>
5. What is artificial intelligence (AI)? [Electronic resource] – Access mode: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>
6. What is artificial intelligence in medicine? [Electronic resource] – Access mode: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence-medicine>
7. Розвиток штучного інтелекту в сучасній медицині [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://umj.com.ua/uk/publikatsia-241221-rozvitok-shtuchnogo-intelektu-v-suchasnij-meditsini>
8. Що таке моніторинг здоров'я: Інструмент підтримки та контролю за фізичним станом [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://style.co.ua/shho-take-monitoryng-zdorov-ya/>
9. ICU Vital Sign Patient Monitor 7 Parameter [Electronic resource] – Access mode: <https://www.zoncareglobal.com/patient-monitoring/icu-vital-sign-patient-monitor-7-parameter.html#:~:text=It%20can%20measure%20ECG%2C%20respiration,pulse%2C%20body%20temperature%2C%20etc>
10. Монітор пацієнта модульний Philips IntelliVue MX400 modul X2 Set [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rehabexpert.eu/ua/p2235509423-monitor-patsienta-modulnyj.html>

11. MedMag Монітор пацієнта BeneView T5 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://medmag.ua/medicinskim-uchrezhdeniyam/monitory-pacienta/monitor-pacienta-beneview-t5>
12. Медичні монітори пацієнта – особливості конструкції та застосування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.licarno.com.ua/medychni-monitory-pacziyenta-osoblyvosti-konstrukziyi-ta-zastosuvannya/>
13. Монітор пацієнта, Серія К, Керівництво користувача [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://content2.rozetka.com.ua/goods/documents/original/189607064.pdf>
14. Стандартна електрокардіографія [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://empendium.com/ua/chapter/B27.V.25.1.1.>
15. Безперервний моніторинг глюкози [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://medikom.ua/nepreryvnyj-monitoring-glyukozy-guardian-connect-kiev-pechersk/#>
16. Матеріал з Вікіпедії(HL7) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/HL7>
17. Матеріал з Вікіпедії(TCP/IP) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TCP/IP>
18. 10 Types of Machine Learning Algorithms and Models [Electronic resource] – Access mode: <https://www.simplilearn.com/10-algorithms-machine-learning-engineers-need-to-know-article>
19. Матеріал з Вікіпедії(Python) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Python>
20. Implement XGBoost in Python [Electronic resource] – Access mode: <https://developer.ibm.com/tutorials/awb-implement-xgboost-in-python/>
21. Перші кроки в NLP: розглядаємо Python-бібліотеку scikit-learn в реальному завданні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/articles/first-steps-in-nlp-scikit-learn/>

22. Балансування даних в незбалансованій класифікації за допомогою алгоритму SMOTE [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://hanna-shares.medium.com/>
23. Imbalanced Classification in Python: SMOTE-ENN Method [Electronic resource] – Access mode: <https://towardsdatascience.com/imbalanced-classification-in-python-smote-enn-method-db5db06b8d50>
24. MySQL: Understanding What It Is and How It's Used [Electronic resource] – Access mode: <https://www.oracle.com/sa/mysql/what-is-mysql/#:~:text=MySQL%20is%20an%20open%20source,a%20popular%20choice%20for%20developers.>
25. HyperText Markup Language (HTML): What It Is and How It Works [Electronic resource] – Access mode: [https://www.investopedia.com/terms/h/html.asp#:~:text=HyperText%20Markup%20Language%20\(HTML\)%20is%20the%20basic%20scripting%20language%20used,on%20the%20World%20Wide%20Web](https://www.investopedia.com/terms/h/html.asp#:~:text=HyperText%20Markup%20Language%20(HTML)%20is%20the%20basic%20scripting%20language%20used,on%20the%20World%20Wide%20Web)
26. CSS: Cascading Style Sheets [Electronic resource] – Access mode: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
27. What Is JavaScript: A Beginner's Guide to the Basics of JS [Electronic resource] – Access mode: <https://www.hostinger.com/tutorials/what-is-javascript#:~:text=JavaScript%20is%20a%20lightweight%20programming,capability%20that%20CSS%20alone%20lacks>
28. Django (web framework) [Electronic resource] – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Django_\(web_framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Django_(web_framework))
29. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей. Київ, НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2016. 27 с.
30. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

31. Гавриш, О. А. Розробка стартап-проектів: практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 116 с.

32. Гавриш, О. А. Розробка стартап-проектів. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,88 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 188 с.

ДОДАТКИ

Надаються за звернення до авторів