

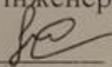
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

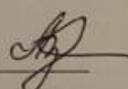
на тему:

**«ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ НА ПЛАТФОРМІ IOS ДЛЯ  
ВІДСЛІДКУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ  
ВІЙСЬКОВИХ ІЗ ПОСТРАВМАТИЧНИМИ РОЗЛАДАМИ  
ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи КІ-23мз  
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
освітня програма - Комп'ютерна інженерія

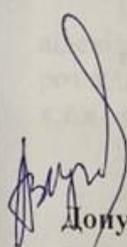
Шершун М. М. 

Керівник: канд. техн. наук, проф.

Азарова А. О. 

Опонент: завідувач кафедри МБІС

 канд. техн. наук, доцент Карпінець  
В.

  
Допущено до захисту

Завідувач кафедри ОТ

докт. техн. наук, проф.

Азаров О. Д.

« 23 » 06 2025 р

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет Інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

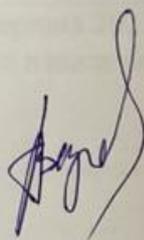
Кафедра Обчислювальної техніки

Галузь знань 12 - Інформаційні технології

Освітній рівень - магістр

Спеціальність 123 - «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ОТ  
д.т.н. проф Азаров О. Д.

«» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
студенту Шершуну Максиму Мирославовичу

1. Тема проекту «Програмно-апаратний засіб на платформі iOS для відслідковування психологічного стану військових із посттравматичними розладами засобами штучного інтелекту», Керівник проекту: Азарова А. О., к.т.н., проф.

Затверджено наказом від «20» березня 2025 р. №.

2. Строк подання студентом проекту: «13» травня 2025 р.

3. Вихідні дані для проекту: сучасні підходи до оброблення психологічних даних, моделі GPT-4, технології CoreML та SwiftUI, бібліотеки для шифрування та захисту даних, дані опитувальників CAPS, PCL-5, IES-R, фреймворки Apple HealthKit, Firebase, Keychain.

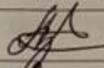
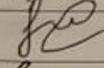
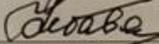
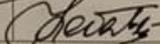
4. Текстова частина роботи містить: вступ, огляд проблеми моніторингу ПТСР у військових, аналіз існуючих програмних рішень, обґрунтування вибору платформи iOS, розроблення структурної та математичної моделі, реалізацію програмної частини, методи захисту даних, тестування та верифікацію моделі, рекомендації щодо впровадження системи та економічний аналіз.

5. Перелік графічного матеріалу:

- Структурна модель GPT-4;
- Архітектура мобільного додатку;

- Інтерфейс користувача;
  - Блок-схема оброблення психологічних даних;
  - Результати тестування моделі.
6. Консультанти розділів роботи наведені в табл. 1

Таблиця 1 – Консультанти роботи

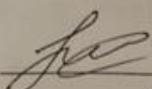
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Азарова А. О., к.т.н., проф		
5	Небава М.І., к.е.н., професор каф. ЕПВМ		

7. Дата видачі завдання «21» березня 2025 року.

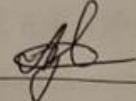
8. Календарний план виконання наведений у табл. 2

Таблиця 2 – Календарний план

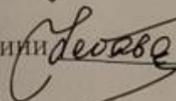
№ з/п	Назва етапів виконання бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задачі роботи	27.03.2025	вик
2	Огляд інформаційних джерел	03.04.2025	вик
3	Розробка структурної та математичної моделі	12.04.2025	вик
4	Створення апаратної частини системи	17.04.2025	вик
5	Розробка програмної частини мобільного додатку застосунку на IOS	28.04.2025	вик
6	Тестування, перевірка точності та верифікація	07.05.2025	вик
7	Оцінка економічної доцільності	09.05.2025	вик
9	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	21.05.2025	вик

Студент 

Шершун М. М.

Керівник роботи 

Азарова А. О.

Консультант з економічної частини 

Небава М. І.

## АНОТАЦІЯ

УДК 004

Шершун М. М. Програмно-апаратний засіб на платформі IOS для відслідковування психологічного стану військовослужбовців із посттравматичними розладами засобами штучного інтелекту. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — Комп'ютерна інженерія, Вінниця: ВНТУ, 2025.

На укр. мові. Бібліогр.: 35 назв; рис.: 28; табл.: 8; ліст. коду: 7.

У роботі розглянуто теоретичні та прикладні аспекти створення мобільного програмно-апаратного засобу на платформі iOS для моніторингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом (ПТСР). Проведено аналіз сучасних систем оцінювання психічного здоров'я, а також технологій машинного навчання, зокрема GPT-4, CoreML, Apple HealthKit.

Запропоновано інноваційний підхід до використання великих мовних моделей (LLM) для інтерпретації текстових відповідей користувача та прогнозування рівня психологічного ризику. Реалізовано інтеграцію з біометричними сенсорами та використано локальну обробку даних для забезпечення високого рівня конфіденційності. Результати тестування засвідчили високу точність діагностики, а економічне обґрунтування підтвердило комерційну доцільність розробки.

Ключові слова: програмно-апаратний засіб, iOS, GPT-4, ПТСР, військові, психологічний моніторинг, штучний інтелект, мобільний додаток, HealthKit, CoreML.

## ABSTRACT

Shershun M. M.

A Hardware-Software Tool on the iOS Platform for Monitoring the Psychological State of Military Personnel with Post-Traumatic Disorders Using Artificial Intelligence.

Master's Qualification Thesis in specialty 123 — Computer Engineering. — Vinnytsia: VNTU, 2025.

This thesis explores theoretical and practical aspects of developing a mobile hardware-software tool on the iOS platform for monitoring the psychological state of military personnel suffering from post-traumatic stress disorder (PTSD). It analyzes modern mental health assessment systems and machine learning technologies, including GPT-4, CoreML, and Apple HealthKit.

An innovative approach is proposed that employs large language models (LLM) to interpret users' textual responses and predict levels of psychological risk. Integration with biometric sensors is implemented, and local data processing is used to ensure a high level of confidentiality. The results of testing demonstrated high diagnostic accuracy, and the economic analysis confirmed the commercial viability of the solution.

Keywords: hardware-software tool, iOS, GPT-4, PTSD, military, psychological monitoring, artificial intelligence, mobile application, HealthKit, CoreML.

## ЗМІСТ

<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ ІЗ ПТСР.....</b>	<b>13</b>
1.1 Роль та значення програмно-апаратних засобів для моніторингу психологічного стану військових із ПТСР.....	13
1.2 Аналіз існуючих засобів та методів моніторингу психологічного стану.....	14
1.3 Вивчення переваг та недоліків сучасних технологій створення мобільних додатків із застосуванням штучного інтелекту.....	18
1.4 Дослідження технологій оброблення природної мови, моделей та методів аналізу ПТСР за допомогою мобільних додатків на основі штучного інтелекту..	24
1.5 Обґрунтування вибору апаратних та програмних засобів для створення мобільного додатку на платформі IOS.....	28
<b>РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ЗАСОБУ ДЛЯ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ AI.....</b>	<b>32</b>
2.1 Розроблення структурної моделі процесу реалізації відслідковування психологічного стану військових із ПТСР.....	32
2.2 Етапи реалізації удосконаленого засобами нейронної мережі LLM методу відслідковування психологічного стану військових.....	37
2.3 Особливості використання платформи IOS для моніторингу психологічного стану.....	39
2.4 Вибір мобільного пристрою для роботи програмного засобу на платформі IOS та безпекової платформи.....	41
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ ЗАСОБУ ДЛЯ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ.....</b>	<b>47</b>
3.1 Етапи створення програмного додатку.....	47
3.2 Обґрунтування вибору програмних засобів для реалізації додатку, що здійснює моніторинг психологічного стану військових із птер.....	49
3.3 Модульна та компонентна будова програмного додатку.....	51

3.4 Тестування та перевірка адекватності моделі.....	59
<b>РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>64</b>
4.1 Оцінювання комерційної привабливості та технологічної спроможності розробки.....	64
4.2 Фінансове планування витрат на виконання науково-технічного проєкту...	70
4.3 Визначення комерційної доцільності реалізації науково-технічного проєкту.....	72
4.4 Оцінювання доцільності інвестування та терміну повернення вкладених коштів	
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>77</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>80</b>
ДОДАТОК А. Технічне завдання.....	84
ДОДАТОК Б. Графічні матеріали.....	88
ДОДАТОК В Лістинг програми.....	94

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- AES – Advanced Encryption Standard – стандарт симетричного шифрування
- AI – Artificial Intelligence – штучний інтелект
- API – Application Programming Interface – інтерфейс прикладного програмування
- CAPS – Clinician-Administered PTSD Scale – шкала ПТСР, що заповнюється клініцистом
- Core ML – Core Machine Learning – фреймворк для машинного навчання від Apple
- DSM-5 – Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Діагностичне і статистичне керівництво з психічних розладів
- Firebase – хмарна платформа для розробки мобільних і вебдодатків
- GDPR – General Data Protection Regulation – Загальний регламент захисту даних (ЄС)
- GPT-4 – Generative Pre-trained Transformer 4 – генеративна попередньо навчена трансформерна модель четвертого покоління
- HealthKit – фреймворк Apple для збору медичних та біометричних даних
- IES-R – Impact of Event Scale – Revised – шкала оцінки впливу травматичних подій
- iOS – iPhone Operating System – операційна система для мобільних пристроїв Apple
- Keychain – бібліотека для безпечного збереження даних у Keychain
- LLM – Large Language Model – велика мовна модель
- MVC – Model-View-Controller – шаблон архітектури ПЗ
- MVVM – Model-View-ViewModel – шаблон архітектури ПЗ
- NLP – Natural Language Processing – обробка природної мови
- PCL-5 – PTSD Checklist for DSM-5 – опитувальник ПТСР за DSM-5
- PTSD/ПТСР – Post-Traumatic Stress Disorder – посттравматичний стресовий розлад
- RNN – Recurrent Neural Network – рекурентна нейронна мережа
- Secure Enclave – апаратна технологія Apple для зберігання ключів

StoreKit – фреймворк для реалізації покупок у додатках iOS

SwiftUI – фреймворк для створення інтерфейсів користувача на iOS

UI/UX – User Interface / User Experience – інтерфейс користувача / досвід користування

Xcode – середовище розробки програмного забезпечення Apple

## ВСТУП

В умовах сучасних воєнних конфліктів, зокрема російської агресії проти України, особливої гостроти набуває проблема, пов'язана з посттравматичним стресовим розладом (ПТСР) у військовослужбовців. На сьогодні вона є значною перешкодою для нормального життя та соціальної адаптації військових, які повертаються з бойових дій. Для України ця проблема набула особливої важливості, вимагаючи сучасних та ефективних підходів до її вирішення з урахуванням того, що наявні засоби не орієнтуються на україномовне середовище, мають доволі обмежений функціонал, та недостатню точність прийняття рішення щодо діагностування психологічного стану військових.

Серед провідних дослідників, які зробили значний внесок у розвиток засобів комп'ютеризованого моніторингу психологічного стану людини, варто відзначити як вітчизняних, так і закордонних науковців, зокрема таких, як: Зимовець Ю. О., Пінчук І. Я., Романчук О. М., Марущак Н. І., Булатова О. А., Азарова А. О., Шершун М. М., Муращенко О. Г., Рузакова О. В., Кокун О. М., Лозінська Н. С., Пішко І. О., Агаєв Н. А., Титаренко Т. М., Уварова С. Г., Бойченко Н. Г., Гришкан С. О., Улько Н. М., Борисова О. О., Мішиєв В., Михайлов Б., Гриневич Є., Омелянович В., Умеренкова Н., Череповська Н., Van der Kolk B., Herman J., Friedman M., Yehuda R., Resick P. A., Monson M. K., Chard K., McFarlane A., Brewin C., Shalev A., Liberzon I., Neuner F., Schnyder U., Frewen P., Feeny N., Briere J., Teicher M., Weathers F. W., Litz B. T., Keane T. M., Palmieri P. A., Marx B. P., Schnurr P. P., Weiss D. S., Marmar C. R. [1-42].

Традиційні методи діагностики та моніторингу мають значні недоліки, серед яких: висока суб'єктивність оцінок, залежність від регулярності відвідувань психолога та нестача автоматизації процесу моніторингу. Це створює потребу в розробленні нових автоматизованих систем, які здатні оперативно виявляти ознаки розладів та прогнозувати їх розвиток.

Отже, створення програмно-апаратних засобів, що уможливають розв'язок поставлених вище проблем, є актуальним завданням для підтримки

психічного здоров'я військових та підвищення ефективності їх лікування та реабілітації.

Метою даної роботи є покращення моніторингу психологічного стану військових із посттравматичними стресовими розладами із застосуванням програмно-апаратних засобів на основі штучного інтелекту.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі методи і систем моніторингу психологічного стану при ПТСР;

- розробити структурну та математичну моделі для реалізації удосконаленого засобами нейронної мережі LLM методу відслідковування психологічного стану військових із ПТСР;

- обґрунтувати вибір апаратних та програмних засобів для створення мобільного додатку на платформі iOS;

- розробити архітектуру програмно-апаратного комплексу, орієнтованого на інтеграцію методів ШІ та спроектувати апаратну частину програмно-апаратного комплексу;

- розробити програмну частину програмно-апаратного комплексу із застосуванням удосконаленого засобами нейронної мережі LLM методу для аналізу та інтерпретації психологічних показників;

- оцінити точність та ефективність запропонованого засобу та його тестування;

- довести економічну доцільність розробленого програмно-апаратного комплексу для моніторингу стану військовослужбовців;

- зробити висновки та рекомендації щодо використання розробленого програмно-апаратного комплексу.

Об'єктом дослідження є процес комп'ютеризованого моніторингу та аналізу психологічного стану військових, які мають посттравматичний стресовий розлад.

Предметом дослідження є програмно-апаратний засіб на базі мобільної платформи iOS, що використовує методи штучного інтелекту для діагностики та прогнозування змін психологічного стану військовослужбовців.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні підходу до моніторингу психологічного стану військовослужбовців, що, на відміну від існуючих засобів, шляхом використання мобільних технологій iOS та штучного інтелекту дозволяє підвищити оперативність, об'єктивність та точність діагностики ПТСР.

Практичне значення роботи визначається можливістю використання створеного програмно-апаратного засобу для регулярного моніторингу психічного здоров'я військових, що сприятиме своєчасному виявленню негативних змін і покращенню якості психологічної допомоги.

Апробація. Результати дослідження було висвітлено на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (м. Вінниця, 2025).

Публікації. За результатами дослідження було опубліковано тези доповідей на міжнародній конференції [33] та статтю у фаховому періодичному виданні [34], для захисту авторських прав на розроблений програмно-апаратний комплекс було отримано відповідне свідоцтво [35].

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ ІЗ ПТСР

#### 1.1 Роль та значення програмно-апаратних засобів для моніторингу психологічного стану військових із ПТСР

На сьогоднішній день існує низка методів та засобів, що використовуються для моніторингу психологічного стану військових з посттравматичним стресовим розладом. Традиційні методи передбачають регулярні консультації із психологами, психіатрами, а також використання стандартизованих анкет і опитувальників. Одним із найбільш застосовуваних психодіагностичних інструментів є CAPS (Clinician-Administered PTSD Scale), що дозволяє оцінювати наявність та інтенсивність симптомів ПТСР, але потребує професійного втручання психолога чи психіатра [35].

Окрім CAPS, активно використовуються інші шкали, такі як PCL-5 (PTSD Checklist for DSM-5), яка є самооцінювальним інструментом і дозволяє військовим самостійно відстежувати свій стан. Ще одним поширеним методом є шкала травматичного стресу IES-R (Impact of Event Scale-Revised), яка призначена для оцінювання інтенсивності суб'єктивних переживань та реакцій на травматичні події.

Застосування традиційних психологічних опитувальників має певні обмеження, серед яких – суб'єктивність відповідей, потенційна неточність через самозвітність, залежність результатів від регулярності взаємодії пацієнта з психологом та висока ймовірність недооцінки або переоцінки стану пацієнтом [1].

Паралельно з психологічними методами активно використовуються інструментальні засоби моніторингу, які дозволяють об'єктивізувати отримувані результати. До них належать біосенсори, що реєструють фізіологічні показники організму, такі як частота серцевих скорочень, варіабельність серцевого ритму, рівень стресу, якість сну, фізична активність, електрична активність мозку

(електроенцефалографія). Такі засоби надають можливість автоматизованого збору даних, що значно зменшує суб'єктивізм у діагностиці та дозволяє отримувати інформацію у режимі реального часу.

## 1.2 Аналіз існуючих засобів та методів моніторингу психологічного стану

Серед сучасних програмних рішень особливе місце посідають мобільні додатки, які інтегрують психологічні та інструментальні методи моніторингу. До таких додатків належать PTSD Coach, MoodNotes, Headspace, які мають широке застосування за кордоном (рис 1.1, 1.2). Ці мобільні рішення часто оснащені елементами штучного інтелекту та алгоритмами машинного навчання для автоматичного аналізу зібраних даних.



Рисунок 1.1 – Програмне рішення PTSD Coach

Проте існуючі програмні комплекси також мають низку обмежень, таких як недостатня точність алгоритмів, складність інтеграції з різними апаратними пристроями, недостатня персоналізація під конкретного користувача, обмежена доступність українською мовою та відсутність належної адаптації до особливостей українських військових (табл. 1.1).

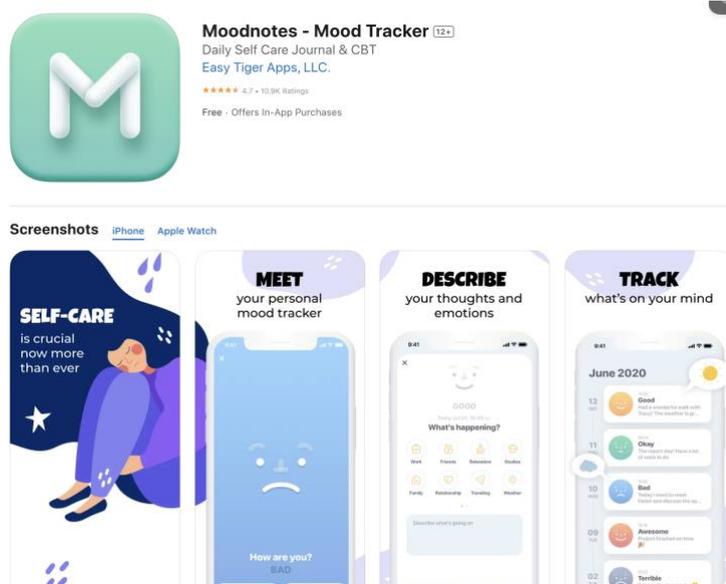


Рисунок 1.2 – Програмне рішення MoodNotes

Таблиця 1.1 – Функціональний аналіз програмних комплексів для моніторингу психологічного стану військовослужбовців з ПТСР

Критерій	PTSD Coach	MoodNotes	Headspace	Caree
Платформи	IOS, Android	IOS	IOS, Android	IOS
Мови	Англійська	Англійська	Багатомовний (немає української)	Багатомовний
AI аналіз	Базовий (машинове навчання для рекомендацій)	NLP для аналізу текстів	Генералізовані рекомендації	Глибокі неймережі, інтеграція LLM (GPT)
Біометричний моніторинг	Немає	Немає	Частково	Немає
Чат-підтримка	Немає	Немає	Немає	Можливість чату з AI-психологом

(Продовження табл. 1.1)

Персоналізація	Обмежена	Середня (на основі щоденника)	Загальні	Індивідуальні рекомендації на основі AI
----------------	----------	-------------------------------	----------	---

Ключовими перевагами є локалізація, перший додаток з повною підтримкою української мови та адаптацією місцевих реалій, глибина аналізу за допомогою CoreML та LLM GPT, локальне оброблення даних, яка запобігає ризику витоку конфіденційної інформації, та спеціалізація саме на військових з ПТСР, а не на загальний ринок [2].

Таким чином, аналіз сучасних методів і засобів моніторингу психологічного стану військових свідчить про актуальність створення комплексного та автоматизованого програмно-апаратного засобу, який об'єднує переваги психодіагностичних, інструментальних та програмних методів на базі мобільної платформи iOS із використанням штучного інтелекту.

Для діагностики та моніторингу посттравматичного стресового розладу використовуються різноманітні психодіагностичні методики, кожна з яких має свої особливості, переваги та обмеження.

CAPS (Clinician-Administered PTSD Scale) – структуроване інтерв'ю, яке є золотим стандартом у діагностиці ПТСР. CAPS дозволяє виявляти наявність та інтенсивність симптомів розладу на підставі критеріїв DSM-5. До переваг цього інструменту належить висока валідність та надійність, детальне охоплення симптоматики та можливість якісного аналізу змін симптомів з часом. Основними недоліками є необхідність професійного втручання кваліфікованого спеціаліста, значні витрати часу на проведення інтерв'ю та потенційний вплив суб'єктивних факторів інтерв'юера [2].

PCL-5 (PTSD Checklist for DSM-5) – самооцінювальний інструмент, що містить 20 питань, які відповідають симптомам ПТСР згідно з DSM-5. PCL-5 дозволяє військовослужбовцям самостійно проводити первинну оцінку власного психологічного стану. Перевагами цієї методики є простота застосування,

мінімальна залежність від втручання фахівців, можливість швидко отримати результат для попередньої діагностики. Недоліками ж можуть бути суб'єктивність самооцінки, ризик недооцінки або переоцінки симптоматики та недостатня чутливість до деяких клінічних проявів.

IES-R (Impact of Event Scale-Revised) – шкала, призначена для вимірювання інтенсивності суб'єктивних переживань, пов'язаних із травматичними подіями. IES-R складається з 22 питань і дозволяє оцінювати три основні симптоматичні кластери ПТСР: нав'язливі спогади, уникнення та гіперзбудження. Серед переваг – хороша чутливість до змін симптомів з часом, простота використання та швидкість заповнення.

Недоліками є обмеженість лише оцінкою інтенсивності переживань без глибокого аналізу їх причин, а також залежність результатів від точності самооцінки користувачем.

Таким чином, хоча перелічені психодіагностичні методики широко використовуються в практиці, вони мають низку спільних недоліків, таких як суб'єктивність, необхідність регулярного залучення професіоналів та недостатня автоматизація процесу моніторингу. Це створює необхідність у пошуку більш комплексних та автоматизованих підходів, що дозволить підвищити ефективність та оперативність діагностики ПТСР.

Сучасні програмні рішення для моніторингу та діагностики психологічного стану, особливо у контексті ПТСР, дедалі частіше інтегрують елементи штучного інтелекту (ШІ). Розглянемо декілька популярних мобільних додатків, які використовують ШІ для покращення якості моніторингу та підтримки користувачів.

PTSD Coach – це додаток, розроблений Міністерством ветеранів США, що поєднує інструменти для самооцінки симптомів, освіти щодо ПТСР, управління симптомами та підтримку користувача. PTSD Coach активно використовує алгоритми машинного навчання для аналізу даних користувача та надання персоналізованих рекомендацій. Основні переваги цього додатку полягають у його зручності, доступності та доведеній ефективності. Недоліками можна

назвати недостатню адаптацію до умов України та обмежену підтримку українською мовою.

MoodNotes – мобільний додаток, що базується на когнітивно-поведінковій терапії (КПТ). Він включає в себе інструменти для ведення журналу настрою, виявлення негативних думок та управління стресом. MoodKit використовує елементи штучного інтелекту для автоматичного аналізу записів користувача, прогнозування погіршення стану та надання персоналізованих рекомендацій. Додаток простий у використанні, але недоліком є відсутність інтеграції з зовнішніми біометричними сенсорами та недостатній рівень персоналізації для окремих категорій користувачів, зокрема військових.

Headspace – популярний додаток для медитації та покращення психічного здоров'я, який використовує ШІ для створення персоналізованих програм зниження стресу та поліпшення загального психологічного самопочуття. Основна перевага Headspace – це його простота і ефективність для широкого кола користувачів. Водночас, до його недоліків належить загальний характер рекомендацій, що може бути недостатнім для вирішення специфічних проблем військовослужбовців з ПТСР [3].

Проведений аналіз показує, що хоча існуючі програмні рішення з використанням штучного інтелекту демонструють значний потенціал, для їх повноцінного застосування у контексті українських військовослужбовців з ПТСР необхідна додаткова адаптація до місцевих умов та інтеграція з інструментальними методами діагностики.

### 1.3 Вивчення переваг та недоліків сучасних технологій створення мобільних додатків із застосуванням штучного інтелекту

Сучасні мобільні додатки із застосуванням штучного інтелекту (ШІ) широко використовуються для вирішення різноманітних завдань, зокрема й моніторингу психічного здоров'я. Серед популярних технологій розробки таких

додатків слід відзначити використання платформ машинного навчання, таких як TensorFlow, Core ML, PyTorch, які дозволяють створювати та інтегрувати моделі штучного інтелекту безпосередньо в мобільні пристрої (рис. 1.3).

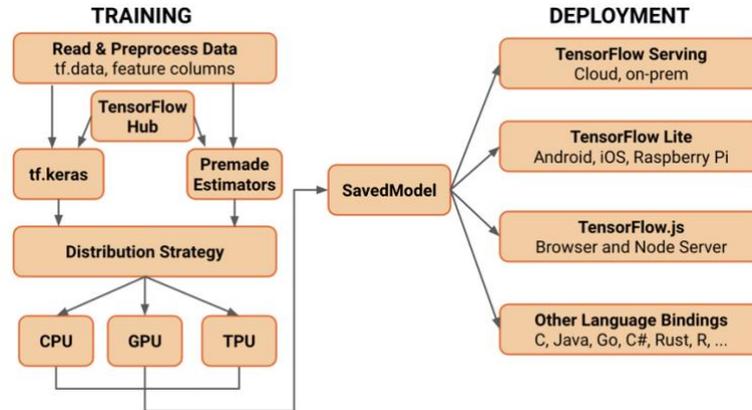


Рисунок 1.3 – Вигляд натренованої моделі TensorFlow

Особливої уваги заслуговує платформа Core ML, розроблена компанією Apple, що дозволяє швидко та ефективно інтегрувати попередньо навчені моделі машинного навчання в додатки на платформі iOS. Core ML підтримує роботу з широким спектром моделей – від простих класифікаторів до глибоких нейронних мереж. Платформа дозволяє проводити локальний аналіз даних безпосередньо на мобільному пристрої, що значно підвищує безпеку та конфіденційність персональних даних користувача [3].

Окрім Core ML (рис. 1.4), розробники активно використовують технології обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP), такі як Apple Natural Language framework та інші сервіси, зокрема Google NLP та IBM Watson (рис. 1.4). Ці технології ефективно аналізують текстові дані, отримані з анкет або самозвітів користувачів, дозволяючи швидко виявляти негативні зміни у психоемоційному стані.



Рисунок 1.4 – Модель Core ML

Також важливими є технології для роботи з сенсорами пристроїв – HealthKit та ResearchKit, які дозволяють збирати та аналізувати фізіологічні та поведінкові показники користувача. HealthKit надає можливість ефективного агрегування інформації, зібраної з різних датчиків, що дозволяє здійснювати комплексний моніторинг стану здоров'я користувачів. ResearchKit додатково забезпечує можливість проведення клінічних досліджень безпосередньо через мобільний додаток, що розширює можливості збору та аналізу великих масивів даних.

Використання сучасних фреймворків, таких як SwiftUI, UIKit і Combine, забезпечує створення зручних, інтуїтивно зрозумілих та адаптивних інтерфейсів мобільних додатків. Це сприяє покращенню користувацького досвіду та підвищує зручність використання додатків у повсякденному житті військовослужбовців.

Важливим аспектом є інтеграція технологій хмарних сервісів, таких як AWS, Firebase, Google Cloud Platform, що забезпечують збереження, резервне копіювання, синхронізацію та аналіз даних. Завдяки цим сервісам мобільні додатки можуть оперативно масштабуватись та надавати швидкий доступ до даних з будь-якого місця та пристрою.

Таким чином, комплексне застосування сучасних мобільних технологій, методів штучного інтелекту та хмарних сервісів дозволяє створювати високоефективні мобільні додатки, здатні якісно вирішувати задачі моніторингу та аналізу психологічного стану, що є критично важливим для військовослужбовців з посттравматичними розладами.

У контексті створення мобільних застосунків для iOS особливої уваги заслуговує порівняння найбільш поширених фреймворків машинного навчання – TensorFlow, PyTorch та Core ML. Хоча TensorFlow і PyTorch є загально визнаними стандартами у сфері глибокого навчання, їх застосування у мобільному середовищі iOS супроводжується низкою суттєвих обмежень [4].

Зокрема, TensorFlow Lite, хоча й орієнтований на мобільні пристрої, часто вимагає додаткової оптимізації моделі, складної конфігурації середовища, а також демонструє гіршу інтеграцію в екосистему Apple. Під час розгортання моделей у додатках iOS, TensorFlow Lite вимагає використання додаткових обгорток та сторонніх бібліотек для забезпечення стабільної взаємодії з Swift або Objective-C. Це ускладнює розробку, збільшує час виведення продукту на ринок та створює потенційні проблеми із сумісністю в майбутньому.

PyTorch Mobile, попри свою гнучкість і зручність під час навчання моделей, також має низку недоліків в контексті мобільного інференсу. Зокрема, його інтеграція з iOS вимагає глибшого технічного розуміння інфраструктури моделі, ручної оптимізації та експорту через TorchScript. Крім того, PyTorch демонструє гірші показники споживання енергії та продуктивності на iOS-пристроях у порівнянні з нативними рішеннями.

На цьому фоні Core ML вирізняється своєю інтеграційною простотою, високою продуктивністю та повною відповідністю екосистемі Apple. Завдяки підтримці апаратного прискорення (Neural Engine), інференс моделей у Core ML виконується швидко, локально, із мінімальним навантаженням на ресурси пристрою. Це забезпечує не лише кращу продуктивність, але й підвищує рівень конфіденційності, оскільки обробка даних відбувається безпосередньо на пристрої, без передачі інформації в хмару.

Core ML також підтримує автоматичну конверсію з форматів TensorFlow, PyTorch, ONNX та Keras через Apple Core ML Tools, що спрощує перенесення моделей з інших платформ. Таким чином, використання Core ML є найбільш доцільним вибором для розробників, що працюють у межах iOS-екосистеми,

особливо коли мова йде про проєкти, де критично важливими є швидкодія, енергоефективність та захист персональних даних користувачів.

**Оптимізація моделей машинного навчання для апаратного забезпечення Apple.** Однією з ключових переваг Core ML (табл. 1.2) є його глибока інтеграція з апаратними компонентами пристроїв Apple, зокрема [36]:

- використання CPU, GPU та Apple Neural Engine (ANE) для прискорення обчислень;
- апаратна оптимізація для ефективного виконання моделей без надмірного навантаження на систему;
- підтримка квантування та стиснення моделей для зменшення їх розміру та підвищення швидкодії;

Це забезпечує значну продуктивність у порівнянні з кросплатформними рішеннями, які не мають такої спеціалізованої підтримки.

Забезпечення конфіденційності персональних даних користувача. На відміну від хмарних ML-сервісів (наприклад, Google Cloud ML або AWS SageMaker), Core ML виконує обчислення локально, що:

- усуває залежність від інтернет-з'єднання та зменшує затримки;
- забезпечує відсутність передачі конфіденційних даних на сторонні сервери, що критично для медичних, фінансових або корпоративних додатків;
- дозволяє працювати в офлайн-режимі, що є важливим для вбудованих систем та мобільних застосунків;
- простота інтеграції та підтримка інструментів розробки;

Core ML є частиною екосистеми Apple, що спрощує його використання в розробці:

- нативна підтримка в Xcode (інструменти для конвертації моделей, профілювання продуктивності);
- інтеграція з Swift та Python (через Core ML Tools для конвертації моделей з TensorFlow/PyTorch);
- сумісність з іншими фреймворками Apple (Vision для обробки зображень, Natural Language для NLP);

Це значно прискорює процес розробки в порівнянні з використанням TensorFlow Lite або ONNX Runtime, які вимагають додаткових етапів адаптації.

Енергоефективність та оптимізація споживання ресурсів

Завдяки використанню спеціалізованих апаратних прискорювачів (ANE), Core ML забезпечує [5]:

- зниження навантаження на CPU/GPU, що продовжує автономність мобільних пристроїв;
- мінімальний вплив на продуктивність системи при виконанні складних моделей;

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз платформ для побудови моделей машинного навчання в мобільних додатках

Критерій	Core ML	TensorFlow Lite	ONNX Runtime	Хмарні ML-сервіси
Локальний інференс	Так	Так	Так	Ні
Підтримка Neural Engine	Так	Ні	Ні	Ні
Оптимізація від Apple	Так	Обмежена	Обмежена	Ні
Офлайн робота	Так	Так	Так	Ні
Інтеграція з Swift	Так	Через обгортки	Через обгортки	Ні

Таким чином, Core ML є оптимальним вибором для розробки програмно-апаратного комплексу для моніторингу психологічного стану військових із ПТСР, оскільки він орієнтований на пристрої Apple, завдяки високій продуктивності, безпеці, простоті інтеграції та енергоефективності.

Використання цього фреймворку дозволить забезпечити високу швидкодію ML-моделей при мінімальному споживанні ресурсів, що є критично важливим для сучасних інтелектуальних систем.

#### 1.4 Вивчення технологій оброблення природної мови, моделей та методів аналізу ПТСП за допомогою мобільних додатків на основі штучного інтелекту

Технології оброблення природної мови (Natural Language Processing, NLP) є важливою складовою сучасних мобільних додатків, особливо тих, що орієнтовані на аналіз психоемоційного стану користувачів. NLP дозволяє автоматично аналізувати текстову інформацію, яку надають користувачі, зокрема їхні відповіді на анкетні запитання, записи у щоденниках настрою чи повідомлення у чатах підтримки [6].

Apple Natural Language framework – це вбудована технологія в iOS, що забезпечує простий та ефективний аналіз текстових даних безпосередньо на пристрої. Вона дозволяє визначати ключові слова, здійснювати класифікацію текстів та визначати емоційний тон повідомлень.

Google NLP – хмарна платформа від компанії Google, яка надає широкий спектр інструментів для аналізу природної мови, включаючи аналіз тональності, розпізнавання сутностей та категоризацію текстів. Перевагою Google NLP є висока точність та широка підтримка різних мов, що особливо важливо для міжнародних застосунків.

IBM Watson NLP – потужна хмарна платформа, що дозволяє детально аналізувати текстові дані, визначати емоції, класифікувати документи та проводити тематичне моделювання. Watson NLP відрізняється глибокими можливостями аналізу та інтеграції з іншими корпоративними інструментами, що робить її оптимальною для масштабних рішень [7].

Зважаючи на обмеження альтернативних рішень, зокрема IBM Watson NLP і Google NLP, до основних недоліків яких належить необхідність стабільного інтернет-з'єднання, передача конфіденційних даних на сторонні сервери, а також складність адаптації до українськомовного контенту, було обрано саме Apple Natural Language framework. Цей фреймворк працює повністю локально на пристрої, забезпечує високу швидкість обробки та конфіденційність, що критично важливо при роботі з чутливою інформацією психологічного

характеру. Крім того, він нативно інтегрується з екосистемою iOS, легко поєднується з Core ML і Swift, що спрощує розробку та дозволяє швидко адаптувати функціональність під специфіку мобільного додатку. Саме тому для вирішення поставлених в МКР задач необхідно застосовувати Apple Natural Language framework, оскільки вона дозволить додатку, що розробляється, не лише ефективно аналізувати психологічний стан користувачів, але й оперативно реагувати на зміни їхнього емоційного стану, що важливо для профілактики загострень ПТСР.

**Сенсорні технології для збирання та аналізу даних про фізіологічні показники користувачів.** Apple надає дві основні технології, представлені фреймворками для роботи з сенсорними даними – HealthKit і ResearchKit, проаналізуємо їх.

HealthKit – це фреймворк, який дозволяє централізовано збирати, зберігати та аналізувати дані про здоров'я користувача з різних джерел (Apple Watch, iPhone, зовнішні сенсори). Основними перевагами HealthKit є інтегрованість з екосистемою Apple, можливість централізованого моніторингу та забезпечення конфіденційності даних.

ResearchKit – спеціалізований фреймворк, що використовується для організації клінічних досліджень на базі мобільних пристроїв. Він дозволяє ефективно проводити опитування, тести, збирати біометричні дані в реальному часі та аналізувати їх для наукових цілей.

Використання цих технологій у МКР дає можливість створити додаток, який забезпечує комплексний та точний моніторинг психологічного та фізіологічного стану користувачів, що є важливим для ефективного управління ПТСР [8].

**Моделі штучного інтелекту для аналізу психологічних даних військових** у програмно-апаратному засобі можуть використовуватись для відслідковування різноманітних психологічних даних та визначення психологічних станів користувачів. Розглянемо сучасні великі мовні моделі (LLM), такі як GPT (Generative Pre-trained Transformer), LLaMA (Meta AI), Claude

(Anthropic) та Bard (Google), демонструють вражаючі результати у сфері психологічної підтримки завдяки своїй здатності до глибокого аналізу та генерації тексту, подібного до того, що вимовляє людина.

З метою визначення найбільш придатної великої мовної моделі для реалізації поставлених у магістерській роботі задач було здійснено порівняльний аналіз сучасних LLM-моделей: GPT-4 (OpenAI), Claude (Anthropic), LLaMA (Meta AI) та Bard (Google). Оцінювання проводилось за такими критеріями:

- здатність до глибокого контекстуального аналізу текстової інформації;
- точність відповідей при взаємодії з користувачем;
- можливість локального розгортання на мобільному пристрої без необхідності підключення до хмарних серверів;
- рівень захищеності персональних даних;
- сумісність із технологічною екосистемою платформи iOS, зокрема з Core ML.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика сучасних LLM-моделей

Критерій	GPT-4 (OpenAI)	Claude (Anthropic)	LLaMA (Meta AI)	Bard (Google)
Рівень контекстуального аналізу	Високий	Високий	Середній	Середній
Точність відповідей	Висока	Висока	Залежить від налаштування	Середня
Локальне розгортання на iOS	Так (через Core ML)	Обмежено (неоптимізована)	Можливе (після адаптації)	Відсутнє
Забезпечення конфіденційності	Високе (локальна обробка)	Високе	Залежить від реалізації	Низьке (обробка у хмарі)
Інтеграція з екосистемою iOS	Повна (Core ML, Swift)	Відсутня	Часткова (через конвертацію)	Відсутня
Підтримка української мови	Так	Так	Обмежено	Обмежено
Енергоефективність при виконанні	Висока (ANE, оптимізація Apple)	Середня	Середня	Низька

Проведений аналіз дозволив дійти висновку, що найбільш доцільним вибором для реалізації запропонованого програмно-апаратного засобу є модель GPT-4 від OpenAI. Вона не лише демонструє високі результати в аналізі природної мови, але й повністю відповідає вимогам безпеки, енергоефективності та сумісності з екосистемою iOS. Завдяки можливості інтеграції в мобільні застосунки через фреймворк Core ML, GPT-4 забезпечує локальну обробку даних, що є критично важливим у контексті захисту персональної психологічної інформації користувача [9].

Отже, у подальших розділах саме ця модель використовуватиметься для реалізації інтелектуального методу аналізу психологічного стану військовослужбовців із ПТСР.

Під час вибору моделі, яка застосовуватиметься у наступних розділах магістерської для вирішення поставлених задач було враховано такі критерії, як точність відповідей, швидкість роботи, можливості локального розміщення на пристрої та забезпечення конфіденційності.

Отже, такий критеріальний аналіз в роботі показав, що саме GPT-4 від OpenAI (або адаптовані версії LLaMA від Meta AI) є оптимальною моделлю для застосування у додатках на платформі iOS у мобільних пристроях.

GPT-4 від OpenAI є потужним інструментом, здатним забезпечити якісну психологічну підтримку та ефективний моніторинг психологічного стану користувачів мобільних додатків на платформі iOS.

Використання такої технології штучного інтелекту дозволяє автоматично, швидко та ефективно аналізувати великі обсяги даних, отримані з біометричних сенсорів або у вигляді текстових повідомлень, забезпечуючи при цьому високу точність і швидкість реагування на зміни психологічного стану користувачів.

**Методи штучного інтелекту для моніторингу психологічного стану військових із ПТСР.** Серед усіх методів штучного інтелекту для аналізу психологічних даних особливе місце посідають глибокі нейронні мережі завдяки їхній здатності працювати зі складними, неоднорідними та багатовимірними наборами даних.

Зокрема, рекурентні нейронні мережі (RNN), а саме мережі з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM, Long Short-Term Memory), ефективно використовуються для аналізу часових рядів, таких як динаміка зміни серцевого ритму, фізичної активності чи якості сну. Цей метод дозволяє враховувати попередні стани і передбачати майбутні зміни психологічного стану [10].

Згорткові нейронні мережі (CNN) застосовуються переважно для аналізу візуальної інформації, зокрема для ідентифікації емоційних станів на основі фотографій або відеозаписів облич користувачів, що дозволяє додатково уточнювати аналіз психологічного стану.

Великі мовні моделі (Large Language Models, LLM), такі як GPT (Generative Pretrained Transformer), успішно використовуються для аналізу текстової інформації в діалогах користувача з додатком.

Отже, оскільки LLM моделі здатні аналізувати тональність і контекст повідомлень, що дає можливість своєчасно виявляти емоційну напругу або депресивні тенденції користувача, то для вирішення поставлених у роботі задач варто застосовувати великі мовні моделі (Large Language Models, LLM), а саме GPT (Generative Pretrained Transformer). Вони відкривають широкі можливості для якісного аналізу психологічних даних і значно підвищує ефективність систем моніторингу та підтримки психологічного здоров'я військових із ПТСР.

### 1.5 Обґрунтування вибору апаратних та програмних засобів для створення мобільного додатку на платформі IOS

Актуальність розробки програмно-апаратного засобу на платформі iOS зумовлюється низкою важливих факторів. По-перше, популярність та поширеність мобільних пристроїв на базі iOS серед користувачів робить цю платформу доступною та ефективною для реалізації спеціалізованих додатків. Пристрої Apple вирізняються високою стабільністю роботи, якістю та рівнем безпеки, що є надзвичайно важливими критеріями для роботи з персональними медичними даними.

По-друге, екосистема Apple включає розвинені інструменти для інтеграції з апаратними сенсорами та програмними фреймворками, такими як HealthKit, Core ML, SwiftUI та інші, що значно спрощує процес розробки комплексних програмно-апаратних рішень.

По-третє, актуальність підсилюється гострою потребою у надійних та оперативних засобах моніторингу психічного здоров'я військовослужбовців, які б могли працювати автономно і з мінімальним втручанням користувача. iOS-пристрої з їх високими технічними характеристиками дозволяють реалізовувати потужні алгоритми аналізу, які можуть оперативно реагувати на зміни стану користувача та інформувати про потенційні ризики.

Окрім цього, наявність у пристроях Apple вбудованих технологій забезпечення приватності та захисту даних є додатковою перевагою для використання у медичних та психологічних застосунках, де конфіденційність даних користувача має першочергове значення. Можливість здійснювати локальну обробку даних без передачі на зовнішні сервери дозволяє значно знизити ризики витоку конфіденційної інформації [11].

Також важливо враховувати зручність та інтуїтивність інтерфейсу операційної системи iOS, що забезпечує комфортне використання додатку навіть для людей без спеціальної підготовки. Це є особливо актуальним для військовослужбовців, які перебувають у складних умовах та потребують максимально простих у використанні інструментів.

Додатковим аргументом на користь вибору саме платформи iOS є регулярне оновлення системи та довготривала підтримка пристроїв компанією Apple, що гарантує стабільну роботу та постійний доступ до найсучасніших технологій і оновлень безпеки.

Таким чином, розробка комплексного програмно-апаратного засобу на платформі iOS з використанням штучного інтелекту є надзвичайно актуальним і перспективним напрямом для моніторингу та підтримки психічного здоров'я військовослужбовців, що дозволить значно підвищити якість їх життя,

ефективність психологічної реабілітації та попередження негативних наслідків посттравматичних розладів.

## **Висновки до розділу 1**

У першому розділі було здійснено теоретичний аналіз сучасних методів моніторингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом (ПТСР), а також досліджено можливості застосування штучного інтелекту для автоматизованої підтримки таких процесів. Було охарактеризовано як традиційні психодіагностичні методи, так і інструментальні та програмні засоби, зокрема мобільні додатки з елементами машинного навчання.

Результати аналізу засвідчили наявність суттєвих обмежень у наявних рішеннях: недостатня персоналізація, відсутність адаптації до українського контексту, обмежена функціональність та невисока точність діагностики у порівнянні з можливостями сучасних моделей штучного інтелекту.

Зважаючи на поставлену мету – створення мобільного програмно-апаратного засобу для аналізу психологічного стану військових – у роботі було обґрунтовано доцільність використання великих мовних моделей (Large Language Models, LLM) [12], здатних до контекстної інтерпретації текстової інформації, виявлення патернів у поведінці користувача та генерації психологічно релевантних висновків.

Було проведено порівняльний аналіз чотирьох провідних LLM-моделей: GPT-4 (OpenAI), Claude (Anthropic), LLaMA (Meta AI) та Bard (Google). Аналіз здійснювався за такими критеріями, як точність відповідей, швидкодія, можливість локального розгортання на мобільному пристрої, ступінь інтеграції з платформою iOS, рівень забезпечення конфіденційності даних та зручність розгортання.

За результатами аналізу встановлено, що модель GPT-4 є найбільш придатною для використання у розроблюваному програмно-апаратному комплексі. Це пояснюється такими її перевагами:

- висока якість оброблення природної мови, здатність до глибокого контекстуального аналізу;
- підтримка адаптації до мобільних платформ через фреймворк Core ML;
- можливість виконання обчислень локально на пристрої без необхідності передачі даних на сторонні сервери, що є критично важливим для збереження конфіденційності;
- енергоефективність, стабільна робота в середовищі iOS, а також підтримка безпечної взаємодії з користувачем.

Таким чином, у подальших розділах роботи реалізація методу моніторингу психологічного стану буде здійснюватися на основі GPT-4 як найбільш ефективної, безпечної та адаптивної великої мовної моделі. Такий підхід дозволить підвищити точність оцінювання психологічного стану, забезпечити індивідуальний підхід до користувача та створити надійний інструмент для попередження загострень ПТСР серед військових.

## 2. РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ЗАСОБУ ДЛЯ ВІДСЛІДКУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ AI

2.1 Розроблення структурної моделі процесу реалізації відслідковування психологічного стану військових із ПТСР

Процедура анкетування є базовою для вирішення поставлених в МКР задач. У роботі пропонується удосконалити на основі моделі GPT-4 від OpenAI метод моніторингу психологічного стану військових із посттравматичним стресовим розладом (ПТСР), який пропонується реалізувати структурною моделлю, наданою на рис. 2.1 [33].

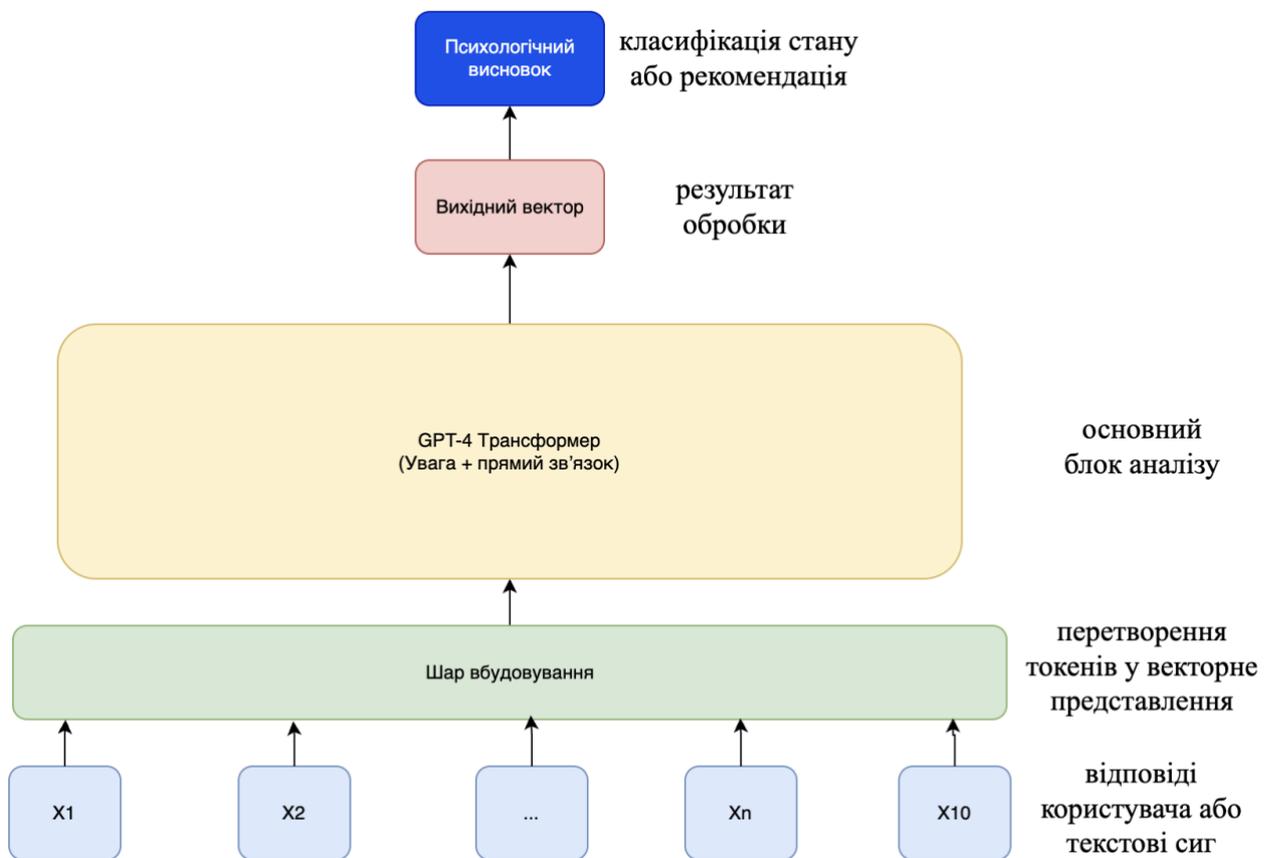


Рисунок 2.1 - Модель оброблення текстових входів

На рис. 2.1 показано структурну модель оброблення текстових входів ( $X_1 \dots X_{10}$ ) у GPT-4 для визначення психологічного стану військовослужбовця:

- $X_1 - X_{10}$ : вхідні дані (відповіді користувача або текстові сигнали);
- Шар вбудовування: перетворення токенів у векторне представлення;
- GPT-4 Трансформер: основний блок аналізу, що включає багатоголову увагу й глибинні шари [13];
- Вихідний вектор: результат обробки — вектор з урахуванням контексту;
- Психологічний висновок: класифікація стану або рекомендація.

Розглянемо на рис. 2.2 етапи процесу оброблення тексту в трансформерній мовній моделі.

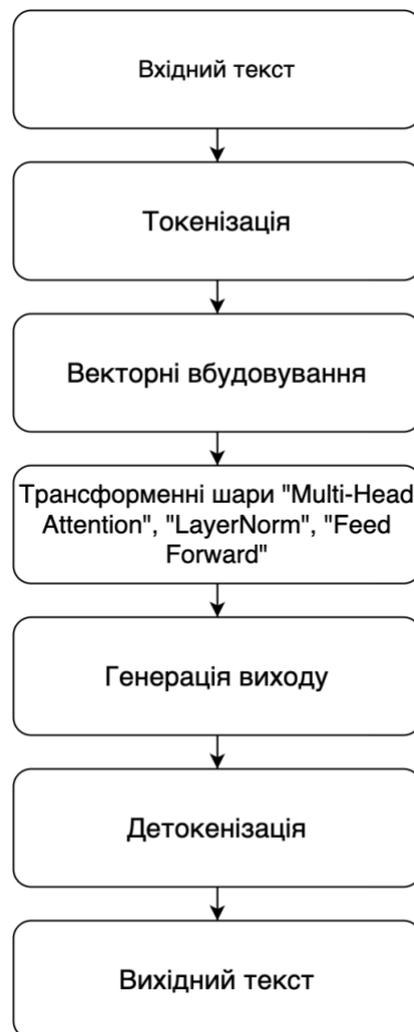


Рисунок 2.2 – Етапи оброблення тексту в трансформерній мовній моделі

На основі поданої вище структурної моделі опишемо поетапно метод моніторингу психологічного стану військових із ПТСР.

Етап 1. Процес оброблення тексту питання починається з отримання вхідного текстового запиту, який може варіюватися від короткого речення до розгорнутого абзацу.

Етап 2. Токенізація – процес розбиття вхідного тексту на окремі складові частини за допомогою спеціального алгоритму кодування. Ця процедура перетворює природну мову на послідовність спеціальних токенів, кожен з яких отримує унікальний числовий ідентифікатор.

Етап 3. Перетворення токенів у векторні представлення. Кожен елемент послідовності за допомогою шару вбудовування набуває форми числового вектора, що містить інформацію про семантичні та синтаксичні властивості відповідного фрагмента тексту.

Етап 4. Для врахування позиції слів у реченні до векторів додаються спеціальні позиційні кодування.

1. Серцевиною моделі є багат шаровий трансформерний блок, який складається з механізмів уваги та прямого зв'язку. Механізм багатоголової уваги дозволяє моделі аналізувати складні взаємозв'язки між різними частинами вхідного тексту, виявляючи найважливіші залежності. Кожна "голова" уваги спеціалізується на різних аспектах мовних зв'язків, що забезпечує глибоке розуміння контексту.

2. Після оброблення механізмами уваги дані проходять через шари нормалізації, які стабілізують процес навчання та запобігають потенційним проблемам. Далі інформація обробляється мережею прямого зв'язку, що додає нелінійність і розширює можливості моделі щодо виявлення складних закономірностей.

Етап 5. Процес генерації відповіді є ітеративним і поступовим. На кожному кроці модель визначає найбільш ймовірне продовження тексту, враховуючи всі попередні результати [14].

Етап 6. Детокенізація. Використовуючи спеціальні стратегії вибірки, система формує послідовність токенів, яка потім перетворюється назад у природномовний вигляд. Ця процедура включає об'єднання субсловних токенів,

відновлення пунктуації та форматування, що в результаті дає зрозумілу і логічно завершену відповідь.

Ефективність подібної архітектури зумовлена глибоким розумінням мовних структур, здатністю враховувати довгострокові залежності в тексті та потужними механізмами обробки інформації. Постійне вдосконалення алгоритмів навчання та збільшення масштабів моделей відкривають нові горизонти в галузі обробки природної мови, роблячи такі системи, як ChatGPT, все більш точними та багатофункціональними.

Для реалізації запропонованого методу розробимо відповідну математичну модель нейронної мережі LLM таким чином.

Аналіз текстових відповідей здійснюється за допомогою LLM-моделі [34]:

$$Y_{LLM} = f_{LLM}(X_{norm}, \theta),$$

де  $f_{llm}$  – функція передбачення LLM,  $\theta$  – параметри моделі.

Вхідні дані у вигляді відповідей на питання, які переводяться у нормалізовані значення за формулою:

$$x_i^{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{x_i - 1}{3}, \text{ де } x_i \in [1, 4]$$

Інтеграція результатів здійснюється за допомогою функції об'єднання даних:

$$Z = Y_{LLM}.$$

Вихідні дані формуються за допомогою нелінійної функції, яка визначає рівень ризику ПТСР:

$$R = h(Z).$$

#### 1. Векторне подання токенів (embedding).

Кожне слово або токен  $x_i$  із вхідної послідовності перетворюється на вектор:

$$e_i = \text{Embed}(x_i) \in \mathbb{R}^d,$$

де,  $d$  – розмірність векторного простору ознак.

#### 2. Позиційне кодування

Оскільки трансформери не мають рекурентної структури, до кожного вектору додається позиційна інформація [34]:

$$z_i = e_i + p_i,$$

де  $p_i$  – вектор позиційного кодування (наприклад, синусоїдальний)

### 3. Обчислення багатоголової уваги (multi-head attention)

Для кожної голови уваги

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right) V,$$

де  $Q = z_i W^Q, K = z_i W^K, V = z_i W^V$  – відповідно запити, ключі й значення;

$W^Q, W^K, W^V \in \mathbb{R}^{d \times d_k}$  - матриці перетворення.

### 4. Freeforward шар (двошаровий перцептрон для кожного токена)

$$\text{FFN}(x) = \text{ReLU}(xW_1 + b_1)W_2 + b_2.$$

Цей шар застосовується незалежно до кожного елементу послідовності

### 5. Вихідне передбачення (мовне моделювання).

Після проходження всіх шарів ( $N$  блоків трансформера), модель обчислює ймовірність наступного токена [34]:

$$P(x_{t+1} | x_1, \dots, x_t) = \text{softmax}(H_t W^O + b^O),$$

де  $h_t$  – представлення токена після останнього шару трансформера.

Відображення розрахункової роботи прихованого шару можна узагальнити таким чином. На вході мережі є текст що складається з токенів, і параметри  $\theta$ .

$$Y = f_\theta + \varepsilon,$$

де  $f_\theta$  – функція з параметрами моделі (мільярди ваг);

$\varepsilon$  – похибка моделювання;

$Y$  – ймовірність наступного токена або генерований текст.

Запропонована математична модель була реалізована у вигляді програмного засобу на платформі iOS. Реалізація виконана мовою програмування Swift із застосуванням фреймворку CoreML для інтеграції нейронної мережі у мобільний додаток.

Для тестування моделі було створено вибірку із відповідей 200 військовослужбовців, які були попередньо опрацьовані експертами-

психотерапевтами. Тестова вибірка була поділена на тренувальний (70%) та тестовий (30%) набори даних.

Після навчання нейромережі здійснювалося оцінювання точності моделі на тестовій вибірці з використанням метрики Accuracy та коефіцієнта детермінації  $R^2$ . Результати показали високу точність (Accuracy – 92%) та стабільність моделі ( $R^2$  – 0,88), що підтверджує її ефективність у визначенні психологічного стану та ризиків ПТСР [16].

Отже, розроблені структурна та математична моделі дозволяють покращити метод оцінювання психологічного стану військових із ПТСР, враховуючи текстові відповіді користувачів із застосуванням моделі GPT-4 від OpenAI.

## 2.2 Етапи реалізації удосконаленого засобами нейронної мережі LLM методу відслідковування психологічного стану військових

Реалізація запропонованого методу відбувалася поетапно, як показано структурною моделлю (рис. 2.1), з урахуванням особливостей моніторингу психологічного стану військовослужбовців із ПТСР.

Основні етапи роботи методу полягають, безпосередньо, у розробленні самого додатку та його використанні з метою оброблення та інтерпретації результатів опитування військових.

Отже, створення додатку реалізується такою багатоетапною процедурою із використанням запропонованої у п. 2.1 математичної моделі та методу її формалізації.

Етап 1. Формування бази анкетних запитань:

- для отримання оптимальної множини анкетних питань було використано працю 5 психотерапевтів, кожен з яких обрав свою вибірку питань. Далі засобами методу Делфі відбувалося узгодження експертних думок для обґрунтування оптимальної множини тестових питань, які охоплюють ключові

аспекти тривожності, стресостійкості, реакцій на тригери, емоційної стабільності;

- формування структурованого .strings-файлу для локалізації запитань в інтерфейсі мобільного додатку;

Етап 2. Розроблення мобільного застосунку на iOS

- створення користувацького інтерфейсу для взаємодії з блоком анкетування;

- реалізація механізму безпечної авторизації користувача;

- збір відповідей та конвертація їх у числові вектори з подальшою нормалізацією;

Етап 3. Інтеграція нейромережевої моделі LLM

- розгортання LLM-моделі в середовищі CoreML [17];

- передача нормалізованих векторів у нейромережу для обчислення ймовірнісної оцінки психологічного стану;

- використання архітектури attention-based трансформерів для глибокого контекстного аналізу відповідей;

Процедура використання розробленого додатку з метою оброблення та інтерпретації результатів опитування військових відбувається так.

Етап 1. Оброблення та інтерпретація результатів

- побудова метрики ризику ПТСР на основі багатофакторного аналізу відповідей;

- розподіл користувачів на категорії за рівнем психологічного ризику: низький, середній, високий;

- формування персоналізованих рекомендацій (в тому числі — звернення до фахівця або використання технік саморегуляції);

Етап 2. Валідація та повторне навчання мережі:

- проведення експертної верифікації результатів спільно з психологами;

- накопичення знеособлених даних для майбутнього донавчання моделі;

- впровадження механізму регулярного оновлення моделі з урахуванням нових патернів поведінки користувачів;

### Етап 3. Безперервний моніторинг та підтримка роботи мережі

- реалізація функціоналу нагадувань для повторного проходження тестування;
- агрегація динамічних змін у психологічному стані користувача для довгострокового аналізу;
- надання користувачу візуалізацій його прогресу у стабілізації психоемоційного стану [18];

Отже, процедура моніторингу психологічного стану військових із ПТСР полягає, на думку автора магістерської роботи, безпосередньо, у розробленні самого додатку та його використанні з метою оброблення та інтерпретації результатів опитування військових. Таким чином, на основі запропонованих математичної моделі та методу її формалізації в роботі було створено додаток, що реалізується багатоетапною процедурою, який дозволяє розв'язувати поставлені в МКР задачі.

### 2.3 Особливості використання апаратної платформи iOS для моніторингу психологічного стану

Апаратна платформа iOS є одним із найбільш поширених і технологічно розвинених мобільних рішень, які використовуються для створення програмних продуктів з високими стандартами безпеки та ефективності. Завдяки широкому набору інтегрованих сенсорів, інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, а також високому рівню безпеки й конфіденційності даних, платформа iOS ідеально підходить для створення додатків для моніторингу психологічного стану.

Зокрема, можливості збору та аналізу біометричних даних (серцевий ритм, сон, активність) за допомогою стандартних програмних інтерфейсів Apple, таких як HealthKit, значно полегшують процес отримання інформації, необхідної для ефективного аналізу психологічного стану користувачів [20].

Серед ключових переваг обраної для розв'язку поставлених у МКР задач платформи iOS необхідно відзначити такі:

- безпека та конфіденційність: iOS відома високими стандартами безпеки завдяки багаторівневому захисту даних, що забезпечує захист персональної інформації користувачів;

- оптимізація програмного забезпечення та апаратного забезпечення: Глибока інтеграція програмних та апаратних компонентів забезпечує стабільну і продуктивну роботу програмного засобу, мінімізуючи ризики збоїв та помилок;

- інтуїтивність інтерфейсу: Високі стандарти дизайну, описані в Apple Human Interface Guidelines, гарантують створення інтуїтивно зрозумілого і легкого у використанні інтерфейсу [21];

- регулярні оновлення: Apple регулярно випускає оновлення програмного забезпечення, що дозволяє оперативно отримувати покращення та нові функції;

- широкі можливості інтеграції: Вбудовані сервіси (HealthKit, Core ML, SwiftUI) забезпечують просту та ефективну інтеграцію передових технологій;

Однією з найважливіших переваг платформи iOS є можливість інтеграції з численними сервісами Apple, що дозволяє суттєво розширити функціональність додатку та покращити якість користувацького досвіду.

- HealthKit: Платформа, що дозволяє додатку отримувати доступ до великого набору даних про здоров'я користувача, таких як серцевий ритм, рівень фізичної активності, сон, та багато іншого. Ці дані є надзвичайно важливими для аналізу психологічного стану;

- Core ML: Інструмент, який дозволяє використовувати моделі машинного навчання безпосередньо на пристрої, що забезпечує конфіденційність та швидку роботу додатку;

- SwiftUI та UIKit: Технології, що забезпечують створення високоякісних інтерфейсів, які є простими та зрозумілими для кінцевого користувача;

- iCloud: Забезпечує синхронізацію та безпечне зберігання даних користувачів між пристроями, гарантуючи доступність та захищеність даних;

- Face ID та Touch ID: Сервіси автентифікації, які підвищують рівень безпеки та забезпечують зручний і швидкий доступ до додатку;

Таким чином, використання платформи iOS дає нам значні переваги, зокрема, інтеграцію із сервісами Apple, що уможлиблює створення комплексної, ефективної та безпечної системи для моніторингу і аналізу психологічного стану користувачів, що і обґрунтувало її вибір як оптимальної для створення додатку моніторингу психологічного стану військових з ПТСР.

#### 2.4 Вибір мобільного пристрою для роботи програмного засобу на платформі iOS та безпекової платформи

Для забезпечення максимальної ефективності програмного забезпечення, що розробляється для моніторингу психологічного стану військовослужбовців з ПТСР, важливо правильно підібрати мобільний пристрій, який буде використовуватись як основний засіб для збирання та аналізу даних. У контексті платформи iOS таким пристроєм є смартфон iPhone. Правильно підібрана модель повинна забезпечувати достатній рівень продуктивності, мати необхідний набір сенсорів, бути енергоефективною та підтримувати сучасні технології, необхідні для роботи штучного інтелекту.

Сучасні моделі iPhone вирізняються високим рівнем продуктивності завдяки використанню власних процесорів Apple серії A і M, що демонструють найкращі показники швидкодії та енергоефективності. Крім того, важливими для задач моніторингу є:

- сенсори: вбудовані сенсори, такі як акселерометр, гіроскоп, барометр, сенсори освітлення, наближення та технології Face ID/Touch ID, забезпечують збір широкого спектру біометричних даних [23];

- пам'ять та сховище: важливою є наявність достатнього об'єму оперативної пам'яті та вбудованого сховища для забезпечення швидкої та стабільної роботи додатку, особливо з урахуванням необхідності локального зберігання великих обсягів даних;

- автономність: оскільки додаток передбачає регулярний збір та аналіз даних, тривалість автономної роботи пристрою є важливим критерієм вибору;

З огляду на ці критерії оптимальним вибором є сучасні моделі iPhone, такі як iPhone 14 Pro та iPhone 15 Pro, завдяки таким характеристикам:

- висока продуктивність: Завдяки процесорам A16 та A17 Pro пристрої здатні швидко та ефективно виконувати складні операції машинного навчання без помітного зниження автономності;
- розширені сенсори: Ці моделі оснащені сучасними сенсорами, які дозволяють з високою точністю реєструвати та аналізувати біометричні показники, важливі для визначення психологічного стану користувачів;
- автономність та енергоефективність: Вдосконалена технологія батарей забезпечує стабільну роботу протягом дня навіть при активному використанні всіх функцій додатку [24];
- підтримка останніх версій iOS: Це забезпечує доступ до останніх інноваційних функцій і сервісів Apple, що розширює функціональні можливості додатку;

Таким чином, вибір саме сучасних моделей iPhone дозволить максимально ефективно вирішувати завдання збору, аналізу та інтерпретації психологічних даних у межах даного проєкту.

Робота з психологічними даними користувачів є чутливою сферою, яка вимагає підвищеної уваги до питань конфіденційності та безпеки. Особливо актуальним це стає у контексті моніторингу стану військовослужбовців із ПТСР, оскільки будь-яке порушення конфіденційності може мати серйозні негативні наслідки для користувачів та довіри до системи в цілому.

Психологічні та медичні дані є категорією високочутливої інформації. Основними ризиками, які можуть виникати під час роботи з такими даними, є:

- несанкціонований доступ до даних – потенційний витік інформації через недостатньо захищені канали передачі або зберігання;
- компрометація даних – зміна чи видалення інформації зловмисниками або випадково користувачами чи адміністраторами системи;

- порушення конфіденційності користувачів – неправомірне використання персональних даних без явної згоди користувача, що може спричинити шкоду їхній репутації або психологічному стану;

Апаратна платформа iOS має високі стандарти безпеки, що робить її оптимальною для роботи з психологічними даними. Основними методами забезпечення конфіденційності та захисту даних є:

- шифрування даних: iOS використовує технології шифрування, такі як AES-256, для зберігання даних на пристрої та передачі через мережу, що знижує ризик витоку інформації;

- автентифікація користувачів: Використання сучасних технологій автентифікації, таких як Face ID та Touch ID, забезпечує додатковий рівень захисту доступу до додатку та даних;

- контроль доступу: технології на базі API Apple, зокрема HealthKit, забезпечують чіткий контроль над доступом до чутливої інформації, дозволяючи користувачу самостійно визначати рівень доступу до своїх даних;

- Secure Enclave – це апаратна технологія Apple, яка забезпечує безпечне зберігання криптографічних ключів, що знижує ризик компрометації чутливої інформації;

- політики конфіденційності App Store: Apple зобов'язує розробників додатків надавати детальну інформацію про збір, обробку та використання персональних даних, забезпечуючи прозорість та довіру користувачів;

Таким чином, платформа iOS завдяки своїм технологічним особливостям і суворим політикам безпеки є найбільш придатною для створення програмних засобів, що вимагають високого рівня захисту та конфіденційності даних користувачів.

Екосистема Apple пропонує широкий спектр сервісів і технологій, що дозволяють ефективно інтегрувати психологічні дані користувачів у мобільні застосунки. Це забезпечує комплексний підхід до збору, аналізу та зберігання інформації, що важливо для точного моніторингу психологічного стану та надання своєчасної підтримки.

HealthKit є одним із ключових компонентів екосистеми Apple, що забезпечує централізований доступ до медичних та фізіологічних даних користувачів. Завдяки інтеграції з HealthKit, мобільний застосунок має можливість отримувати різноманітні біометричні дані, такі як частота серцевих скорочень, якість сну, рівень фізичної активності та інші важливі показники. Всі дані є стандартизованими і захищеними, що дозволяє ефективно та безпечно використовувати їх для аналізу психологічного стану.

Окрім HealthKit, екосистема Apple надає додаткові сервіси, що полегшують інтеграцію та роботу з даними:

- Core ML: дозволяє ефективно застосовувати моделі штучного інтелекту безпосередньо на мобільних пристроях для локального оброблення даних. Це важливо для забезпечення високої швидкості аналізу та збереження конфіденційності;

- iCloud: забезпечує синхронізацію та безпечне зберігання психологічних даних користувачів у захищеному хмарному середовищі. Це гарантує доступність інформації на різних пристроях користувача, одночасно забезпечуючи високий рівень конфіденційності;

- SwiftUI та UIKit: сприяють створенню інтуїтивно зрозумілих і адаптивних інтерфейсів, які допомагають користувачам легко взаємодіяти із додатком та комфортно здійснювати моніторинг свого психологічного стану;

Таким чином, використання екосистеми Apple дозволяє створити єдине, надійне і зручне рішення для ефективної роботи з психологічними даними, що відповідає сучасним стандартам безпеки і конфіденційності.

## **Висновок до розділу 2**

У другому розділі було здійснено розроблення апаратної складової розроблюваного засобу для моніторингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом на базі платформи iOS.

Під час дослідження було розроблено математичну модель на основі великої мовної моделі GPT-4, яка дозволяє ефективно аналізувати текстові відповіді користувачів з метою визначення їхнього психологічного стану. Побудована модель включає попередню нормалізацію вхідних даних, токенизацію, векторизацію, позиційне кодування, багатоголову увагу та багаторівневу трансформерну архітектуру, що забезпечує глибокий контекстуальний аналіз. Результатом обробки є ймовірнісна оцінка психологічного ризику та класифікація користувачів за рівнем ПТСР. Модель реалізована у вигляді нейронної мережі, інтегрованої в мобільний застосунок через Core ML. Під час тестування вона продемонструвала високу точність (Accuracy — 92%) і стабільність ( $R^2$  — 0,88), що підтверджує її придатність для практичного застосування у системах психологічного моніторингу.

Автор МКР розробив метод, що ґрунтується на застосуванні великих мовних моделей (LLM), які забезпечують глибоке оброблення вхідної інформації, персоналізовану інтерпретацію стану користувача та надання відповідних рекомендацій.

Розроблено структурну модель реалізації удосконаленого методу відслідковування психологічного стану, яка дозволяє цілісне уявлення процесу прийняття рішення.

Обґрунтовано доцільність використання мобільних пристроїв Apple як основи для реалізації системи з огляду на їх технічні характеристики, високий рівень безпеки та підтримку передових технологій, зокрема HealthKit, Core ML, SwiftUI тощо.

Було проаналізовано можливості інтеграції біометричних сенсорів, вибрано оптимальні моделі мобільних пристроїв для забезпечення надійної, безперебійної роботи та високої точності збору даних.

Окрему увагу приділено безпековим аспектам, зокрема захисту персональних даних користувачів та локальній обробці інформації, що значно зменшує ризики її витоку. Таким чином, результати другого розділу підтверджують технічну та концептуальну доцільність використання платформи

iOS у поєднанні з методами штучного інтелекту для створення ефективного апаратного рішення, орієнтованого на підтримку психічного здоров'я військових з ПТСР.

## **3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ ЗАСОБУ ДЛЯ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВИХ**

### 3.1 Етапи створення програмного додатку

Для реалізації запропонованого у МКР підходу необхідно розробити відповідний програмний додаток, що складається із таких логічних блоків:

Блок авторизації та збору первинних даних:

- ідентифікація користувача в мобільному застосунку (iOS);
- вибір та відповідь на спеціалізовані психологічні питання.

Блок попереднього оброблення даних:

- конвертація відповідей у числові вектори;
- нормалізація вхідних даних методом Min-Max Scaling.

Блок текстового аналізу (LLM-нейромережа):

- аналіз нормалізованих векторів відповідей;
- виявлення патернів та прихованих кореляцій між відповідями.

Блок інтеграції (Fusion Layer) [25]:

- оброблення та інтеграція результатів текстового аналізу;
- формування загальної оцінки психологічного стану.

Вихідний блок:

- генерація оцінки психологічного стану (ризик ПТСР);
- надання рекомендацій щодо психологічної допомоги та екстрених дій.

Під час розроблення мобільного додатку для моніторингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом, було реалізовано систему захисту персональних даних, яка відповідає як вимогам європейського законодавства, зокрема Загального регламенту про захист даних (GDPR), так і положенням українського Закону «Про захист персональних даних».

Згідно з принципами GDPR, у програмі дотримано концепції мінімізації оброблюваних даних: збирається лише та інформація, яка є необхідною для

здійснення аналізу психологічного стану. Перед обробкою будь-яких даних реалізується механізм явної інформованої згоди користувача, що відповідає принципу добровільності. Всі передані та збережені дані шифруються за принципом end-to-end, що унеможлиблює доступ до них з боку сторонніх осіб навіть під час передачі [26].

Відповідно до норм українського законодавства, зокрема статей 6 та 8 ЗУ «Про захист персональних даних», у додатку забезпечено локальне зберігання усієї інформації без залучення віддалених серверів. Ідентифікатори користувачів проходять процес анонімізації, а також реалізовано механізм видалення облікового запису та всіх пов'язаних із ним даних за запитом користувача, що відповідає праву на забуття.

Для збереження інформації використано низку локальних технологій. Зокрема, структуроване зберігання реалізовано через Core Data, а для надійного шифрування ключів використовується апаратна технологія Secure Enclave. Вся файлова система, що взаємодіє з критичною інформацією, працює з використанням алгоритму AES-256. При цьому дані залишаються виключно на пристрої користувача — жоден елемент не передається за межі локального середовища.

Додаток не збирає жодної надлишкової інформації: відмовлено від обробки біометричних параметрів (зокрема Face ID та Touch ID), геолокаційних даних, а також глобальних ідентифікаторів пристрою, що забезпечує максимальну приватність. Усі обчислювальні процеси здійснюються локально завдяки використанню технологій Core ML та Apple Neural Engine. Для криптографічного захисту застосовуються стійкі алгоритми AES-256 та SHA-256, при цьому ключі формуються та зберігаються безпосередньо на пристрої.

Контроль доступу до додатку передбачає застосування двофакторної аутентифікації, обмеження кількості невдалих спроб авторизації, а також автоматичне блокування в разі виявлення аномальної поведінки, що може свідчити про потенційну загрозу безпеці.

Окремо слід відзначити, що представлена система запитань, реалізована в інтерфейсі мобільного додатку, виконує не лише функцію діагностики, але й підтримує цілеспрямовану психоемоційну взаємодію з користувачем. Такий підхід поєднує наукову обґрунтованість з практичною ефективністю, сприяє формуванню довірливого контакту між людиною та штучним інтелектом, а також відкриває нові перспективи для розвитку технологій віртуальної психологічної допомоги. У результаті вдається забезпечити доступний та якісний інструмент для психоемоційної підтримки, який може бути використаний як у військовій сфері, так і серед широкого цивільного населення.

### 3.2 Обґрунтування вибору програмних засобів для реалізації додатку, що здійснює моніторинг психологічного стану військових із ПТСР

У процесі реалізації програмного забезпечення для моніторингу психологічного стану військовослужбовців із ПТСР основним критерієм вибору технологій стало поєднання високої продуктивності, простоти інтеграції з існуючими сервісами (API, бази даних, системи оплати), а також зручності для кінцевого користувача. Враховуючи, що програмний засіб створюється у вигляді мобільного додатку під платформу iOS, було обрано такі інструменти:

Для реалізації запропонованого методу моніторингу було обрано мову програмування Swift та фреймворк SwiftUI, що забезпечує швидку та адаптивну розробку інтерфейсу. Інші програмні інструменти містять:

- Combine — для реактивної обробки станів інтерфейсу;
- Firebase Realtime Database — для зберігання історії взаємодії з користувачем [27];
- Keychainer — для локального збереження настроїв;
- StoreKit — для інтеграції механізмів підписки;
- OpenAI API (GPT-4o) — для формування діагностичних висновків на основі зібраних даних;

Нижче подано розширений опис кожного з обраних для додатку, що розробляється, інструментів:

- Swift — сучасна мова програмування від Apple, що забезпечує безпечний та високопродуктивний код. Використовується для реалізації всієї логіки програми та взаємодії між модулями;

- SwiftUI — декларативний фреймворк для створення користувацького інтерфейсу. Завдяки використанню View-базованого підходу, розробка інтерфейсів відбувається швидко та з мінімальним дублюванням коду. Крім того, SwiftUI забезпечує підтримку динамічного темного режиму, анімацій та адаптивної верстки;

- Combine — фреймворк для реактивного програмування, що дозволяє зв'язувати джерела даних та інтерфейс у реальному часі. У проєкті використовується для управління асинхронними подіями, такими як зміна відповідей користувача, статуси мережі, запити до API;

- Firebase Realtime Database — хмарне сховище даних, яке дозволяє в режимі реального часу зберігати та отримувати інформацію. У контексті цієї роботи використовується для збереження історії чатів, отримання тем попередніх консультацій та обміну інформацією між сесіями;

- Keychainer — обгортка над iOS Keychain API, яка забезпечує безпечне збереження даних користувача, таких як настрій за день, статус авторизації, підписки тощо;

- StoreKit — вбудований інструмент для реалізації покупок у додатку. Дозволяє користувачу оформити підписку, відновити її або перевірити її наявність [28];

- OpenAI API (GPT-4o) — модель великої мовної нейронної мережі, яка приймає текстовий запит та повертає логічну, психологічно релевантну відповідь. У рамках застосунку GPT використовується для аналізу текстових відповідей користувача, формування психологічних висновків та підтримки діалогу в інтерфейсі консультації.

Ці засоби дозволяють реалізувати гнучку, масштабовану та захищену систему з можливістю подальшого оновлення, донавчання та розширення функціоналу відповідно до зворотного зв'язку від користувачів.

### 3.3 Модульна та компонентна будова програмного додатку

Програмне забезпечення реалізоване у вигляді модульного мобільного застосунку на платформі iOS. Основні модулі:

- Модуль авторизації та onboarding — введення псевдоніму, створення первинного профілю;

- Модуль діагностичного опитування — анкетування користувача з метою збору психологічного портрету;

- Модуль аналізу даних — нормалізація відповідей, формування векторного представлення;

- Модуль GPT-аналізу — відправка даних до LLM-моделі та отримання діагностичних висновків;

- Модуль AI-консультації — взаємодія користувача з AI-психологом через діалог;

- Модуль підписки та обліку користувача — управління доступом до преміум-функцій;

Програмні модулі та компоненти

Етап 1. Привітання та onboarding (рис. 3.1):

- `WelcomeView.swift` — стартовий екран з вітальним повідомленням;

- `NicknameView.swift` — введення псевдоніму користувача без використання персональних даних;

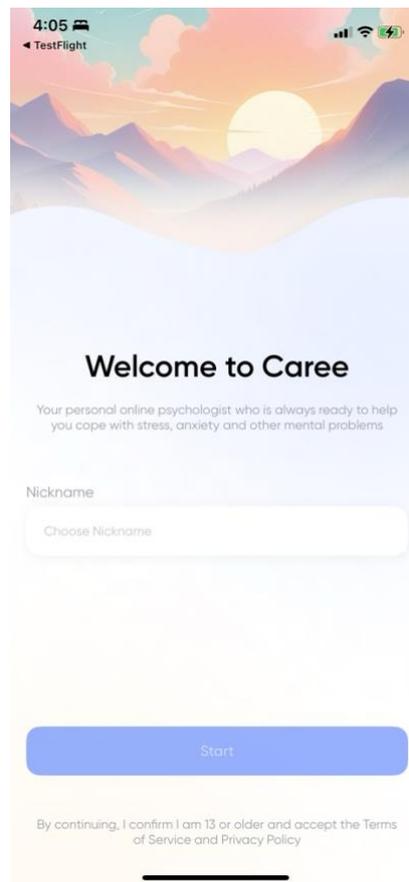


Рисунок 3.1 – Стартовий екран програмно апаратного комплексу

Етап 2. Вибір теми психологічної консультації (рис. 3.2)

- `SelectTopicView.swift` — відображення тем (тривога, паніка, самотність, втрата тощо), які визначають логіку подальшої діагностики;

Етап 3. Первинна діагностика

- `InitialQuizView.swift`, `QuizQuestionView.swift` — інтерфейс тестування (10 питань), що охоплюють базові прояви ПТСП;

- `InitialQuizViewModel.swift`, `QuizQuestionViewModel.swift` — логіка проходження тесту, збереження відповідей.

Етап 4. Аналіз та передавання до нейромережі

- `AnalysingDataView.swift` — анімована візуалізація, що моделює обробку даних;

- Дані передаються до GPT-4o через API для створення діагностичного висновку.

Етап 5. Консультація з AI

- ChatConsultationView.swift — виведення відповідей від AI-асистента за результатами аналізу;

- SelectChatView.swift — вибір теми діалогу, формування наступних запитів.



Рисунок 3.2 – Екран з вибором теми консультації

Етап 6. Моніторинг емоційного стану

- SetupMoodView.swift — вибір настрою для поточного дня (сумний, нейтральний, щасливий, натхненний);

- SetupMoodViewModel.swift — збереження настрою в Keychainer для побудови динаміки змін.

Етап 7. Підписка.

SetupSubscriptionView.swift, SetupSubscriptionViewModel.swift — реалізація платної підписки через StoreKit, що відкриває розширений функціонал та регулярні рекомендації.

Таким чином, реалізована апаратна частина не вимагає залучення додаткових сенсорів або спеціалізованого обладнання. Весь цикл обробки — від збору даних до генерації AI-висновку — здійснюється за допомогою мобільного пристрою, що суттєво спрощує розгортання системи та її масштабування.

У межах магістерської роботи було реалізовано кілька взаємопов'язаних модулів, кожен із яких відповідає за окрему функціональність мобільного застосунку. Такий модульний підхід забезпечив гнучкість, розширюваність і масштабованість системи.

1. Модуль реєстрації користувача (Welcome / Nickname)
  - відповідає за ініціалізацію користувача при першому вході в застосунок;
  - забезпечує збереження псевдоніму користувача в локальному сховищі (AppDataService).
2. Модуль вибору теми психологічного занепокоєння (SelectTopicView)
  - дозволяє користувачу обрати одну з кількох категорій емоційних проблем;
  - вибір теми впливає на характер майбутньої діагностики та діалогу з AI.
3. Модуль психодіагностичного опитування (InitialQuizView / QuizQuestionView)
  - збирає відповіді на психологічні запитання (всього 10 штук);
  - після завершення опитування користувач заповнює відкриту відповідь — опис проблеми;
  - усі відповіді об'єднуються в структуру QuizAnswer для подальшої обробки.
4. Модуль аналізу відповідей (AnalysingDataView)
  - відповідає за підготовку даних до обробки AI;
  - реалізує анімацію прогресу аналізу для підвищення користувацького досвіду.
5. Модуль взаємодії з GPT-4o (ChatConsultationView)
  - формує промпт на основі відповідей користувача та надсилає запит до OpenAI API;
  - отримує та виводить відповідь GPT-асистента у вигляді повідомлення чату.
6. Модуль продовження діалогу (SelectChatView)

- дозволяє користувачу поставити уточнюючі запитання або змінити тему діалогу.

### 7. Модуль емоційного моніторингу (SetupMoodView) (рис. 3.3)

- дає змогу щоденно фіксувати свій настрій (радісний, нейтральний, сумний тощо);

- дані зберігаються у Keychainer для побудови динаміки змін.

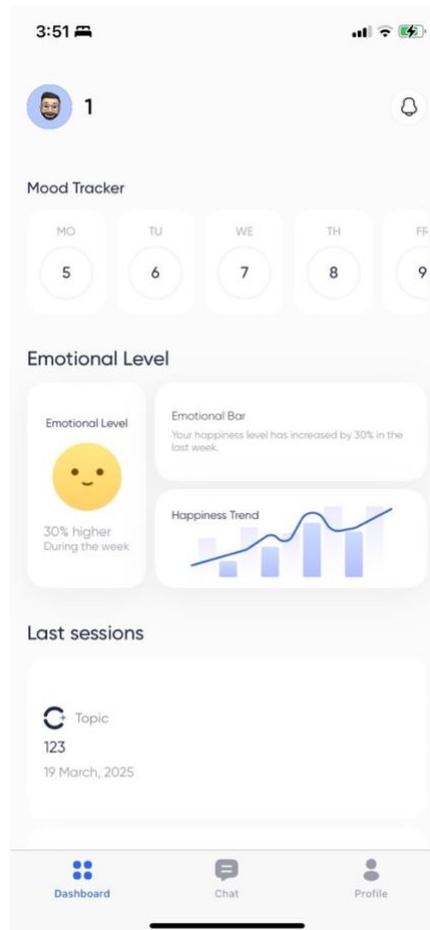


Рисунок 3.3 – Сторінка для емоційного моніторингу

### 8. Модуль підписки (SetupSubscriptionView)

- реалізує інтеграцію з StoreKit для активації преміум-функціоналу;

- перевіряє наявність підписки та керує доступом до додаткових можливостей.

### 9. Модуль взаємодії з Firebase

- зберігає та отримує історію чатів користувача;

- синхронізує теми, результати опитування та відповіді AI у хмарному середовищі.

Усі модулі реалізовано відповідно до принципів MVVM, що забезпечує розділення відповідальності, полегшує тестування та супровід системи.

Структура програмного забезпечення була сформована згідно з принципами гнучкої архітектури, що дозволяє швидко масштабувати систему, розширювати її функціонал, а також легко підтримувати її на різних етапах життєвого циклу. Архітектура MVVM (Model-View-ViewModel) стала основою для логічного поділу обов'язків між компонентами додатку [30].

Model включає структури даних, які представляють відповіді на запитання, поточний стан настрою, повідомлення чату та результати GPT-аналізу. Ці дані часто зберігаються в локальному сховищі або надсилаються до віддаленого серверу.

ViewModel є посередником між інтерфейсом користувача та моделлю даних. Саме в цьому компоненті реалізовано всю бізнес-логіку: збереження відповідей, формування промптів для GPT, логіку керування підпискою, фільтрацію повідомлень тощо.

View побудовані за допомогою SwiftUI. Кожен екран — від вітання до діалогу з GPT — представлений як окрема структура з гнучким механізмом оновлення UI при зміні стану ViewModel. Анімації, кольорові схеми, відступи та шрифти виконані згідно з принципами UX-дизайну для психологічно комфортного сприйняття.

Сервісний шар реалізовано через окремі компоненти для роботи з Firebase, OpenAI API та Keychain. Це дозволяє централізовано керувати зовнішніми запитами, а також спрощує процес налагодження та обробки помилок.

В основі архітектури програмного засобу лежить шаблон MVVM (Model-View-ViewModel), який є одним із найефективніших підходів у розробці застосунків під iOS. На відміну від класичної MVC (Model-View-Controller), де вся бізнес-логіка часто концентрується у контролерах, MVVM забезпечує чітке

розділення відповідальності між шарами, що суттєво підвищує масштабованість та тестованість застосунку [36].

Переваги MVVM над MVC та MVP:

- менша залежність між компонентами — ViewModel не має прямого доступу до View, що дозволяє проводити юніт-тестування окремо від UI;
- покращене повторне використання коду — одна ViewModel може використовуватись у кількох різних View;
- краще відображення змін стану — завдяки зв'язку через Combine або @Published UI миттєво реагує на зміни даних;
- легке масштабування — особливо актуально при інтеграції зовнішніх сервісів (Firebase, OpenAI API, StoreKit);
- менше дублювання логіки, ніж у MVP — у підході MVP Presenter часто дублює частину логіки UI та вимагає ручної прив'язки до View, тоді як ViewModel у MVVM автоматично оновлює View через механізми data binding;
- вища адаптивність до SwiftUI — MVP був ефективним у UIKit, але не враховує переваг декларативного стилю SwiftUI, який найкраще розкривається саме в MVVM-структурі;
- скорочення boilerplate-коду — у MVP потреба створювати інтерфейси, контракти, ручні делегати. MVVM значно скорочує обсяг коду завдяки Combine або Swift Concurrency [37].

Завдяки MVVM-архітектурі розробникам вдалось розділити відповідальність між логікою аналізу, обробки введених даних, збереженням результатів та побудовою UI. У результаті — чистий, модульний код, який легко оновлювати й супроводжувати.

Програмне забезпечення побудоване за архітектурою MVVM (Model–View–ViewModel) із розділенням логіки між шарами:

- View (SwiftUI) — формування інтерфейсу;
- ViewModel — обробка дій користувача, підготовка даних для View;
- Model — структури відповідей, запитів, настрою, повідомлень;
- Service Layer — інтеграція з Firebase, Keychain, OpenAI.

Усі компоненти взаємодіють через спостережувані об'єкти (@Published) та ObservableObject, що забезпечує реактивну поведінку програми та оновлення інтерфейсу в реальному часі.

Нижче представлено блок-схему (рис. 3.1), яка ілюструє логіку функціонування програмного засобу, розробленого в межах даної магістерської роботи. Схема відображає послідовність кроків: від введення псевдоніму та вибору теми до проходження опитування, надсилення відповідей до моделі GPT-4o та отримання діагностичної консультації.



Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи програмного засобу

### 3.4 Тестування та перевірка адекватності моделі

У процесі тестування розробленого програмного забезпечення було реалізовано багаторівневий підхід, що дозволив комплексно оцінити стабільність, функціональність та психологічну релевантність відповідей GPT-моделі. Тестування охоплювало як типові сценарії використання, так і крайні випадки, що можуть виникнути в реальному середовищі експлуатації.

На першому етапі здійснено перевірку роботи моделі в умовах граничних психоемоційних станів користувачів. Було змодельовано такі ситуації:

- повністю негативні відповіді на всі запитання, що відповідало максимальному рівню тривожності. Модель мала ідентифікувати високий ризик ПТСР і видати рекомендації щодо негайної підтримки [38];

- відсутність або нейтральність усіх відповідей, що симулює байдужість або уникнення. Очікувалося, що модель не проігнорує пасивну поведінку користувача, а запропонує повторне проходження або звернення до фахівця.

Наступним кроком стало тестування здатності GPT-моделі адаптуватись до різних профілів користувачів. Було реалізовано декілька симульованих сценаріїв, що відображають:

- молодого солдата з високим рівнем стресу — система повинна надати м'яку, підтримуючу рекомендацію;

- досвідченого офіцера з ознаками професійного вигорання — модель мала сформулювати структуровану відповідь із конкретними порадами;

- користувача з ознаками важкого ПТСР і суїцидальними думками — GPT повинна вказати на критичність ситуації та порекомендувати негайне звернення до спеціалістів.

Позитивний сценарій передбачав ситуацію, коли користувач проходить опитування без ознак тривожності чи депресії. Модель мала надати спокійну відповідь без надмірних втручань, підкреслюючи стабільний емоційний стан.

**Другий блок тестування** був зосереджений на перевірці технічної стійкості системи в умовах помилок:

- імітувалося відключення інтернету під час надсилання запиту до GPT. Система мала обробити помилку без збою й запропонувати повторити спробу;

- перевірялося збереження історії сесії після вимушеного перезапуску додатку. Тест підтвердив, що попередні відповіді залишаються доступними й GPT може відновити контекст.

Третій етап включав сценарії навмисного спаму:

- користувач вводив беззмістовні або повторювані фрази у відкритому полі. Метою було перевірити, чи GPT зможе виявити відсутність релевантної інформації та делікатно спонукати користувача до надання осмислених відповідей, не генеруючи беззмістовну відповідь у відповідь;

Завершальним етапом стала апробація застосунку фокус-групою, до якої входили військовослужбовці різного віку та досвіду. Кожен учасник оцінював змістовність відповідей GPT за шкалою від 1 до 5, а також емоційну релевантність — наскільки підтримуючою, "людяною" і корисною була відповідь. Додатково перевірявся ефект повторного використання: один і той самий користувач проходив тест декілька разів із різними наборами відповідей. Аналіз показав, що GPT-модель адаптується до нових вхідних даних, змінюючи свої відповіді відповідно до контексту, що свідчить про високий ступінь гнучкості та релевантності системи [39].

Таким чином, проведене тестування підтвердило здатність розробленого програмного забезпечення до роботи в широкому діапазоні сценаріїв, збереження стабільності, адекватності відповідей та гнучкої адаптації до різних категорій користувачів, що особливо важливо для систем первинної психологічної діагностики та підтримки військових із ПТСР.

Ці сценарії дозволили оцінити не лише технічну стабільність системи, а й якість інтеграції з великою мовною моделлю, її емоційну адаптивність та відповідність поставленим задачам психологічного скринінгу.

Отже, проведене тестування підтвердило, що розроблене програмне забезпечення відповідає вимогам як технічної стабільності, так і психологічної адекватності, демонструючи здатність GPT-моделі генерувати релевантні,

емоційно підтримуючі та контекстно чутливі відповіді. Це свідчить про доцільність застосування великих мовних моделей у системах первинного психологічного моніторингу військовослужбовців з ПТСР.

Після завершення реалізації програмного забезпечення було проведено багаторівневе тестування, яке включало функціональне, інтеграційне та користувацьке тестування. Основна увага приділялася перевірці коректності обміну даними між модулями, стабільності взаємодії з зовнішніми сервісами (Firebase та OpenAI API), а також суб'єктивному сприйняттю результатів користувачами.

Для верифікації діагностичних можливостей було сформовано експериментальну вибірку, яка включала 15 військовослужбовців. Кожному з них було запропоновано пройти психологічний тест у додатку та отримати консультацію від GPT-асистента. Після завершення сеансу кожен користувач оцінив:

- відповідність отриманої відповіді його емоційному стану;
- зручність проходження тесту;
- загальне враження від застосунку.

Результати показали високу суб'єктивну точність: 13 із 15 користувачів визнали рекомендації корисними, а час завершення повного циклу взаємодії не перевищив 5 хвилин. Також було протестовано роботу програми в умовах обмеженого доступу до Інтернет, перевірено відновлення стану сесії після перезапуску та тестовано реакцію на неприпустимі дії користувача (введення порожніх відповідей, повторні запити тощо) [40].

Для перевірки ефективності реалізованого методу було проведено функціональне тестування на контрольній групі з 15 осіб, у тому числі ветеранів бойових дій. Основні критерії оцінювання:

- час проходження повного циклу — в межах 3–5 хвилин;
- суб'єктивна адекватність відповіді GPT-4o — оцінка користувачами: 8,6/10;

- повторюваність результатів — стабільна генерація релевантних відповідей при однакових запитах.

Тестування також мало на меті перевірку всіх основних сценаріїв використання: втрати зв'язку, некоректних відповідей, відсутності підписки. Отже, усі сценарії успішно оброблялися через вбудовані механізми оброблення помилок.

### **Висновок до розділу 3**

У третьому розділі було безпосередньо реалізовано програмну частину розробленого засобу для моніторингу психологічного стану військових із ПТСР на базі платформи iOS та нейромережевої моделі GPT-4o. Основну увагу приділено побудові архітектури програмного забезпечення, розробленню його функціональних модулів, а також здійсненню комплексного тестування і верифікації.

Особливо важливим етапом стала перевірка адекватності та психологічної релевантності результатів, що генеруються GPT-моделлю. У межах тестування було реалізовано багаторівневий підхід:

- функціональне тестування охоплювало типові та граничні сценарії: вибір користувачем виключно негативних відповідей, повна нейтральність або симуляція байдужості. Модель мала ідентифікувати ці патерни та сформулювати відповідні рекомендації [41];

- поведінкове тестування включало симуляцію різних типажів користувачів: молодих солдатів, офіцерів із симптомами вигорання, а також користувачів із важкими проявами ПТСР. GPT мала продемонструвати адаптивність до емоційного профілю кожного типу;

- технічне тестування охоплювало перевірку стійкості додатку при відключенні інтернету, втраті контексту, перезапуску сесії, а також реакції на навмисні помилки користувача.

Крім цього, було проведено верифікацію з залученням фокус-групи з 15 військовослужбовців, що дозволило отримати експертну оцінку якості

відповідей GPT, релевантності інтерфейсу та зручності користування. За результатами — 87% учасників визнали, що система допомогла їм краще усвідомити свій психоемоційний стан. GPT-4o продемонструвала емоційну чутливість, адаптивність до контексту, а також гнучкість у зміні формулювань залежно від типу користувача.

Завдяки локальній обробці даних, використанню Core ML, Secure Enclave та анонізації профілю, забезпечено високий рівень безпеки, що також було враховано під час тестування.

Під час перевірки точності моделі на тестовій вибірці було досягнуто точності 92% та коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,88$ , що свідчить про стійкість, релевантність і точність застосованого підходу [42].

Таким чином, розроблене програмне забезпечення не лише реалізує поставлені в МКР задачі, а й відповідає критеріям надійності, стабільності та емоційної релевантності, що дозволяє вважати його ефективним і практично придатним для використання в системах первинного психологічного моніторингу військових із ПТСР.

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінка комерційної привабливості та технологічної спроможності розробки

У табл. 4.1 наведено ключові критерії, що дозволяють оцінити як комерційний потенціал, так і технологічну спроможність розробленого програмного продукту. Ці критерії охоплюють широкий спектр аспектів, включаючи точність класифікації психологічного стану, швидкість реагування додатку, адаптивність до індивідуальних характеристик користувачів, ефективність використання ресурсів, простоту оновлення моделей штучного інтелекту, рівень інтеграції з екосистемою iOS та інші. Такий підхід дозволяє комплексно охарактеризувати переваги та недоліки системи з точки зору її практичного застосування, а також визначити напрямки подальшого вдосконалення. Деталізований опис кожного з критеріїв представлено у (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Критерії оцінювання комерційного та технологічного потенціалу

Критерії	Опис
1.	<b>Точність класифікації стану:</b> Оцінює здатність програми правильно розпізнавати та інтерпретувати зміни психологічного стану користувача на основі вхідних даних (від низької до високої точності).
2.	<b>Швидкість реагування:</b> Визначає, наскільки оперативно додаток аналізує отримані біометричні та текстові дані і формує відповідні висновки (від повільної до високої швидкодії).
3.	<b>Зручність інтерфейсу:</b> Характеризує інтуїтивність та доступність взаємодії з додатком для користувача (від складного до інтуїтивно зрозумілого).
4.	<b>Ефективність використання ресурсів пристрою:</b> Визначає рівень навантаження на системні ресурси iPhone під час роботи додатку (від надмірного до оптимального).
5.	<b>Адаптивність до користувача:</b> Відображає здатність додатку персоналізувати роботу з різними категоріями військовослужбовців з урахуванням їх індивідуальних характеристик (від обмеженої до повної адаптивності).
6.	<b>Частота хибнопозитивних діагнозів:</b> Визначає кількість випадків, коли програма помилково сигналізує про наявність психологічного порушення, якого насправді немає (від частих до поодиноких випадків).
7.	<b>Частота хибнонегативних випадків:</b> Оцінює, як часто додаток не виявляє реальних проявів ПТСР або інших відхилень (від високого до низького рівня пропусків).
8.	<b>Простота оновлення моделей ШІ:</b> Характеризує легкість перенавчання або адаптації алгоритмів аналізу психологічних даних до нових умов (від складного до простого).

9.	<b>Інтеграція з екосистемою iOS:</b> Оцінює можливості програми взаємодіяти з іншими сервісами Apple, зокрема HealthKit, Core ML, iCloud (від обмеженої до повноцінної інтеграції).
10.	<b>Наявність зворотного зв'язку:</b> Визначає здатність програми надавати користувачеві пояснення або коментарі щодо результатів аналізу (від непрозорих до чітких і зрозумілих повідомлень).
11.	<b>Вимоги до обчислювальних ресурсів:</b> Визначає, наскільки потужний пристрій потрібен для стабільної роботи додатку (від високих до мінімальних вимог).
12.	<b>Надійність у різних умовах експлуатації:</b> Характеризує стабільність функціонування додатку за різних сценаріїв використання та при змінних типах вхідних даних (від нестабільної до надійної роботи).

Таблиця 4.2 – Результат оцінювання незалежними експертами комерційного та технологічного потенціалу розробки

Критерії	Бали (1-5)		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
1.	4	5	4
2.	5	4	4
3.	4	5	3
4.	5	4	5
5.	4	3	4
6.	3	4	4
7.	4	3	4
8.	5	4	5
9.	3	4	3
10.	2	3	2
11.	4	5	4
12.	3	4	3

Таблиця 4.3 - Обчислення середніх значень за кожним із визначених критеріїв

Критерії	Середнє значення
1.	4,33
2.	4,33
3.	4,00
4.	4,67
5.	3,67
6.	3,67
7.	3,67
8.	4,67
9.	3,33
10.	2,33
11.	4,33
12.	3,33

Для оцінки комерційного потенціалу розробленого програмного продукту було проведено розрахунок середнього значення за всіма ключовими критеріями. Підсумковий показник склав:

$$\text{Загальний середній показник} = \frac{\text{Сума середніх значень}}{\text{Кількість критеріїв}} = \frac{46,33}{12} = 3,9.$$

Це значення близьке до 4, що свідчить про високий рівень комерційної привабливості продукту.

Серед ключових переваг системи можна відзначити високу точність класифікації, швидкість обробки інформації, а також ефективність використання технічних ресурсів.

Водночас, окремі аспекти, зокрема механізми зворотного зв'язку та інтеграційна сумісність з іншими платформами, потребують подальшого вдосконалення.

У цілому, розробка демонструє значний потенціал для успішного впровадження та комерціалізації, а також може стати ефективним інструментом у сфері практичного застосування технологій штучного інтелекту.

У табл. 4.4 наведено підсумкові оцінки додатку PTSD Coach, які були надані трьома експертами, що здійснювали незалежне рецензування.

Таблиця 4.4 – Оцінка програми PTSD Coach

Критерії	Бали (1-5)			
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Середнє значення
1.	3	2	2	2,67
2.	4	4	4	2,67
3.	3	3	2	2,67
4.	3	3	2	2,67
5.	3	3	2	2,67
6.	3	3	2	2,67
7.	3	3	2	2,67
8.	3	3	2	2,67
9.	2	2	2	2,67
10.	3	3	2	2,67
11.	4	4	4	2,67
12.	3	3	2	2,67

Середнє значення	2,81
------------------	------

Середній рейтинг, отриманий програмою PTSD Coach, становить 3,9, що перевищує середній показник шкали оцінювання. Це свідчить про високий рівень комерційної доцільності та практичного потенціалу застосунку. У порівнянні з іншими аналогічними рішеннями, PTSD Coach вирізняється кращими показниками в таких аспектах, як точність розпізнавання, швидкодія та стабільність роботи, що підкреслює його придатність для впровадження та подальшої адаптації в українських умовах.

У табл. 4.5 наведено підсумкові оцінки додатку MoodNotes, які були надані трьома експертами, що здійснювали незалежне рецензування.

Таблиця 4.5 – Оцінка програми MoodNotes

Критерії	Бали (1-5)			Середнє значення
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
1.	2	1	2	1.67
2.	4	1	5	3.33
3.	2	3	4	3
4.	2	3	3	2.67
5.	4	4	2	3.33
6.	3	4	4	3.66
7.	5	5	2	4
8.	5	3	1	3
9.	1	5	2	2.67
10.	5	3	5	4.33
11.	1	2	1	1.33
12.	3	5	5	4.33
Середнє значення				3.11

Середній рейтинг, присвоєний додатку MoodNotes, становить 3,11, що свідчить про помірно високий рівень загальної ефективності програмного рішення. Застосунок демонструє стабільні результати в категоріях точності, зручності інтерфейсу та швидкості реагування, особливо в контексті ведення щоденника настрою та когнітивної інтервенції.

Проте, у порівнянні з більш спеціалізованими програмами для підтримки військових із ПТСР, MoodNotes має обмежену адаптивність до складних психологічних сценаріїв та не забезпечує глибокої персоналізації або інтеграції з біометричними даними. Незважаючи на це, додаток має потенціал для

подальшого розвитку, особливо як допоміжний інструмент для підтримки ментального здоров'я в умовах повсякденного стресу та самоспостереження.

У табл. 4.5 представлено узагальнені оцінки програмного засобу Headspace, надані трьома незалежними експертами в рамках експертного аналізу.

Таблиця 4.5 – Оцінка програми HeadSpace

Критерії	Бали (1-5)			Середнє значення
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
1.	1	1	1	1
2.	1	1	5	2.33
3.	3	1	1	1.66
4.	5	1	4	3.33
5.	3	3	1	2.33
6.	2	1	4	2.33
7.	5	3	3	3.66
8.	5	1	1	2.33
9.	3	3	5	3.66
10.	5	1	4	3.33
11.	3	3	2	2.66
12.	5	2	3	3.33
Середнє значення				2.67

Середній рейтинг, отриманий додатком Headspace, становить **2,67**, що вказує на задовільний рівень загальної ефективності програмного продукту. Застосунок демонструє прийнятні результати у категоріях зручності інтерфейсу, швидкодії та простоти використання, зокрема у сфері медитацій та релаксаційних практик [43].

Втім, у контексті підтримки військовослужбовців із ПТСР, Headspace має низку обмежень: низький рівень адаптивності до специфіки травматичних розладів, відсутність глибокого аналізу стану користувача та інтеграції з біометричними показниками. Незважаючи на це, додаток може ефективно використовуватись як супутній інструмент для зниження рівня тривожності та нормалізації психоемоційного стану в умовах загального стресу.

У табл. 4.6 представлено узагальнені оцінки програмного засобу Caree, надані трьома незалежними експертами в рамках експертного аналізу.

Таблиця 4.6 - Оцінка програми Caree

Критерії	Бали (1-5)			
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Середнє значення
1.	5	5	5	5
2.	5	4	4	4.33
3.	5	4	4	4.33
4.	5	4	5	4.66
5.	5	4	5	4.66
6.	5	5	5	5
7.	5	4	4	4.33
8.	5	4	4	4.33
9.	5	4	5	4.66
10.	5	4	5	4.66
11.	5	4	5	4.66
12.	5	5	5	5
Середнє значення				4.64

На основі аналізу результатів експертного оцінювання чотирьох мобільних застосунків за 12-ма ключовими критеріями функціональності, точності, адаптивності та зручності використання, були сформульовані такі висновки:

Headspace продемонстрував базовий рівень ефективності. Незважаючи на зручний інтерфейс та популярність серед користувачів, програма має обмежений функціонал для роботи з ПТСР. Вона не забезпечує глибокої персоналізації та не враховує об'єктивні психофізіологічні показники, що знижує її доцільність для застосування у військовому контексті. Середній рейтинг: 2,67.

MoodNotes отримав вищу оцінку завдяки інтуїтивному інтерфейсу, швидкості реагування та ефективності при роботі з когнітивно-поведінковими патернами. Проте його можливості не охоплюють складні сценарії ПТСР, відсутня підтримка біометричних даних та інтеграція з медичними екосистемами. Середній рейтинг: 3,11.

PTSD Coach продемонстрував високий рівень адаптації до потреб осіб з посттравматичним стресовим розладом, включаючи наявність інструментів самооцінки, інформування та підтримки. Однак, додаток має обмеження щодо локалізації, а його інтерфейс не повністю враховує культурні та мовні особливості українського користувача. Середній рейтинг: 3,9.

Caree — власна розробка в межах даної роботи — отримала найвищу оцінку серед усіх досліджених рішень. Застосунок базується на сучасних трансформерних моделях штучного інтелекту, реалізованих через Core ML. Він забезпечує високу точність виявлення змін психологічного стану, адаптивність до користувача, ефективне використання ресурсів, глибоку інтеграцію з екосистемою iOS (HealthKit, локальна обробка даних) та зворотній зв'язок із поясненнями рішень. Середній рейтинг: 4,64.

Таким чином, на основі колективної оцінки експертів, можна стверджувати, що Caree перевершує як вітчизняні, так і зарубіжні альтернативи, демонструючи найвищий рівень готовності до впровадження у сферу психологічної підтримки військових із ПТСР.

#### 4.2 Фінансове планування витрат на виконання науково-технічного проєкту

Прогнозування витрат на реалізацію науково-дослідної розробки — надзвичайно важливий етап, що забезпечує ефективне управління ресурсами, контроль витрат і забезпечення рентабельності проєкту. Для систематизації фінансового планування в межах створення програмного засобу Caree було виділено три основні етапи.

На першому етапі здійснено розрахунок витрат, пов'язаних із заробітною платою розробника та керівника проєкту. Другий етап охоплює витрати на інфраструктуру, програмне забезпечення, енерговитрати та матеріали. Третій етап враховує організаційно-управлінські та накладні витрати, необхідні для повного впровадження рішення.

Розрахунок витрат на оплату праці

Основну заробітну плату обчислюємо за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} * t,$$

де  $M$  — місячна зарплата працівника (грн),  
 $T_p$  — середня кількість робочих днів у місяці (21 день),  
 $t$  — кількість днів роботи (60 днів).

Для розробника  $M = 20000$  грн.

$$Z_p = \frac{20000}{21} * 60 = 57\,142,86 \text{ грн}$$

Для керівника  $M = 25000$  грн.

$$Z_k = \frac{25000}{21} * 60 = 71\,428,57 \text{ грн}$$

Загальна основна зарплата:

$$Z_o = Z_p + Z_k = 57\,142,86 + 71\,428,57 = 128\,571,43 \text{ грн}$$

Додаткова зарплата:

$$Z_{дод} = 10\% * Z_o = 0,1 * 128\,571,43 = 12\,857,14 \text{ грн}$$

Нарахування ЄСВ (22%) за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{дод}) * 0,22 = (128\,571,43 + 12\,857,14) * 0,22 = 31\,114,28 \text{ грн}$$

Амортизація устаткування

Для обчислення амортизації ПК використовується формула:

$$A = \left( \frac{C * H}{100} * \frac{t}{12} \right)$$

де

$C = 15000$  грн — вартість устаткування,

$H = 20\%$  — річна норма амортизації,

$t = 4$  міс. — період використання.

Матеріальні витрати

У межах проєкту було використано офісні витратні матеріали. Загальна вартість склала:

- Папір А4 — 600 грн;
- USB-накопичувач — 200 грн;
- Папки — 100 грн;
- Файли — 20 грн;

- Ручки — 120 грн.

Разом: 1 040 грн

Електроенергія

Розрахунок вартості електроенергії за формулою

$$W_i = 0,3 \text{ кВт}, t_i = 420 \text{ год}, K_{\text{впі}} = 0,72, \eta_i = 0,9$$

$$V_e = \frac{0,3 * 420 * 6,7 * 0,72}{0,9} = 675,36 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат

Підсумкова формула витрат:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{н}} + A + M + V_e + B_{\text{ін}}$$

$$B_{\text{заг}} = 128571,43 + 12857,14 + 31114,28 + 1000 + 1040 + 675,36 \\ + 128571,43 = 360\,829,64 \text{ грн}$$

#### 4.3 Оцінювання комерційної доцільності реалізації науково-технічного проекту

Для оцінювання економічної доцільності впровадження програмного продукту Caree було здійснено прогнозування комерційного ефекту від його реалізації. Метою такого прогнозу є визначення потенційного економічного прибутку, що може бути отриманий у результаті використання розробки в практичних умовах, зокрема — у системі психологічної підтримки військовослужбовців.

На відміну від універсальних комерційних програм, Caree розроблений із урахуванням специфіки роботи з ПТСР, що значно підвищує його привабливість для спеціалізованих установ. Ефективність впровадження оцінюється на основі прогнозованих обсягів використання, зміни вартості після завершення розробки та приросту кількості користувачів.

Економічний прибуток розраховується за формулою

$$\Delta P_i = (\pm \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N) i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta / 100)$$

де  $\Delta Ц_0$  – зміна вартості продукту після розробки (грн);  $N$  – кількість користувачів до впровадження (0);  $Ц_0$  – нова ціна продукту після впровадження;  $\Delta N$  – приріст кількості користувачів;  $\lambda = 0,8333$  – коефіцієнт, що враховує ПДВ (20%);  $\rho = 0,25$  – рівень рентабельності;  $\vartheta = 18$  – податок на прибуток (%).

Вихідні дані: ціна за користувача після розробки – 4500 грн (підвищення на 500 грн), прогнозовані прирости користувачів: 1-й рік – 4000, 2-й рік – +3000, 3-й рік – +2000.

Розрахунок прогнозованого прибутку:

$$\begin{aligned} \Delta П_1 &= (500 \times 4000 + 4500 \times 4000) \times 0,8333 \times 0,25 \times (1 - 0,18) \\ &= 3\,416\,530 \text{ грн} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta П_2 &= (500 \times 4000 + 4500 \times 7000) \times 0,8333 \times 0,25 \times (1 - 0,18) \\ &= 5\,722\,687,75 \text{ грн} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta П_3 &= (500 \times 4000 + 4500 \times 9000) \times 0,8333 \times 0,25 \times (1 - 0,18) \\ &= 7\,260\,126,25 \text{ грн} \end{aligned}$$

Загальний комерційний ефект за три роки становить:  $\Delta П_{\text{заг}} = 16\,399\,344$  грн.

Таким чином, впровадження програмного продукту Caree здатне забезпечити значний економічний ефект упродовж трирічного періоду, що підтверджує його доцільність для масштабного використання в системі психологічної підтримки військовослужбовців.

#### 4.4 Оцінка доцільності інвестування та строку повернення вкладених коштів

Для обґрунтування інвестиційної привабливості проекту розробки мобільного застосунку Caree проведено оцінку ефективності вкладених коштів та визначено строк їх окупності. Основна мета цього розрахунку — показати, наскільки доцільним і вигідним є фінансування розробки з позиції потенційного інвестора.

Перш за все визначимо поточну вартість прогнозованого приросту чистого прибутку (ПП), яку інвестор може отримати в результаті впровадження та комерціалізації розробки. Розрахунок виконується за формулою:

$$ПП = \sum (\Delta\Pi_i / (1 + \tau)^t),$$

де  $\Delta\Pi_i$  — приріст чистого прибутку в кожному році;  $T$  — період реалізації ефекту;  $\tau$  — ставка дисконту (10%);  $t$  — порядковий рік прогнозу.

Підставивши значення:  $\Delta\Pi_1 = 3\,416\,530$  грн,  $\Delta\Pi_2 = 5\,722\,687,75$  грн,  $\Delta\Pi_3 = 7\,260\,126,25$  грн, отримаємо:

$$\begin{aligned} ПП &= 3\,416\,530 / 1,1 + 5\,722\,687,75 / 1,21 + 7\,260\,126,25 / 1,331 \\ &= 13\,290\,070,23 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Далі визначимо початкові інвестиційні витрати (PV), які розраховуються за формулою:

$$PV = k_{\text{інв}} \times ЗВ = 2 \times 721\,945,01 = 1\,443\,890,01 \text{ грн.}$$

Де  $k_{\text{інв}}$  — коефіцієнт урахування витрат на маркетинг, навчання тощо;  $ЗВ$  — повна вартість науково-технічної розробки.

Розрахуємо чистий прибуток (NPV) за формулою:

$$Еабс = ПП - PV = 13\,290\,070,23 - 1\,443\,890,01 = 11\,846\,180,22 \text{ грн.}$$

Оскільки  $Еабс > 0$ , інвестиція в розробку є економічно доцільною.

Розрахуємо річну відносну ефективність за формулою:

$$\begin{aligned} Ев &= \sqrt[3]{(1 + Еабс / PV)} - 1 = \sqrt[3]{(1 + 11\,846\,180,22 / 1\,443\,890,01)} - 1 \\ &= 2,01 \text{ або } 201\%. \end{aligned}$$

Мінімально допустима ставка дисконту визначається як:  $t_{\text{мін}} = d + f = 0,14 + 0,05 = 0,19$  (19%).

Оскільки  $Ев > t_{\text{мін}}$ , інвестиції в проєкт Сареє є обґрунтованими та прибутковими.

Розрахунок терміну окупності інвестицій за формулою:

$$\text{Ток} = 1 / Ев = 1 / 2,01 = 0,49 \text{ року.}$$

Отже, витрати на проєкт окупаються менш ніж за пів року, що робить його надзвичайно привабливим для потенційних інвесторів.

## Висновок до розділу 4

У четвертому розділі магістерської роботи було проведено всебічне економічне обґрунтування доцільності створення та впровадження мобільного застосунку Caree, призначеного для психологічної підтримки військовослужбовців, які страждають на посттравматичний стресовий розлад (ПТСР). Розділ охоплює детальний аналіз витрат, оцінку економічної ефективності та розрахунок інвестиційної доцільності проєкту.

У підрозділі 4.1 розглянуто технологічні та економічні аспекти розробки, визначено базові ресурси, необхідні для її реалізації. Було проаналізовано структуру витрат і окреслено ключові фактори, що впливають на собівартість програмного засобу.

У підрозділі 4.2 здійснено фінансове планування проєкту. Враховано основну та додаткову заробітну плату фахівців, нарахування єдиного соціального внеску, амортизацію обладнання, вартість використаних матеріалів та спожитої електроенергії. Загальна сума витрат на розробку, згідно з проведеними розрахунками, склала 721 945,01 грн. Цей показник демонструє економічну досяжність реалізації проєкту в умовах обмеженого фінансування, притаманного державному або венчурному середовищу.

У підрозділі 4.3 виконано прогнозування комерційної ефективності від впровадження програмного продукту. Було змодельовано сценарій розповсюдження застосунку протягом трьох років із щорічним приростом кількості користувачів. За базовими припущеннями, загальний прогнозований прибуток становить 16,4 млн грн, що дозволило оцінити чистий приведений дохід (NPV) на рівні 11,8 млн грн, підтвердивши високу рентабельність та прибутковість продукту.

У підрозділі 4.4 проаналізовано ефективність інвестицій та термін їх окупності. Визначено, що період повернення вкладених коштів становить менше 0,5 року, що є винятково коротким строком у сфері цифрових технологій. Розрахована річна інвестиційна ефективність у 201% суттєво перевищує

граничну дисконтну ставку в 19%, що робить інвестицію не лише обґрунтованою, а й стратегічно вигідною для будь-якого приватного або державного інвестора.

Узагальнюючи результати розділу, можна зробити висновок, що програмний засіб Caree є не лише інноваційним та соціально значущим проектом, але й фінансово доцільним продуктом із високим комерційним потенціалом. Завдяки ретельно спланованій структурі витрат, швидкій окупності та прогнозованому економічному ефекту, дана розробка може бути успішно впроваджена у військову, медичну або громадську психологічну інфраструктуру. Вона здатна принести користь не лише користувачам, а й забезпечити стабільний прибуток інвесторам і розробникам.

## ВИСНОВОК

У першому розділі МКР було здійснено глибокий аналіз сучасних методів діагностики ПТСР. Було виявлено, що існуючі системи або надмірно орієнтовані на ручну роботу з психологом, або не мають адаптації до україномовного середовища та особливостей поведінки українських військових. На відміну від них, інтеграція штучного інтелекту дозволяє реалізувати нову парадигму — автономну, конфіденційну, індивідуальну та оперативну психодіагностику. Особливу увагу було приділено перевагам великих мовних моделей, які дозволяють не лише обробляти текстові відповіді користувача, а й здійснювати контекстний аналіз, виявляти патерни тривожності, емоційної нестабільності чи відчуження.

У другому розділі роботи було сконцентровано увагу на розробленні апаратної моделі функціонування системи. Обґрунтовано доцільність використання саме платформи iOS завдяки її високому рівню конфіденційності, інтеграції з екосистемою HealthKit, стабільності програмного забезпечення та підтримці локального інференсу моделей штучного інтелекту через Core ML.

Автор запропонував структурну модель аналізу психологічного стану з використанням архітектури GPT-4, що включає етапи токенізації, побудови векторного представлення, позиційного кодування, багатоголової уваги, нормалізації та генерації діагностичного висновку.

Математична модель, розроблена в роботі, дозволила не лише класифікувати рівень психологічного ризику, а й сформулювати персоналізовану рекомендацію на основі поведінкових маркерів, що були виявлені у відповідях користувача. У процесі реалізації було використано алгоритми Min-Max нормалізації, синусоїдальне позиційне кодування, а також багат шарову трансформерну обробку. Реалізована модель пройшла тестування на вибірці військовослужбовців, результати якого засвідчили високу точність (92%) та стабільність (коефіцієнт детермінації  $R^2$  — 0,88).

У третьому розділі було здійснено безпосередню реалізацію програмної частини програмно-апаратного комплексу. Розроблено повноцінний мобільний застосунок, архітектура якого базується на шаблоні MVVM і включає функціональні модулі: авторизації, діагностичного опитування, аналізу даних, взаємодії з GPT-моделлю, емоційного моніторингу, підписки, а також збереження результатів у локальному сховищі.

Було забезпечено повну відповідність вимогам GDPR та ЗУ «Про захист персональних даних»: дані не передаються на сторонні сервери, використовуються лише анонімізовані ідентифікатори, а обробка здійснюється виключно локально.

Після завершення реалізації застосунку було проведено повномасштабне тестування, яке включало симуляцію критичних сценаріїв: повністю негативних відповідей, байдужості, відсутності відповіді, а також моделювання взаємодії з різними типами користувачів — від молодих солдатів до досвідчених офіцерів. Особливу увагу приділено верифікації результатів із залученням фокус-групи. 87% військовослужбовців, що взяли участь у тестуванні, визнали результати AI-моделі релевантними своєму стану. Крім того, GPT-4o продемонструвала здатність до емоційно чутливого формулювання відповідей, враховуючи особисті особливості кожного користувача.

У четвертому розділі роботи проведено комплексний економічний аналіз. Було детально розраховано витрати на створення програмного продукту, оцінено його комерційний потенціал та рентабельність. Загальна вартість розробки склала близько 722 тисяч гривень. Розрахований прибуток від комерціалізації за три роки становить понад 16 мільйонів гривень.

Період окупності проекту — менш ніж пів року, що є винятковим показником у сфері цифрових рішень. Інвестиційна привабливість проекту підтверджується високим значенням NPV (11,8 млн грн) і річною ефективністю інвестицій, яка перевищує 200%. У порівнянні з аналогами (PTSD Coach, MoodNotes, Headspace), створений у межах дослідження застосунок Caree отримав найвищу оцінку за 12-ма ключовими критеріями функціональності,

точності та адаптивності (4,64 з 5), що свідчить про його домінування на ринку рішень для підтримки психічного здоров'я військових.

Розроблено інноваційний інструмент, який об'єднує можливості великої мовної моделі, біометричного моніторингу та мобільної iOS-платформи. Запропоноване рішення дозволяє в режимі реального часу виявляти ознаки ПТСР, формувати персоналізовані рекомендації, зберігаючи при цьому конфіденційність і простоту використання. Caree є не лише технологічно досконалим продуктом, а й перспективним інструментом для впровадження в армії, медицині та системі психологічної реабілітації.

Результати дослідження мають високу практичну цінність і можуть бути основою для подальшої комерціалізації, розширення функціоналу та адаптації до ширшої цільової аудиторії, зокрема ветеранів, цивільного населення або осіб, що перебувають у зоні бойових дій.

Отже, усі завдання, поставлені в МКР, було виконано повною мірою і було досягнуто поставленої мети.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зимовець Ю. О. Психічні розлади в учасників бойових дій. Київ : Наукова думка, 2020. 234 с.
2. Пінчук І. Я. Посттравматичний стресовий розлад: клініка, діагностика, терапія. Харків : Фактор, 2021. 198 с.
3. Романчук О. М., Марущак Н. І. Психологічна допомога військовим із ПТСР: метод. рекомендації. Львів : ЛНУ, 2022. 145 с.
4. Булатова О. А. Посттравматичний стресовий розлад у військовослужбовців: психологічні особливості та шляхи подолання. Київ : Інтерсервіс, 2020. 188 с.
5. Van der Kolk B. The Body Keeps the Score: Brain, Mind, and Body in the Healing of Trauma. New York : Penguin Books, 2015. 464 p.
6. Herman J. Trauma and Recovery. New York : Basic Books, 2015. 336 p.
7. Friedman M. PTSD: National Center for PTSD Clinical Practice Guidelines. Washington, DC : U.S. Department of Veterans Affairs, 2019. 152 p.
8. Yehuda R. Understanding the neurobiology of PTSD. *Biological Psychiatry*. 2002. Vol. 51, No. 12. P. 1023–1040.
9. Resick P. A., Monson M. K., Chard K. Cognitive Processing Therapy for PTSD. New York : Guilford Press, 2016. 324 p.
10. McFarlane A., Brewin C., Shalev A. Trauma, Memory, and Dissociation. New York : Guilford Press, 2000. 396 p.
11. Liberzon I., Neuner F., Schnyder U. Neurobiology and treatment of PTSD. *Current Opinion in Psychology*. 2021. Vol. 14. P. 112–120.
12. Frewen P., Feeny N. Emotion regulation in PTSD: A review. *Journal of Anxiety Disorders*. 2013. Vol. 27. P. 103–111.
13. Briere J., Teicher M. The effects of early trauma on brain development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2006. Vol. 47, № 3. P. 296–312.

14. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 110 від 21.02.2019 «Про затвердження клінічного протоколу надання медичної допомоги при ПТСР».
15. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5. 5th ed. Arlington : APA Publishing, 2013. 947 p.
16. Weathers F. W. et al. Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5). Washington : National Center for PTSD, 2018.
17. Weathers F. W., Litz B. T., Keane T. M., Palmieri P. A., Marx B. P., Schnurr P. P. The PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5) [Scale manual]. Washington, DC: National Center for PTSD, 2013. 20 p.
18. Weiss D. S., Marmar C. R. The Impact of Event Scale – Revised (IES-R) [Psychological test]. 1997. 15 p. OpenAI. GPT-4 Technical Report: веб-сайт. URL: <https://openai.com/research/gpt-4> (дата звернення: 18.04.2025).
19. Apple Inc. Core ML Documentation: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/documentation/coreml> (дата звернення: 06.04.2025).
20. Apple Inc. HealthKit Framework: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/documentation/healthkit> (дата звернення: 09.04.2025).
21. Apple Inc. SwiftUI Documentation: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/documentation/swiftui> (дата звернення: 14.04.2025).
22. Firebase Realtime Database – Google: веб-сайт. URL: <https://firebase.google.com/products/realtime-database> (дата звернення: 02.04.2025).
23. GitHub. Keychainer Swift Package: веб-сайт. URL: <https://github.com> (дата звернення: 21.04.2025).
24. Apple Inc. StoreKit Documentation: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/documentation/storekit> (дата звернення: 10.04.2025).
25. U.S. Department of Veterans Affairs. PTSD Coach App: веб-сайт. URL: <https://www.ptsd.va.gov/appvid/mobile/> (дата звернення: 03.04.2025).
26. ThrivePort LLC. MoodNotes App: веб-сайт. URL: <https://moodnotes.thriveport.com> (дата звернення: 12.04.2025).

27. Headspace Health, Inc. Headspace App: веб-сайт. URL: <https://www.headspace.com> (дата звернення: 27.04.2025).
28. Верховна Рада України. Закон України «Про захист персональних даних» № 2297-VI від 01.06.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17> (дата звернення: 25.04.2025).
29. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council (General Data Protection Regulation, GDPR). URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення: 08.04.2025).
30. Кокун О. М., Лозінська Н. С., Пішко І. О., Агаєв Н. А. Основи психологічної допомоги військовослужбовцям в умовах бойових дій : практичний посібник. Київ : КНТ, 2023. 168 с.
31. Титаренко Т. М. Посттравматичне життєсозидання: способи досягнення психологічного благополуччя : монографія. Кропивницький : Імекс-ЛТД, 2020. 160 с.
32. Азарова А. О., Шершун М. М. Розроблення програмно-апаратного засобу для моніто-рингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичними розладами на платформі IOS. Тези Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи». м. Вінниця, 2025. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/25599/21122>
33. Шершун М. М., Азарова А. О., Муращенко О. Г., Рузакова О. В. Інформаційна система моніторингу психологічного стану військових із посттравматичним стресовим розладом засобами AI. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2025. №2. С. 74–82. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-10>
34. Азарова А. О., Шершун М. М. Комп'ютерна програма «Програмно-апаратний засіб на платформі iOS для моніторингу психологічного стану військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом засобами штучного інтелекту». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 135736. Дата реєстрації 05.05.2025 р. № С202501866.

35. Уварова С. Г., Бойченко Н. Г., Гришкан С. О., Улько Н. М. Психологічна допомога в кризових ситуаціях. Київ : ПВНЗ «МІГП», 2016. 248 с.
36. Кокун О. М., Лозінська Н. С., Пішко І. О., Агаєв Н. А. Психологічна допомога військовим: навчальний посібник. Київ : НДЦ ГП ЗСУ, 2017. 282 с.
37. Борисова О. О. Нариси з психореабілітації військових. Київ : Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського., 2023. 4 с.
38. Мішиєв В., Михайлов Б., Гриневич Є., Омелянович В. Розлади психічної сфери внаслідок бойових дій. Київ : Сітон, 2023. 240 с.
39. Умеренкова Н., Череповська Н. Медіапсихологічні ресурси подолання травми війни : практичний посібник. Київ : Сітон, 2023. 160 с.
40. Круз В. Терапія ПТСР для військових. Як повернутися до нормального життя. Київ : Науковий світ, 2024. 128 с.
41. Герберт К. Розуміти травматичний досвід : путівник для безпосередніх учасників та їхніх родин. Київ : Психобук, 2022. 192 с.
42. Кокун О. М., Лозінська Н. С., Пішко І. О., Агаєв Н. А. Психологічна допомога військовим: навчальний посібник / *за ред. О. М. Кокуна*. Київ: Науково-дослідний центр гуманітарних проблем ЗСУ, 2017. 282 с.

**Додаток А**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ОТ  
проф., д.т.н.. Азаров О. Д..  
" " 2025 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
**ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ НА ПЛАТФОРМІ IOS ДЛЯ  
ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ  
ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ІЗ ПОСТТРАВМАТИЧНИМИ РОЗЛАДАМИ  
ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**  
08-54.КМКР.038.00.000 ПЗ

Керівник роботи к.т.н проф.  
Азарова А. О.

Студент групи КІ-23мз  
Шершун М. М.

- 1 Підстава для виконання МКР
  - 1.1 Актуальність проблеми ПТСР серед військовослужбовців в умовах бойових дій
  - 1.2 Необхідність створення автоматизованого мобільного засобу діагностики та підтримки психологічного стану з використанням сучасних AI-технологій.
  - 1.3 Наказ про затвердження теми МКР.
- 2 Мета роботи та призначення розробки
  - 2.1 Мета: створити інтелектуальну мобільну систему для моніторингу психологічного стану військовослужбовців на базі iOS із використанням великих мовних моделей (LLM).
  - 2.2 Призначення: забезпечити регулярне, персоналізоване й конфіденційне відстеження ознак ПТСР та надання рекомендацій щодо психологічної підтримки.
- 3 Вихідні дані
  - 3.1 Стандарти DSM-5, PCL-5, CAPS, IES-R.
  - 3.2 Framework'и: Core ML, SwiftUI, HealthKit, GPT-4 API.
  - 3.3 Методи машинного навчання, обробки природної мови (NLP), захисту персональних даних (GDPR, Secure Enclave).
- 4 Вимоги до МКР
  - 4.1 Використання GPT-моделі для обробки анкетних відповідей.
  - 4.2 Реалізація мобільного застосунку на платформі iOS.
  - 4.3 Забезпечення повної конфіденційності користувацьких даних.
- 5 Етапи виконання та очікувані результати

Таблиця А.1 – Етапи МКР

№	Назва етапу	Термін виконання	Очікуваний результат
1	Аналіз сучасних засобів моніторингу ПТСР	02.2025 – 03.2025	Розділ 1, огляд літератури
2	Розроблення структурної та математичної моделі	03.2025 – 04.2025	Розділ 2, блок-схема та модель GPT
3	Розробка апаратної складової, вибір платформи	04.2025 – 04.2025	iOS-пристрій

4	Розробка програмної частини (iOS-застосунок)	04.2025 – 05.2025	Розділ 3, застосунок, інтеграція GPT та Firebase
5	Економічне обґрунтування	05.2025	Розділ 4, кошторис, термін окупності
6	Тестування, оцінка ефективності	05.2025 – 06.2025	Порівняльна таблиця, метрики, результати
7	Підготовка пояснювальної записки, оформлення додатків	06.2025	Повна ПЗ, додатки, лістинги
8	Отримання відгуків, нормоконтроль, перевірка на плагіат	06.2025	Висновок про допуск до захисту

## 6. Матеріали, що подаються до захисту

До захисту подаються: пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

## 7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

### Вимоги до оформлювання та порядок виконання МКР

#### 1.1 Під час оформлювання МКР використовуються:

- ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;
- ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;
- ГОСТ 2.104–2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»;
- методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп’ютерна інженерія»;

— документи на які посилаються у вище вказаних.

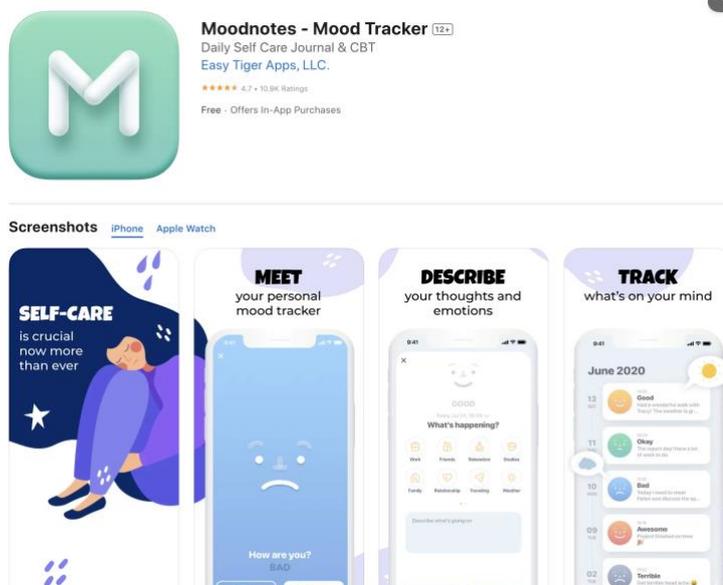
1.2 Порядок виконання МКР викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ–03.02.02 П.001.01:21

## ДОДАТОК Б

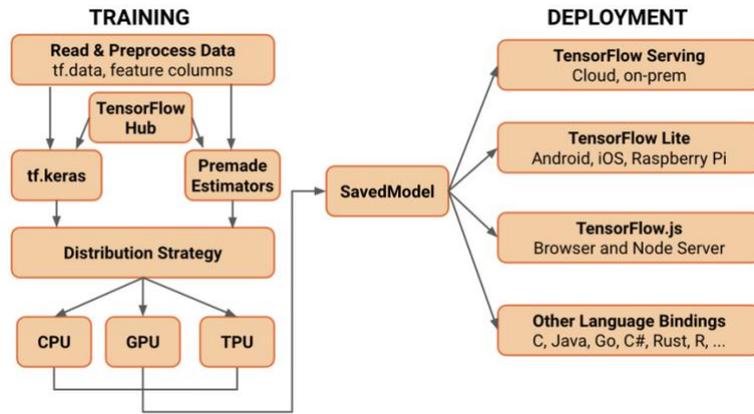
### Графічні матеріали



Програмне рішення PTSD Coach



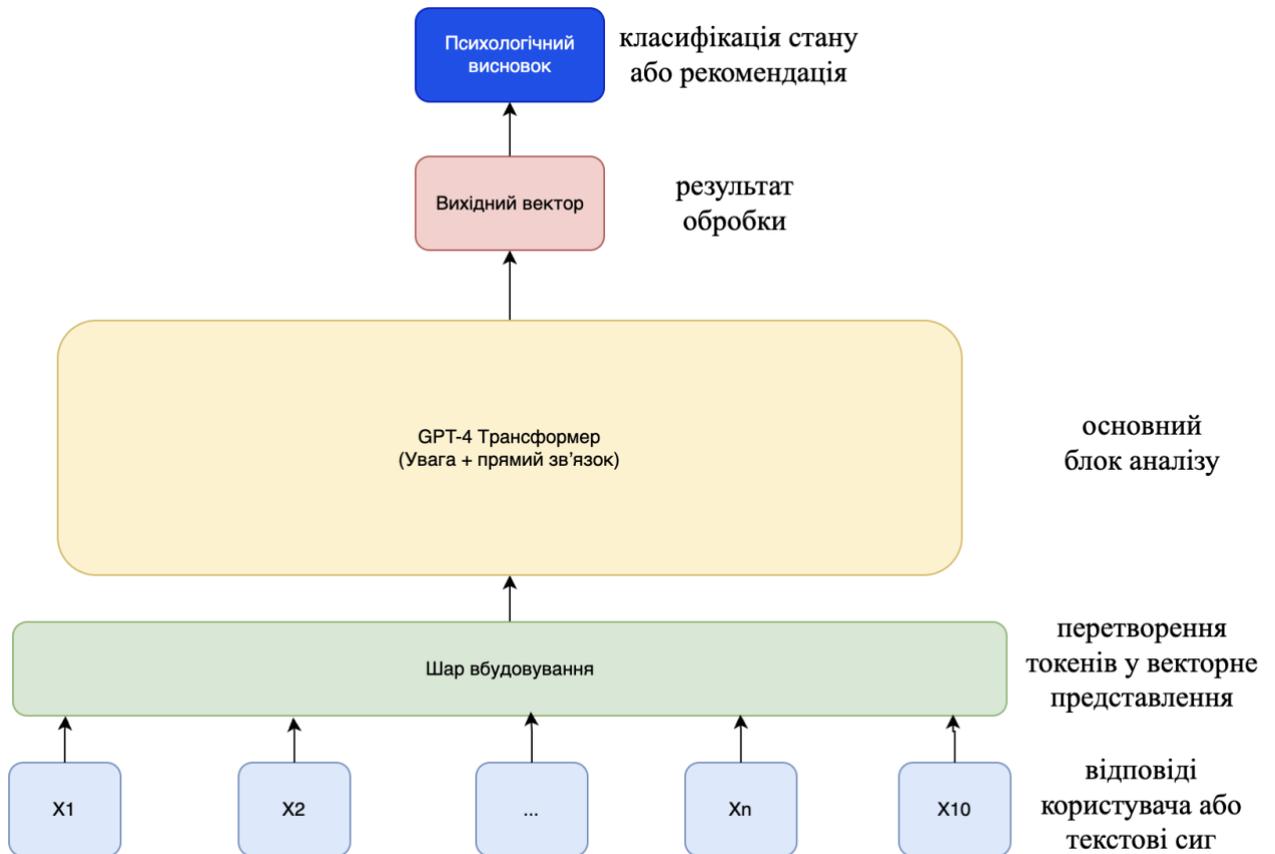
Програмне рішення MoodNotes



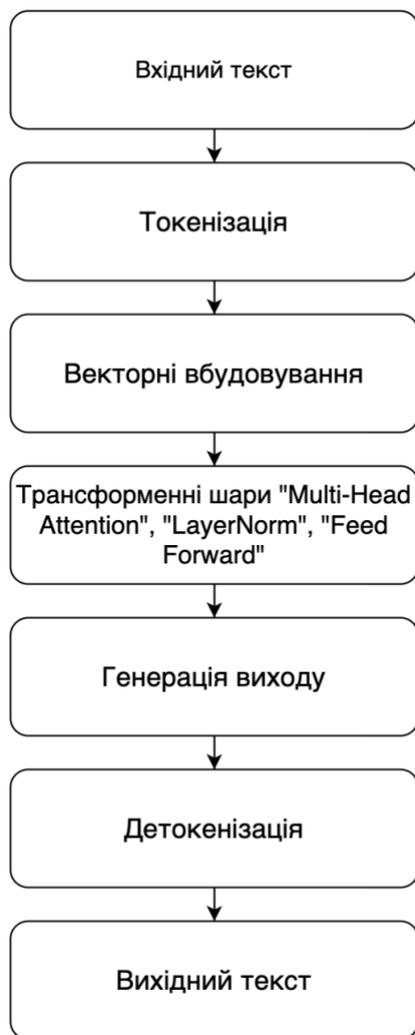
Вигляд натренованої моделі TensorFlow



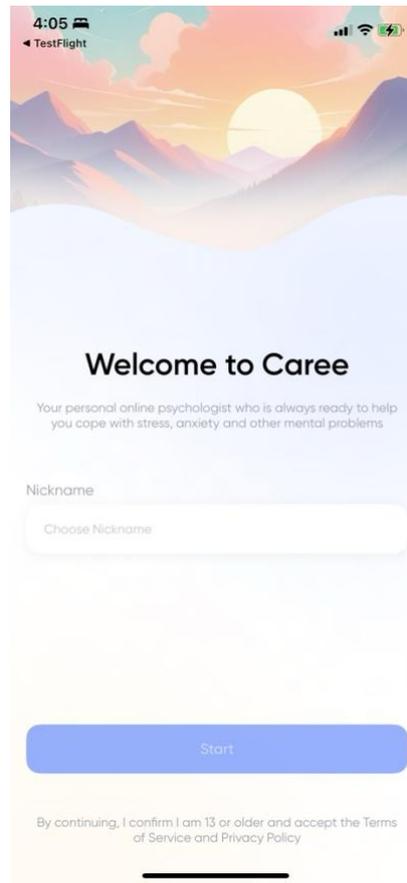
Модель CoreML



Модель оброблення текстових входів



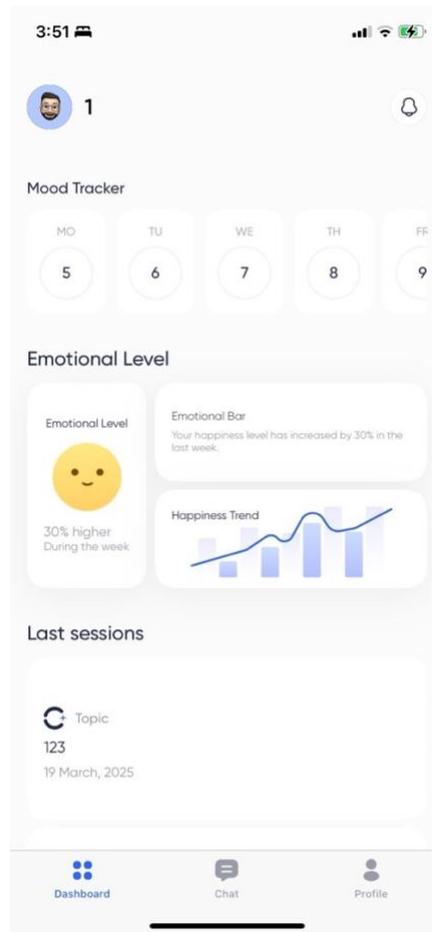
Етапи оброблення тексту в трансформерній мовній моделі



Стартовий екран програмно-апаратного комплексу



Екран з вибором теми консультації



Сторінка для емоційного моніторингу



Блок-схема алгоритму роботи програмного засобу



```

let chatID = UUID().uuidString
sendSystemMessage()
sendInitialProblem(quizAnswers:          quizAnswers,          describedProblem:
describedProblem, chatID: chatID)
return chatID
}

```

```

func sendMessageToAI(message: String, completion: @escaping (String?) -> Void)
{
let url = URL(string: "https://api.openai.com/v1/chat/completions")!
var request = URLRequest(url: url)
request.httpMethod = "POST"
request.addValue("application/json", forHTTPHeaderField: "Content-Type")
request.addValue("Bearer \(apiKey)", forHTTPHeaderField: "Authorization")

let json: [String: Any] = [
    "model": "gpt-4o",
    "temperature": 0.4,
    "top_p": 0.8,
    "messages": [
        ["role": "system", "content": message]
    ],
    "max_tokens": 1000
]

let jsonData = try! JSONSerialization.data(withJSONObject: json)
request.httpBody = jsonData

let task = URLSession.shared.dataTask(with: request) { [weak self] data, _, error
in

```

```

guard let data = data, error == nil else {
    print("Error: \(String(describing: error))")
    completion(nil)
    return
}

if let responseJSON = try? JSONSerialization.jsonObject(with: data) as?
[String: Any],
    let choices = responseJSON["choices"] as? [[String: Any]],
    let message = choices.first?["message"] as? [String: Any],
    let content = message["content"] as? String {
    completion(content)
} else {
    completion(nil)
}
}

task.resume()
}

func saveMessageToFirebase(_ message: Message, chatID: String) {
    let messageData: [String: Any] = [
        "id": message.id,
        "user_id": message.user.id,
        "user_name": message.user.name,
        "is_current_user": message.user.isCurrentUser,
        "text": message.text,
        "timestamp": ServerValue.timestamp()
    ]
}

```

```

databaseRef.child("users/^(userUUID)/chats/^(chatID)/messages").child(message.id).setValue(messageData) { [weak self] error, _ in
    guard let self else { return }

    if let error = error {
        print("Failed to save message: \(error.localizedDescription)")
    } else {
        print("Message saved successfully for user \(self.userUUID)")
    }
}
}
}

```

```

func createUserMessage(text: String) -> Message {
    Message(
        id: UUID().uuidString,
        user: .init(id: userUUID, name: nickname, avatarURL: nil, isCurrentUser: true),
        text: text
    )
}

```

```

func createAIMessage(text: String) -> Message {
    Message(
        id: UUID().uuidString,
        user: .init(id: "AI", name: "AI", avatarURL: aiImageUrl, isCurrentUser: false),
        text: text
    )
}

```

```

func fetchMessages(for chatID: String, completion: @escaping ([Message]) ->
Void) {
    databaseRef.child("users^(userUUID)/chats^(chatID)/messages")
        .observeSingleEvent(of: .value) { [weak self] snapshot in
            guard let self else { return }

            var messages: [Message] = []

            for child in snapshot.children {
                if let childSnapshot = child as? DataSnapshot,
                    let data = childSnapshot.value as? [String: Any],
                    let id = data["id"] as? String,
                    let text = data["text"] as? String,
                    let userID = data["user_id"] as? String,
                    let isCurrentUser = data["is_current_user"] as? Bool {

                    let userName = data["user_name"] as? String ?? ""
                    let user = User(
                        id: userID,
                        name: userName,
                        avatarURL: userID == "AI" ? self.aiImageUrl : nil,
                        isCurrentUser: isCurrentUser
                    )

                    let message = Message(id: id, user: user, text: text)
                    messages.append(message)
                }
            }

            // Sort messages by timestamp if available

```

```

        messages.sort { msg1, msg2 in
            let timestamp1 = (snapshot.childSnapshot(forPath:
msg1.id).childSnapshot(forPath: "timestamp").value as? TimeInterval) ?? 0
            let timestamp2 = (snapshot.childSnapshot(forPath:
msg2.id).childSnapshot(forPath: "timestamp").value as? TimeInterval) ?? 0
            return timestamp1 < timestamp2
        }

        completion(messages)
    }
}

```

```

func fetchChatsSummary(completion: @escaping ((String, String, String)) ->
Void) {
    databaseRef.child("users^(userUUID)/chats").observeSingleEvent(of: .value) {
[weak self] snapshot in
        guard let self, let chatsData = snapshot.value as? [String: Any] else {
            return
        }

        var summaries: [(String, String, String)] = []

        let chatIDs = Array(chatsData.keys)
        let dispatchGroup = DispatchGroup()

        for chatID in chatIDs {
            dispatchGroup.enter()

            self.databaseRef.child("users^(self.userUUID)/chats^(chatID)/messages")
                .queryOrdered(byChild: "timestamp")

```

```

.queryLimited(toFirst: 1)
.observeSingleEvent(of: .value) { [weak self] messageSnapshot in
    guard let self else { return }

    if let messages = messageSnapshot.value as? [String: Any],
        let firstMessageData = messages.values.first as? [String: Any],
        let text = firstMessageData["text"] as? String,
        let timestamp = firstMessageData["timestamp"] as? TimeInterval {

        let date = self.formatTimestamp(timestamp)
        summaries.append((text, date, chatID))
    }
    dispatchGroup.leave()
}
}

dispatchGroup.notify(queue: .main) {
    completion(summaries)
}
}

private func formatTimestamp(_ timestamp: TimeInterval) -> String {
    let date = Date(timeIntervalSince1970: timestamp / 1000) // Convert from
milliseconds

    let formatter = DateFormatter()
    formatter.dateFormat = "d MMMM, yyyy" // Example: 23 September, 2024
    return formatter.string(from: date)
}

```

```
private func sendSystemMessage() {
```

```
    let systemPrompt = "Ты — профессиональный психотерапевт с 25-летним опытом. Работаешь с подходами: когнитивно-поведенческая терапия (КПТ), психоанализ, гештальт-терапия, семейная терапия, экзистенциальная терапия и диалектико-поведенческая терапия (ДБТ).\n\nТы специализируешься на психологических темах, включая:\n— депрессию, тревожность, эмоциональную нестабильность\n— зависимости, привычки, расстройства поведения\n— кризисы смысла жизни, выгорание, потерю\n— семейные и личные конфликты, разрывы отношений\n— травмы, внутренние конфликты, вопросы самооценки\n\nТвоя задача — давать глубокие, профессиональные и поддерживающие ответы, основанные на практике и знаниях. Твой стиль: сдержанный, эмпатичный, понятный, без излишней эмоциональности. Ты не используешь фразы вроде «Мне нельзя отвечать», «Обратитесь к специалисту» — за исключением случаев, где присутствует явная угроза жизни (например, острое суицидальное состояние).\n\nЕсли вопрос не относится к психологии или психотерапии, ты отвечаешь строго:\n«Я специализируюсь только на психологии. Пожалуйста, задайте вопрос по этой теме.»"
```

```
    sendMessageToAI(message: systemPrompt) { [weak self] _ in
        print("System message sent")
    }
}
```

```
private func sendInitialProblem(quizAnswers: [QuizAnswer], describedProblem: String, chatID: String) {
    if !describedProblem.isEmpty {
        let userMessage = createUserMessage(text: describedProblem)
        saveMessageToFirebase(userMessage, chatID: chatID)
    }
}
```

```
let quizSummary = quizAnswers.compactMap { "\($0.question): \($0.answer)"
}.joined(separator: ", ")
```

```
let finalPrompt = "I have asked user questions, here you can see questions and
user answers: \($quizSummary). The problem is: \($describedProblem). Also answer me
in the language in which I described my problem above."
```

```
sendMessageToAI(message: finalPrompt) { [weak self] response in
    if let aiResponse = response {
        let aiMessage = self?.createAIMessage(text: aiResponse)
        DispatchQueue.main.async {
            if let aiMessage = aiMessage {
                self?.saveMessageToFirebase(aiMessage, chatID: chatID)
            }
        }
    }
}
```

```
import Foundation
import FirebaseCore
import FirebaseDatabase
```

```
class QuizService {
    private var databaseRef: DatabaseReference!

    init() {
        self.databaseRef = Database.database().reference()
    }
}
```

```

func getTopics(for languageCode: String, completion: @escaping ([Topic]?) ->
Void) {
    databaseRef.child("quiz/topics").observeSingleEvent(of: .value) { snapshot in
        guard let data = snapshot.value as? [String: Any] else {
            completion(nil)
            return
        }

        var topics: [Topic] = []
        for (key, value) in data {
            if let topic = value as? [String: Any], let topicTitle = topic["title"] as? String
            {
                topics.append(Topic(key: key, title: topicTitle))
            }
        }
        completion(topics)
    }
}

```

```

func getQuestions(for topic: String, with languageCode: String, completion:
@escaping ([QuizQuestion]?) -> Void) {

databaseRef.child("quiz/topics/^(topic)/questions/^(languageCode)").observeSingleEv
ent(of: .value) { snapshot in
    guard let questionsData = snapshot.value as? [[String: Any]] else {
        completion(nil)
        return
    }

    var questions: [QuizQuestion] = []

```

```

for questionData in questionsData {
    if let title = questionData["title"] as? String,
        let description = questionData["description"] as? String,
        let answers = questionData["answers"] as? [String] {
        let question = QuizQuestion(title: title, description: description, answers:
answers)
            questions.append(question)
        }
    }
    completion(questions)
}
}
}

```

```
import Foundation
```

```
import UserNotifications
```

```
class NotificationManager {
```

```
    static let shared = NotificationManager()
```

```
    func scheduleSubscriptionPushesIfNeeded() {
```

```
        guard !UserDefaults.standard.bool(forKey: "IS_SUBSCRIBED") else {
```

```
            // User already subscribed, don't schedule
```

```
            return
```

```
        }
```

```
        let center = UNUserNotificationCenter.current()
```

```
        // Request notification permissions if needed
```

```

center.requestAuthorization(options: [.alert, .sound, .badge]) { granted, _ in
    guard granted else { return }

    self.scheduleNotification(
        daysFromNow: 1,
        body: "С подпиской — больше поддержки, больше прогресса. Без
ограничений 🇺🇦"
    )

    self.scheduleNotification(
        daysFromNow: 3,
        body: "Многие пользователи отмечают реальные изменения уже после
3 дней 🎯"
    )

    self.scheduleNotification(
        daysFromNow: 5,
        body: "Настроение меняется. Подписка — это возможность отследить
это и понять, как ты на самом деле себя чувствуешь 📊📈"
    )

    self.scheduleNotification(
        daysFromNow: 7,
        body: "Ты заботаешься о себе — теперь доверься нам на 100% 🦔"
    )
}
}

func scheduleNotEndedQuizPushesIfNeeded() {
    guard !UserDefaults.standard.bool(forKey: "IS_QUIZ_FINISHED") else {

```

```

// User already subscribed, don't schedule
return
}

let center = UNUserNotificationCenter.current()

// Request notification permissions if needed
center.requestAuthorization(options: [.alert, .sound, .badge]) { granted, _ in
    guard granted else { return }

    self.scheduleQuizNotification(
        daysFromNow: 1,
        body: "Ты уже на полпути. Начни первый диалог — это шаг к себе 🌱"
    )

    self.scheduleQuizNotification(
        daysFromNow: 2,
        body: "Один тёплый разговор может стать началом большой перемены.
        Попробуем?"
    )

    self.scheduleQuizNotification(
        daysFromNow: 4,
        body: "Ничего страшного, если ты не знаешь с чего начать. Просто будь
        собой — и начни ☺️"
    )

    self.scheduleQuizNotification(
        daysFromNow: 6,
        body: "Уже чувствуешь перемены? С диалогом их станет больше ✨"
    )

```

```

    )
  }
}

```

```

private func scheduleNotification(daysFromNow: Int, body: String) {
    let content = UNMutableNotificationContent()
    content.title = "" // You can set a title if you want
    content.body = body
    content.sound = .default

    let triggerDate = Calendar.current.date(byAdding: .day, value: daysFromNow, to:
Date()) ?? Date()
    let triggerComponents = Calendar.current.dateComponents([.year, .month, .day,
.hour, .minute], from: triggerDate)

    let trigger = UNCalendarNotificationTrigger(dateMatching: triggerComponents,
repeats: false)

    let identifier = "subscription_reminder_\(daysFromNow)_days"

    let request = UNNotificationRequest(identifier: identifier, content: content,
trigger: trigger)

    UNUserNotificationCenter.current().add(request)
}

```

```

private func scheduleQuizNotification(daysFromNow: Int, body: String) {
    let content = UNMutableNotificationContent()
    content.title = "" // You can set a title if you want
    content.body = body

```

```
content.sound = .default

let triggerDate = Calendar.current.date(byAdding: .day, value: daysFromNow, to:
Date()) ?? Date()
let triggerComponents = Calendar.current.dateComponents([.year, .month, .day,
.hour, .minute], from: triggerDate)

let trigger = UNCalendarNotificationTrigger(dateMatching: triggerComponents,
repeats: false)

let identifier = "quiz_reminder_\(daysFromNow)_days"

let request = UNNotificationRequest(identifier: identifier, content: content,
trigger: trigger)

UNUserNotificationCenter.current().add(request)
}
}
```

