

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра інформаційних технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему: «Чат бот для фітнесу на основі штучного інтелекту»

Сергієнко Арсеній Геннадійович

(прізвище, ім'я та по-батькові Здобувача повністю)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІТ

„___” _____ 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему: «Чат бот для фітнесу на основі штучного інтелекту»
(назва)

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгоду допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Сергієнко Арсеній
Геннадійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

122 «Комп'ютерні науки»

(спеціальність)

Інформаційні управляючі системи і
технології

(освітня програма)

Групи КН-21

Керівник Бородавка Є.В.

(прізвище та ініціали)

професор, доктор технічних наук

(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент к.т.н., доц Баліна О.І.

(Прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій

Випускова кафедра: інформаційних технологій

Ступінь вищої освіти: «бакалавр»

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

Освітня програма: Інформаційні управляючі системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІТ

„___” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

Сергієнко Арсеній Геннадійович

1. Тема роботи Чат бот для фітнесу на основі штучного інтелекту
затверджена наказом ректора КНУБА № 2650 від «18»11.2025 року
2. Керівник роботи Бородавка Євгеній Володимирович, д.т.н, професор
(прізвище, ім'я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Термін подання Здобувачем роботи до захисту _____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - P.1 Аналіз предметної області та постановка задачі
 - P.2 Моделі та алгоритми штучного інтелекту для фітнес-чатботів
 - P.3 Розробка та реалізація фітнес-чатбота на основі штучного інтелекту
 - P.4 Експериментальне дослідження та оцінка ефективності фітнес-чатбота
5. Графічний матеріал за розділами:
 - P.1 _____
 - P.2 _____
 - P.3 _____
 - P.4 _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1			
Розділ 2			
Розділ 3			
Розділ 4			

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1 Аналіз предметної області та постановка задачі	Січень 2025 р.
Розділ 2 Моделі та алгоритми штучного інтелекту для фітнес-чатботів	Лютий 2025 р.
Розділ 3 Розробка та реалізація фітнес-чатбота на основі штучного інтелекту	Травень 2025 р.
Розділ 4 Експериментальне дослідження та оцінка ефективності фітнес-чатбота	Травень 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	Травень 2025 р.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	Травень 2025 р.
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	Червень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування	Січень 2025 р.

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач _____

(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) <i>до кваліфікаційної випускної роботи Здобувача:</i>	Сергієнко Арсеній Геннадійович Arsenii Serhiienko		
<i>ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема (українською та англійською)</i>	Розробка фітнес бота на основі штучного інтелекту Development of an artificial intelligence-based fitness chatbot		
<i>Освітній ступінь</i>	Бакалавр		
<i>Факультет</i>	Автоматизації і інформаційних технологій		
<i>Випускова кафедра</i>	Інформаційних технологій		
<i>Спеціальність</i>	122 «Комп'ютерні науки»		
<i>Освітня програма</i>	Інформаційні управляючі системи і технології		
<i>Керівник</i>	Бородавка Євгеній Володимирович		
<i>Обсяг роботи:</i>	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А
	131	4	18
<i>Розділ 1.</i>			
<i>Розділ 2.</i>			
<i>Розділ 3.</i>			
<i>Розділ 4.</i>			
<i>Ключові слова:</i>	<i>фітнес-чатбот, штучний інтелект, обробка природної мови, персоналізовані рекомендації, машинне навчання, telegram bot api, python.</i>		
<i>Keywords:</i>	<i>fitness chatbot, artificial intelligence, natural language processing, personalized recommendations, machine learning, telegram bot api, python.</i>		

Здобувач: _____ /Арсеній **СЕРГІЄНКО** /

Керівник: _____ / Євгеній **БОРОДАВКА** /

“ ___ ” _____ 2025р.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АЕК - атестаційна екзаменаційна комісія

БД - база даних

ЖЦ - життєвий цикл

ІС - інформаційна система

КВР - кваліфікаційна випускна робота

СУБД - система управління базами даних

API (Application Programming Interface) - програмний інтерфейс додатка

GPT (Generative Pre-trained Transformer) - генеративний попередньо навчений трансформер

HRV (Heart Rate Variability) - варіабельність серцевого ритму

ML (Machine Learning) - машинне навчання

NER (Named Entity Recognition) - розпізнавання іменованих сутностей

NLP (Natural Language Processing) - обробка природної мови

RPE (Rating of Perceived Exertion) - рівень сприйняття навантаження

TRIMP (Training Impulse) - тренувальний імпульс

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	12
1.1 Аналіз предметної області "Фітнес"	12
1.1.1. Огляд сучасних тенденцій у сфері фітнесу	14
1.1.2. Визначення потреб користувачів у фітнес-послугах.....	16
1.1.3. Аналіз існуючих онлайн-платформ та мобільних додатків для фітнесу	17
1.2. Аналіз існуючих чат-ботів для фітнесу	19
1.2.1 Огляд функціональності та можливостей існуючих чат-ботів	22
1.2.2 Виявлення переваг та недоліків існуючих рішень	23
1.2.3 Аналіз використання штучного інтелекту в чат-ботах для фітнесу	25
1.3. Постановка задачі.....	26
1.3.1 Формулювання основної задачі дослідження.....	27
1.3.2 Визначення вимог до розроблюваного чат-бота	28
1.3.3 Обґрунтування вибору мови програмування Python та необхідних бібліотек	29
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ФІТНЕС-ЧАТБОТІВ	32
2.1. Методи обробки природної мови для чат-ботів	32
2.1.1. Огляд технологій NLP для розуміння запитів користувачів.....	32
2.1.2. Застосування алгоритмів класифікації тексту для визначення намірів	33
2.1.3. Методи розпізнавання іменованих сутностей у фітнес-контексті.....	37
2.2. Алгоритми машинного навчання для персоналізації рекомендацій	40
2.2.1. Системи рекомендацій для підбору тренувальних програм	40
2.2.2. Аналіз прогресу користувача та адаптація навантажень.....	44
2.2.3. Кластеризація користувачів за параметрами та цілями.....	47
2.3. Моделі представлення знань для фітнес-чатбота	51
2.3.1. Онтології та бази знань у сфері фітнесу	51
2.3.2. Логічні правила та експертні системи для формування рекомендацій.....	54
2.3.3. Нечітка логіка для оцінки стану користувача.....	57
2.4. Методи збору та аналізу даних про фізичну активність.....	61
2.4.1. Інтеграція з носимими пристроями та фітнес-трекерами.....	61
2.4.2. Алгоритми обробки даних про фізичну активність	64

2.4.3. Прогнозування показників на основі історичних даних.....	69
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ФІТНЕС-ЧАТБОТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	73
3.1. Проектування архітектури чат-бота.....	73
3.1.1. Загальна структура та компоненти системи	73
3.1.2. Модель взаємодії з користувачем через Telegram.....	74
3.1.3. Проектування бази даних для зберігання інформації	75
3.2. Розробка алгоритмів обробки запитів користувача	77
3.2.1. Реалізація системи розпізнавання намірів.....	77
3.2.2. Створення механізму видобування сутностей із повідомлень	80
3.2.3. Розробка контекстної моделі діалогу.....	82
3.3. Реалізація системи персоналізованих рекомендацій.....	84
3.3.1. Імплементация алгоритмів підбору тренувань	84
3.3.2. Розробка модуля аналізу харчування.....	85
3.3.3. Створення механізму адаптації програми під прогрес користувача ...	87
3.4. Інтеграція з зовнішніми сервісами та API.....	88
3.4.1. Реалізація взаємодії з Telegram Bot API	88
3.4.2. Інтеграція з платформами моніторингу активності	90
3.4.3. Розробка системи сповіщень та нагадувань.....	91
3.5. Тестування та оптимізація чат-бота	94
3.5.1. Розробка методик тестування функціональності	94
3.5.2. Оптимізація продуктивності та швидкодії.....	95
3.5.3. Тестування з реальними користувачами та аналіз відгуків.....	97
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТНЕС-ЧАТБОТА	100
4.1. Методика проведення експериментального дослідження	100
4.1.1. Визначення метрик оцінки ефективності чат-бота	100
4.1.2. Формування тестової групи користувачів.....	101
4.1.3. План та етапи проведення експерименту	102
4.2. Аналіз результатів тестування функціональності	103
4.2.1. Оцінка точності розпізнавання запитів користувачів	103
4.2.2. Аналіз ефективності персоналізованих рекомендацій.....	105
4.2.3. Дослідження взаємодії з зовнішніми платформами.....	106
4.3. Оцінка користувацького досвіду та задоволеності	107
4.3.1. Аналіз відгуків та зворотного зв'язку від користувачів.....	107
4.3.2. Оцінка зручності використання та інтуїтивності інтерфейсу	109

4.3.3. Порівняння з традиційними методами фітнес-консультування	111
4.4. Аналіз ефективності чат-бота для досягнення фітнес-цілей.....	114
4.4.1. Оцінка динаміки фізичних показників користувачів.....	114
4.4.2. Порівняння з контрольною групою	115
4.4.3. Економічна ефективність впровадження чат-бота.....	118
4.5. Рекомендації щодо подальшого вдосконалення системи.....	120
4.5.1. Виявлені обмеження та проблеми в роботі чат-бота	120
4.5.2. Перспективні напрями розвитку функціональності.....	122
4.5.3. Рекомендації щодо масштабування та впровадження в інші сфери .	124
ВИСНОВКИ.....	126
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	129

ВСТУП

Перед сучасним суспільством гостро стоїть питання підтримки здорового способу життя та оптимізації тренувального процесу. В умовах швидкого розвитку технологій з'являються все більш ефективні цифрові інструменти, які дозволяють автоматизувати фітнес-консультації, підбирати персоналізовані тренувальні програми та відстежувати прогрес користувачів. Одним із таких рішень є чат-боти на основі штучного інтелекту, які можуть замінити персонального тренера, надаючи рекомендації щодо фізичних навантажень, харчування та режиму дня. Впровадження таких систем підвищує доступність фітнес-послуг, персоналізує підхід до кожного користувача та сприяє ефективнішому досягненню поставлених цілей.

На даний момент розробка та впровадження фітнес-чатботів є актуальним завданням, оскільки такі системи допомагають автоматизувати взаємодію користувача з тренувальними програмами, адаптувати навантаження на основі зібраних даних та підвищити мотивацію до занять спортом. Сучасні технології машинного навчання, обробки природної мови та аналізу даних дозволяють створювати інтелектуальні боти, здатні імітувати взаємодію з реальним тренером та надавати якісні рекомендації.

Мета роботи - розробка фітнес-чатбота на основі штучного інтелекту мовою Python для автоматизації консультацій щодо тренувань і здорового способу життя.

Об'єкт дослідження - процеси автоматизації фітнес-консультацій за допомогою чат-ботів.

Предмет дослідження - методи, моделі та алгоритми штучного інтелекту, що застосовуються у фітнес-чатботах.

Методи дослідження - методи машинного навчання, обробки природної мови, алгоритми аналізу даних та штучного інтелекту.

Робота присвячена розробці чат-бота для фітнесу, який використовуватиме штучний інтелект для створення персоналізованих рекомендацій з фізичних навантажень та здорового харчування. Основна мета проекту – підвищення

ефективності тренувального процесу за рахунок автоматизації підбору індивідуальних програм.

У першому розділі проведено аналіз сучасних рішень у сфері фітнес-ботів та методів штучного інтелекту, які використовуються для автоматизації консультацій. Оцінено ефективність існуючих підходів та визначено напрямки покращення.

Другий розділ присвячений розгляду моделей та алгоритмів, що застосовуються у фітнес-чатботах. Розглянуто машинне навчання, обробку природної мови, а також методи збору та аналізу даних користувачів.

У третьому розділі описано реалізацію чат-бота, включаючи вибір архітектури, технологічного стеку та алгоритмів аналізу користувацьких запитів. Наведено фрагменти коду та результати тестування.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз предметної області "Фітнес"

Фітнес є комплексним явищем, що включає фізичну активність, раціональне харчування та відновлювальні практики, спрямовані на підтримку фізичного стану організму. У сучасному контексті цей термін охоплює різноманітні підходи до тренувального процесу, що сприяють підвищенню витривалості, розвитку м'язової сили, поліпшенню гнучкості та координації рухів.

Згідно з науковими дослідженнями, фітнес визначається як сукупність фізіологічних та психологічних параметрів, що відображають рівень здоров'я та працездатності людини. Основними складовими фітнесу є кардіонавантаження, силові тренування, вправи на гнучкість та рівновагу. В окремих випадках його розглядають як засіб реабілітації, професійну діяльність або спосіб організації дозвілля.

Фітнес-індустрія є важливим сегментом сучасного ринку оздоровчих послуг. Популярність цього напрямку пов'язана із зростанням рівня усвідомлення значення фізичної активності для запобігання захворюванням, спричиненим гіподинамією. До основних елементів цього сектору належать тренажерні зали, персональні тренування, онлайн-програми, мобільні додатки та інтеграція цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту та віртуальної реальності.

У структурі фітнесу виділяють кілька напрямів: аеробні навантаження, силові тренування, функціональні вправи, комплекси для розвитку гнучкості, рівноваги та координації. Наприклад, кардіотренування сприяють зміцненню серцево-судинної системи, тоді як силові вправи забезпечують розвиток м'язової тканини та прискорюють обмінні процеси.

Харчування є невід'ємною складовою фітнесу. Харчові звички безпосередньо впливають на досягнення фізичних цілей, зокрема корекцію маси тіла або підтримання оптимального рівня енергії. Основні принципи включають

баланс макро- та мікронутрієнтів, достатнє споживання рідини та коригування раціону відповідно до інтенсивності фізичних навантажень.

Фізична активність має значний вплив на психологічний стан. Доведено, що регулярні тренування сприяють зниженню рівня стресу, покращенню когнітивних функцій та регуляції емоційного стану. Під час фізичних вправ організм продукує ендорфіни, що асоціюються зі зменшенням тривожності та покращенням настрою.

Сучасні підходи до організації фітнес-тренувань суттєво відрізняються від традиційних спортивних дисциплін. Основна мета полягає не в досягненні високих спортивних результатів, а у забезпеченні оптимального рівня фізичної активності для широкої аудиторії. Це робить фітнес доступним незалежно від віку, рівня підготовки чи стану здоров'я, що сприяє його використанню в системах профілактики захворювань і підтримки загального рівня життєдіяльності.

Технологічний розвиток суттєво вплинув на способи організації тренувального процесу. Використання онлайн-платформ і мобільних додатків сприяє персоналізації тренувань, дозволяючи адаптувати програми відповідно до індивідуальних характеристик користувачів. Застосування штучного інтелекту забезпечує аналіз фізичних показників та підбір оптимальних режимів навантажень, тоді як елементи віртуальної реальності підвищують мотивацію до занять.

Фізична активність все частіше інтегрується в корпоративне середовище. Багато організацій запроваджують програми оздоровлення працівників, пропонуючи тренування в офісах або абонементи у спортивні клуби. Такі ініціативи сприяють підвищенню продуктивності та покращенню соціальної взаємодії в колективах.

Фітнес тісно пов'язаний із медициною, оскільки регулярна фізична активність використовується як засіб профілактики та допоміжної терапії для осіб із хронічними захворюваннями, зокрема цукровим діабетом, гіпертонією та метаболічним синдромом. У медичних рекомендаціях часто зазначається

необхідність помірного фізичного навантаження для підтримки функціонального стану організму.

Професійна діяльність тренерів у сфері фітнесу базується на застосуванні сучасних методів фізичної підготовки, моніторингу стану здоров'я клієнтів та корекції тренувальних програм. Компетентність тренерів є визначальним чинником ефективності занять, що впливає на безпеку виконання вправ і досягнення поставлених завдань.

Фітнес також виконує соціальну функцію, оскільки групові тренування та участь у клубних програмах сприяють комунікації між людьми та створенню мотивуючого середовища. Соціальні аспекти тренувального процесу можуть сприяти підвищенню дисциплінованості та регулярності фізичної активності.

Глобальні тенденції, пов'язані зі змінами у суспільстві, відображаються у сфері фітнесу. Зокрема, екологічні ініціативи сприяють популяризації тренувань на відкритому повітрі, використанню екологічних матеріалів у спортіндустрії та формуванню нових підходів до харчування серед прихильників фізичної активності [1].

Таким чином, фітнес охоплює широкий спектр напрямів, що включають фізичну активність, науково обґрунтовані методи тренувань, принципи раціонального харчування та технологічні інновації. Його вплив поширюється на різні аспекти життя людини, включаючи фізичне здоров'я, психологічне благополуччя та соціальну взаємодію, що робить його актуальним елементом сучасної культури.

1.1.1. Огляд сучасних тенденцій у сфері фітнесу

Сучасні підходи до фітнесу формуються під впливом наукових досліджень, технологічного розвитку, змін у способі життя та соціально-економічних процесів. Фітнес охоплює систему підтримки фізичного стану, що включає фізичні вправи, раціональне харчування, психологічну регуляцію та використання інноваційних методів для підвищення ефективності тренувань.

Важливим напрямом є персоналізація тренувальних програм, що базується на фізичних параметрах людини, стані здоров'я та генетичних особливостях.

Одним із векторів розвитку є цифровізація фітнес-індустрії, яка включає застосування мобільних додатків, алгоритмів штучного інтелекту та носимих пристроїв, таких як фітнес-трекери та розумні годинники. Ці технології забезпечують можливість моніторингу фізичних показників, отримання рекомендацій та участі у дистанційних тренуваннях. Наприклад, штучний інтелект здатний аналізувати рівень активності, частоту серцевих скорочень, якість сну та оцінювати ризики перевантаження або дефіциту поживних речовин. Такий підхід сприяє точному регулюванню фізичних навантажень та відновлення.

Популярність набирають гібридні форми тренувань, які поєднують методики з різних напрямів для комплексного впливу на організм. Наприклад, функціональний тренінг, що включає елементи йоги, пілатесу, силових і кардіотренувань, дозволяє покращити координацію, гнучкість, витривалість і силу. Також спостерігається зростання інтересу до тренувань на відкритому повітрі, що сприяє поєднанню фізичної активності із впливом природного середовища на психоемоційний стан.

Значна увага приділяється усвідомленому підходу до фізичної активності, що виявляється у концепціях, пов'язаних із регуляцією фізичного та ментального стану. Фітнес розглядається як складова загальної стратегії підтримки здоров'я, з акцентом на відновлення після тренувань, роль сну у процесах регенерації та вплив стресу на організм. Це сприяє поширенню медитаційних практик, дихальних технік та спеціальних методів розтяжки, що мінімізують вплив стресових факторів і знижують ризик травматизації.

Окремо розглядається соціальний вимір фітнесу, який значно трансформувалася в останні роки. Онлайн-спільноти, інтерактивні тренування, групові заняття через відеозв'язок забезпечують ефект соціальної взаємодії, мотивуючи до систематичних занять. Це особливо актуально для осіб, що тренуються самотійно, оскільки можливість обміну досвідом і зворотного зв'язку сприяє підвищенню рівня залученості [2]. Загалом, сучасний фітнес

розвивається як комплексна система, що поєднує науково обґрунтовані методи, технологічні інновації та соціальну інтеграцію задля формування довгострокового фізичного та психоемоційного благополуччя.

1.1.2. Визначення потреб користувачів у фітнес-послугах

Потреби користувачів у фітнес-послугах визначаються впливом різних чинників, зокрема станом здоров'я, способом життя, мотивацією, соціальним середовищем та доступністю ресурсів. У широкому сенсі, їх можна розглядати як прагнення людини підтримувати або покращувати фізичний і психологічний стан через цілеспрямовану фізичну активність. Це охоплює як загальні потреби, пов'язані з підтримкою здоров'я, так і специфічні запити, такі як регулювання маси тіла або реабілітація після травм.

Однією з основних вимог є ефективність тренувань, що передбачає досягнення певних результатів у визначений період. Користувачі очікують адаптації фітнес-програм до їхніх фізичних можливостей, з урахуванням індивідуальних особливостей. Це зумовлює необхідність персоналізації послуг, яка реалізується через індивідуальні консультації, розробку спеціальних програм тренувань або використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу стану організму та визначення оптимального рівня фізичного навантаження.

Також значення має доступність фітнес-послуг. Сучасні користувачі прагнуть обирати формат занять, який узгоджується з їхнім способом життя. Це може включати можливість відвідування тренажерного залу поблизу місця проживання або роботи, доступ до онлайн-занять, використання мобільних додатків для самостійного тренування, а також гнучкий графік, що дозволяє поєднувати фізичну активність з іншими щоденними обов'язками. Популярності набувають тренування «на вимогу», які передбачають самостійний вибір часу та типу фізичної активності.

Додатковим фактором є потреба у мотивації та соціальній підтримці, які можуть впливати на дотримання фітнес-режиму. Особи, які займаються у групах або взаємодіють у фітнес-спільнотах, частіше досягають поставлених цілей

завдяки підтримці, обміну досвідом та змагальному елементу. Відповідно, групові тренування, персональне наставництво, гейміфікація та інтеграція соціальних мереж у фітнес-програми сприяють підтриманню інтересу до занять та допомагають уникати зниження мотивації [3].

Також розглядається питання безпеки та якості фітнес-послуг. Користувачі очікують, що заняття не спричинять шкоди здоров'ю, а тренери та інструктори матимуть відповідну кваліфікацію. Це охоплює правильність виконання вправ, рівень обслуговування, чистоту приміщень, якість обладнання, дотримання медичних рекомендацій і використання сучасних методик тренувань. Таким чином, потреби користувачів визначають напрями розвитку фітнес-індустрії, стимулюючи впровадження інновацій, удосконалення сервісу та розробку ефективних і безпечних рішень для занять спортом.

1.1.3. Аналіз існуючих онлайн-платформ та мобільних додатків для фітнесу

Сучасний фітнес інтегрується у цифровий простір через розвиток онлайн-платформ і мобільних додатків, які забезпечують доступ до персоналізованих тренувань, моніторингу фізичних показників та соціальної взаємодії. Онлайн-фітнес-платформи можна визначити як цифрові екосистеми, що надають можливість займатися спортом у будь-якому місці та у зручний час. Вони включають відеоуроки, інтерактивні тренування, консультації з тренерами, а також алгоритми аналізу фізичного стану. Такі сервіси спрямовані на спрощення процесу тренувань і підвищення їхньої ефективності шляхом адаптації до індивідуальних потреб користувачів.

Однією з особливостей сучасних фітнес-додатків є використання штучного інтелекту та машинного навчання для персоналізації тренувальних програм. Платформи, такі як Freeletics, Fitbod або MyFitnessPal, аналізують фізичні показники користувача, його прогрес та рівень активності, щоб пропонувати оптимальні навантаження. Наприклад, Fitbod застосовує алгоритми для створення тренувальних планів, які змінюються залежно від результатів попередніх занять, а MyFitnessPal допомагає контролювати раціон і підбирати

дієту відповідно до індивідуальних цілей. Технології дозволяють підвищити ефективність тренувального процесу без необхідності постійного контролю з боку тренера.

Окремий сегмент займають мобільні додатки для групових тренувань і соціальної взаємодії, які дають змогу користувачам об'єднуватися у спільноти, брати участь у челенджах і мотивувати одне одного. Наприклад, Nike Training Club і Strava створюють середовище, в якому люди можуть обмінюватися досягненнями, стежити за результатами інших користувачів і отримувати підтримку. Дослідження свідчать, що соціальна взаємодія сприяє формуванню звички до регулярних занять, оскільки взаємодія у спільноті підвищує рівень мотивації.

Фітнес-платформи також інтегрують доповнену реальність (AR) та віртуальну реальність (VR), що забезпечує новий формат тренувального процесу. Додатки, такі як Supernatural або Holofit, використовують VR-технології для створення віртуальних тренувальних середовищ, що робить заняття більш динамічними. Крім того, зростає популярність інтерактивних домашніх тренажерів, таких як Peloton, які поєднують реальні фізичні вправи з онлайн-змаганнями та персоналізованими тренуваннями у режимі реального часу.

Розвиток онлайн-фітнес-платформ і мобільних додатків демонструє тенденцію до персоналізації, соціалізації та інтеграції цифрових технологій у фітнес-індустрію. Вони надають користувачам можливість контролювати тренувальний процес, адаптувати навантаження відповідно до фізичних можливостей і підтримувати мотивацію завдяки інтерактивним та соціальним функціям [4]. Це вказує на те, що цифрові технології є невід'ємною складовою сучасного фітнесу, розширюючи можливості для ефективних та комфортних занять спортом.

1.2. Аналіз існуючих чат-ботів для фітнесу

Сучасний ринок фітнес-технологій характеризується активним розвитком, зокрема в напрямі використання чат-ботів для персоналізованого тренувального процесу та підтримки користувачів. Чат-боти для фітнесу визначаються як програмні додатки, що застосовують алгоритми штучного інтелекту для автоматизації взаємодії з користувачем, надання рекомендацій щодо тренувань, харчування та моніторингу фізичного стану. Вони аналізують значні обсяги даних і адаптуються до потреб користувачів, виконуючи функції цифрових асистентів у сфері здорового способу життя.

Одним із завдань фітнес-ботів є стимулювання користувачів до регулярних занять спортом. У багатьох випадках користувачі стикаються з труднощами у дотриманні тренувального графіка через недостатній рівень дисципліни або підтримки. Чат-боти вирішують цю проблему, надсилаючи нагадування про тренування, рекомендаційні повідомлення та персоналізовані поради. Наприклад, GymBot та FitBot аналізують активність користувача і пропонують варіанти тренувань залежно від його фізичної форми, рівня втоми та розкладу.

Функціональність сучасних чат-ботів не обмежується нагадуваннями. Вони можуть виконувати функції віртуальних тренерів, створюючи індивідуальні програми занять, контролюючи техніку виконання вправ та коригуючи навантаження. Деякі боти застосовують штучний інтелект для аналізу відповідей користувача, що дає змогу адаптувати стратегію тренувань у реальному часі. Наприклад, Aaptiv Coach використовує неймережі для вивчення звичок користувача та покращення персоналізованості рекомендацій.

Фітнес-боти також виконують функцію моніторингу харчування. Деякі з них підтримують підрахунок калорій, аналіз макро- та мікронутрієнтів і створення раціонів відповідно до потреб користувача. HealthifyMe Ria застосовує алгоритми машинного навчання для підбору харчування та надає рекомендації щодо дієти з урахуванням даних про фізичну активність. Це дає змогу користувачам контролювати харчування та досягати запланованих фітнес-цілей.

Інтеграція чат-ботів із носимими пристроями, такими як фітнес-браслети та розумні годинники, розширює їхні можливості. Вони отримують дані про рівень активності, серцевий ритм, якість сну і рівень стресу, що дає змогу точніше адаптувати тренувальний процес. Наприклад, чат-боти, що взаємодіють із Apple Health або Google Fit, автоматично коригують навантаження відповідно до стану організму користувача, сприяючи зменшенню ризику перевантажень і травм.

Деякі фітнес-боти підтримують можливість групових тренувань та соціальної взаємодії. Вони дозволяють користувачам створювати тренувальні групи, ділитися досягненнями та брати участь у спільних фітнес-викликах. Наприклад, Strava Chat сприяє формуванню тренувальних груп та обговоренню результатів, що може позитивно впливати на мотивацію користувачів.

Інноваційним напрямом є використання голосових асистентів у фітнес-чат-ботах. Такі системи, як Amazon Alexa Fitness Coach або Google Assistant Workout, дають змогу користувачам взаємодіяти із ботами за допомогою голосових команд, що є зручним під час виконання вправ. Голосові асистенти можуть керувати тренувальним процесом, надаючи інструкції в режимі реального часу та коригуючи темп тренувань.

Разом із тим фітнес-боти мають певні обмеження. Одним із них є недостатня гнучкість у врахуванні фізіологічних особливостей користувачів. Більшість ботів працюють за стандартними алгоритмами, які не завжди коректно адаптують тренувальний процес під індивідуальні потреби. Крім того, відсутність візуального контролю техніки виконання вправ може призводити до помилок та травм, особливо серед початківців.

Аналіз сучасних фітнес-ботів засвідчує їхню ефективність у підтримці фізичної активності, організації тренувального процесу та контролі стану здоров'я користувачів. Вони спрощують процес занять спортом, роблячи його доступним для широкої аудиторії. Подальший розвиток технологій штучного інтелекту та їхня глибша інтеграція із цифровими пристроями сприятимуть удосконаленню фітнес-ботів, що дозволить створювати ще більш

персоналізовані рішення у сфері здорового способу життя [5]. Для детального порівняльного аналізу наведено таблицю порівняння існуючих рішень:

Таблиця 1.1

Аналіз сучасних фітнес-ботів

Назва чат-бота	Основні функції	Використання ШІ	Моніторинг активності	Інтеграція з носимими пристроями	Додаткові можливості
GymBot	Персоналізовані тренування, нагадування	Частково (аналіз активності)	Так	Ні	Враховує рівень втоми
FitBot	Генерація тренувальних програм, рекомендації	Так (адаптація вправ)	Так	Ні	Можливість коригування навантаження
Aaptiv Coach	Персоналізовані аудіотренування	Так (нейромережі)	Так	Так	Аналізує звички користувача
HealthifyMe Ria	Харчові рекомендації, підрахунок калорій	Так (машинне навчання)	Частково	Так	Підбір дієти за активністю
Strava Chat	Соціальна взаємодія, групові тренування	Ні	Так	Так	Спільні фітнес-виклики
Alexa Fitness Coach	Голосове управління тренуваннями	Так	Частково	Так	Голосові команди для вправ

1.2.1 Огляд функціональності та можливостей існуючих чат-ботів

Чат-боти для фітнесу є програмними агентами, що застосовують алгоритми штучного інтелекту та автоматизовані сценарії для взаємодії з користувачами з метою надання персоналізованих рекомендацій щодо тренувального процесу, харчування та загального стану здоров'я. Вони можуть функціонувати у форматі текстових або голосових асистентів, бути окремими додатками або інтегруватися з месенджерами та фітнес-платформами. Їх використання спрямоване на оптимізацію доступу до фітнес-послуг та структурування тренувального процесу.

Одним із напрямів застосування фітнес-ботів є розробка та адаптація індивідуальних тренувальних програм. Вони аналізують початкові параметри користувача, зокрема рівень фізичної підготовки, цілі занять, часові обмеження та історію тренувань, що дає змогу формувати персоналізовані плани. Наприклад, FitBot здійснює підбір вправ залежно від рівня складності, а Aaptiv Coach застосовує алгоритми машинного навчання для динамічного коригування тренувального процесу на основі досягнутого прогресу.

Окрім тренувальних програм, чат-боти виконують функцію контролю харчування, аналізуючи споживані продукти та розраховуючи калорійність раціону. Вони надають рекомендації щодо коригування харчових звичок відповідно до індивідуальних потреб. Наприклад, HealthifyMe Ria аналізує склад продуктів та розробляє персоналізовані дієтичні плани з урахуванням рівня фізичної активності користувача.

Деякі чат-боти виконують функцію віртуального тренера, навчаючи правильній техніці виконання вправ за допомогою відео- або текстових інструкцій, а також фіксуючи помилки у виконанні рухів. Інтеграція з носимими пристроями та фітнес-трекерами дає змогу отримувати дані про фізичну активність, частоту серцевих скорочень, витрачені калорії та якість сну. Це сприяє оцінці загального стану здоров'я та адаптації тренувального процесу відповідно до фізіологічних показників користувача.

Деякі фітнес-боти підтримують функцію соціальної взаємодії. Вони можуть об'єднувати користувачів у тренувальні групи, надавати можливість брати участь у фітнес-заходах, обмінюватися результатами та аналізувати досягнення [6]. Наприклад, Strava Chat сприяє організації спільних забігів або тренувань, а Nike Training Club створює інтерактивне середовище для взаємодії учасників. Таким чином, фітнес-боти забезпечують широкий спектр можливостей для організації та моніторингу тренувального процесу, контролю за харчуванням та соціальної комунікації.

1.2.2 Виявлення переваг та недоліків існуючих рішень

Фітнес-чат-боти є програмними рішеннями, що спрямовані на підтримку фізичної активності та здорового способу життя. Однією з їхніх характеристик є доступність та можливість використання в будь-який час і місці. На відміну від традиційних тренувань із персональним тренером, чат-боти надають персоналізовані рекомендації без необхідності додаткових фінансових витрат. Вони сприяють автоматизації планування тренувань і харчування, що може бути корисним для користувачів із напруженим графіком, які не мають змоги регулярно відвідувати спортивні заклади або консультуватися зі спеціалістами.

Функція персоналізації тренувального процесу реалізується за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, які аналізують вхідні дані користувача, зокрема рівень фізичної активності, масу тіла, метаболізм та інші параметри. Це дозволяє адаптувати тренувальні програми відповідно до індивідуальних потреб. Деякі чат-боти використовують дані з фітнес-трекерів та мобільних додатків для отримання актуальної інформації про фізичний стан користувача, що може підвищувати ефективність тренувального процесу.

Попри зазначені можливості, фітнес-чат-боти мають певні обмеження. Одним із них є недостатня адаптивність у порівнянні з персональними тренерами. Алгоритми таких систем здебільшого функціонують на основі стандартних моделей, що може обмежувати їхню здатність до індивідуального підходу. Наприклад, боти не здатні здійснювати моніторинг правильності

виконання вправ у режимі реального часу, що може знижувати ефективність тренувань та збільшувати ризик травмування.

Ще одним обмеженням є відсутність емоційної підтримки та мотивації на рівні міжособистісної взаємодії. Чат-боти можуть надсилати мотиваційні повідомлення та нагадування, однак вони не здатні замінити комунікацію з тренером або іншими спортсменами. Це може впливати на рівень мотивації користувачів, які потребують додаткової підтримки та соціальної взаємодії. Крім того, функціональні можливості багатьох ботів обмежені, що може ускладнювати адаптацію до змін у тренувальному процесі або запитів, що виходять за межі закладених алгоритмів.

Фітнес-чат-боти забезпечують автоматизацію процесу тренувань, персоналізований підхід та інтеграцію з іншими цифровими технологіями, що робить їх придатними для широкого кола користувачів. Водночас існує потреба у подальшому вдосконаленні таких рішень, зокрема в напрямі підвищення їхньої гнучкості та можливостей адаптації до індивідуальних особливостей користувачів [7]. Комбінація чат-ботів із традиційними методами тренувань може сприяти досягненню оптимальних результатів у сфері фізичної активності та здорового способу життя.

Таблиця 1.2

Результати у сфері фізичної активності та здорового способу життя

Рішення	Переваги	Недоліки
GymBot	Персоналізовані тренування; Аналіз активності користувача	Відсутній контроль техніки виконання вправ
FitBot	Розклад тренувань на основі фізичної форми; Нагадування про вправи	Обмежені можливості адаптації до індивідуальних потреб
Aaptiv Coach	Використання AI та нейромереж; Аналіз звичок для покращення тренувань	Високі вимоги до ресурсів пристрою

HealthifyMe Ria	Автоматизований підбір харчування; Аналіз калорій та нутрієнтів	Менший вплив на мотивацію користувача порівняно з живим тренером
Strava Chat	Групові тренування, спільнота; Мотивація через соціальну взаємодію	Більше орієнтований на витривалість, менш ефективний для силових вправ
Google Fit / Apple Health Chatbots	Інтеграція з носимими пристроями; Моніторинг сну та стресу	Не розробляє індивідуальні тренувальні плани
Amazon Alexa Fitness Coach	Голосові команди для взаємодії; Підтримка режиму реального часу	Не має глибокої персоналізації тренувального процесу

1.2.3 Аналіз використання штучного інтелекту в чат-ботах для фітнесу

Штучний інтелект (ШІ) широко застосовується у сфері фітнесу для підвищення адаптивності, персоналізації та ефективності чат-ботів. ШІ визначається як сукупність алгоритмів і моделей машинного навчання, що дають змогу комп'ютерним системам аналізувати великі обсяги даних, приймати рішення та взаємодіяти з користувачами в автоматизованому режимі. У фітнес-додатках ці технології використовуються для розробки індивідуальних програм тренувань, моніторингу фізичної активності, аналізу харчових звичок і прогнозування можливих ризиків для здоров'я.

Однією з функціональних можливостей застосування ШІ у фітнес-чат-ботах є автоматична адаптація тренувального процесу. Використовуючи технології глибокого навчання, боти аналізують фізіологічні параметри користувачів, зокрема частоту серцевих скорочень, рівень активності, витрату калорій, історію тренувань та рівень втоми. Це дає змогу коригувати навантаження в режимі реального часу, що сприяє підвищенню ефективності та безпеки тренувань. Наприклад, AI-бот Aaptiv Coach застосовує машинне

навчання для розробки персоналізованих тренувальних програм, які змінюються відповідно до прогресу користувача.

Розпізнавання та аналіз тексту є ще одним напрямом використання ШІ у фітнес-чат-ботах. Завдяки технологіям природної обробки мови (Natural Language Processing, NLP), такі системи можуть розуміти текстові та голосові запити, адаптувати відповіді відповідно до контексту й оцінювати емоційний стан користувача. Це дозволяє ботам не лише надавати стандартні рекомендації, а й взаємодіяти з користувачами на більш гнучкому рівні.

ШІ також використовується для аналізу харчових звичок і складання раціонів. Деякі боти здатні розпізнавати склад страв за допомогою аналізу фотографій або текстових описів, оцінювати співвідношення білків, жирів та вуглеводів і пропонувати коригування харчування відповідно до поставлених цілей. Наприклад, HealthifyMe Ria використовує ШІ для створення персоналізованих дієтичних рекомендацій з урахуванням рівня фізичної активності та загального стану здоров'я [8].

Використання штучного інтелекту у фітнес-чат-ботах має певні обмеження. Одним із викликів є якість навчальних даних: якщо модель тренується на нерепрезентативній вибірці, вона може формувати неточні рекомендації. Крім того, ШІ поки що не здатний повністю замінити людського тренера, оскільки не враховує індивідуальні фізіологічні особливості кожного користувача на тому ж рівні, що й фахівець. Проте вдосконалення алгоритмів і впровадження нових технологій сприяють підвищенню ефективності фітнес-чат-ботів на основі ШІ, що розширює можливості їх використання в підтримці фізичної активності та здорового способу життя.

1.3. Постановка задачі

Фітнес-чат-боти є інструментами, що використовуються для підтримки фізичної активності та моніторингу здорового способу життя. Однак, існуючі рішення мають обмеження, серед яких відзначаються недостатня персоналізація, обмежена інтеграція з носимими пристроями та відсутність адаптивних

алгоритмів, що враховують індивідуальні потреби користувача. Метою даного дослідження є розробка чат-бота, який забезпечуватиме персоналізовані фітнес-рекомендації за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, аналізу активності користувача та інтеграції з різними платформами.



Рис. 1.1 – дерево цілей

1.3.1 Формулювання основної задачі дослідження

Основна мета дослідження полягає в розробці інтелектуального фітнес-чат-бота, здатного автоматизовано аналізувати дані користувача, генерувати рекомендації щодо тренувань і харчування, а також забезпечувати взаємодію через обробку природної мови. Це дозволить підвищити ефективність фітнес-процесу, зробити його персоналізованим та доступним для широкого кола користувачів.

Для досягнення цієї мети необхідно врахувати кілька вимог. По-перше, чат-бот має здатність отримувати та обробляти дані про фізичні параметри користувача, зокрема вік, стать, рівень активності та цілі тренувань. По-друге, він має інтегруватися з зовнішніми сервісами, такими як Google Fit або Apple Health, для отримання актуальних даних. По-третє, бот повинен використовувати алгоритми машинного навчання для адаптації рекомендацій залежно від прогресу користувача.

Одним із завдань дослідження є розробка інтуїтивно зрозумілого та гнучкого користувацького інтерфейсу, що забезпечить ефективну взаємодію з ботом через популярні месенджери, зокрема Telegram [9]. Результатом дослідження має стати фітнес-чат-бот, що поєднує інноваційні технології з високою зручністю використання.

1.3.2 Визначення вимог до розроблюваного чат-бота

Вимоги до розроблюваного фітнес-чат-бота формуються на основі аналізу сучасних тенденцій, існуючих рішень та потреб користувачів. Чат-бот має надавати користувачам можливість автоматизованого отримання рекомендацій щодо фізичних навантажень, моніторингу прогресу та коригування тренувального процесу з урахуванням змінних факторів.

Функціональна вимога персоналізації передбачає, що чат-бот має враховувати індивідуальні параметри користувача, такі як фізіологічні особливості, рівень підготовки та наявність обмежень у тренуваннях. Зокрема, має бути можливість коригування рекомендацій відповідно до змін у фізичному стані, що здійснюється через алгоритми аналізу даних.

Інтеграція з зовнішніми платформами також є необхідною вимогою. Чат-бот має підтримувати взаємодію з фітнес-трекерами та іншими сервісами для отримання актуальних даних, що дозволить підвищити точність рекомендацій. Також передбачається підтримка кількох каналів зв'язку, зокрема Telegram та інших месенджерів.

До нефункціональних вимог належать вимоги до швидкодії, стабільності роботи, безпеки персональних даних користувачів та можливості масштабування. Крім того, необхідно забезпечити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволить користувачам здійснювати взаємодію з ботом без необхідності складного налаштування.

Розроблюваний чат-бот має відповідати вимогам персоналізації, інтеграції з платформами, зручності використання та безпеки даних, що підвищить його конкурентоспроможність на ринку фітнес-послуг.

1.3.3 Обґрунтування вибору мови програмування Python та необхідних бібліотек

Вибір мови програмування для розробки чат-бота визначається її впливом на швидкість розробки, продуктивність та можливість інтеграції з зовнішніми сервісами. У даному дослідженні вибір припав на мову Python, оскільки вона надає значний набір інструментів для роботи з машинним навчанням, обробкою природної мови, інтеграцією API та розробкою серверних додатків.

Python є однією з провідних мов програмування в галузі штучного інтелекту та аналізу даних завдяки простоті синтаксису та наявності розвиненої екосистеми бібліотек для реалізації складних алгоритмів. Серед основних бібліотек, які будуть використані в розробці, виокремлюються TensorFlow та PyTorch, що дозволяють будувати нейронні мережі для аналізу поведінки користувача та адаптації тренувальних програм. Для обробки природної мови будуть застосовані бібліотеки spaCy або NLTK, які забезпечують ефективний аналіз текстових запитів.

Для створення серверної частини чат-бота обрано Flask або FastAPI. Flask є простим у використанні фреймворком, що забезпечує швидку розробку веб-серверів для обробки запитів користувачів. FastAPI забезпечує підвищену продуктивність та підтримку асинхронної обробки запитів, що є важливим для масштабованих додатків.

Для інтеграції з Telegram планується використання бібліотеки Aiogram, що дозволяє створювати асинхронні телеграм-боти з гнучкою структурою та підтримкою складних сценаріїв взаємодії. Бібліотека також забезпечує ефективну інтеграцію з API Telegram та підтримує використання вебхуків для швидкої обробки запитів.

Отже, вибір Python та відповідних бібліотек обумовлений їхньою здатністю забезпечити високу продуктивність, можливості інтеграції з іншими платформами та наявністю потужних інструментів для роботи зі штучним інтелектом та обробкою природної мови. Це дозволить створити ефективний та функціональний фітнес-чат-бот, який відповідатиме вимогам користувачів та ринку.

Таблиця 1.3

Аналіз вибору мови програмування

Параметр	Python	JavaScript (Node.js)	Java	C#	PHP
Простота синтаксису	Висока	Середня	Низька	Середня	Середня
Підтримка ШІ та ML	Відмінна (TensorFlow, PyTorch)	Обмежена	Обмежена	Обмежена	Відсутня
Обробка природної мови	Відмінна (spaCy, NLTK)	Середня (compromise, NLP.js)	Слабка	Слабка	Відсутня
Розробка серверної частини	Flask, FastAPI	Express.js, NestJS	Spring Boot	ASP.NET	Laravel
Асинхронна обробка	Висока (FastAPI, Aiogram)	Висока (Node.js)	Середня	Висока	Низька
Інтеграція з API Telegram	Відмінна (Aiogram)	Можлива (node-telegram-bot-api)	Складна	Складна	Відсутня

Продуктивність	Висока (FastAPI)	Висока	Висока	Висока	Середня
Застосування для чат-ботів	Ідеально підходить	Можливо	Рідко використовується	Рідко використовується	Невідповідний варіант

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ФІТНЕС-ЧАТБОТІВ

2.1. Методи обробки природної мови для чат-ботів

2.1.1. Огляд технологій NLP для розуміння запитів користувачів

Сучасні фітнес-чатботи базуються на потужних технологіях обробки природної мови, які дозволяють точно інтерпретувати запити користувачів і надавати релевантні відповіді. Для успішної розробки фітнес-чатбота головне обрати оптимальні інструменти NLP, що забезпечать розуміння намірів користувача та контексту діалогу.

Використання моделей OpenAI GPT для розуміння та генерації тексту є ефективним підходом при створенні фітнес-чатботів на Python. Ця технологія базується на архітектурі трансформерів, яка забезпечує високоякісну інтерпретацію запитів та формування природних відповідей. Завдяки попередньому навчанню на великих корпусах даних, GPT-моделі мають вбудоване розуміння загального контексту розмов, включаючи фітнес-тематику, що дозволяє їм ефективно працювати навіть без додаткового тренування.

Обробка текстових запитів у фітнес-чатботах починається з базової токенизації та попередньої обробки текстів. Цей етап включає розбиття вхідних повідомлень на смислові одиниці, видалення стоп-слів та нормалізацію слів через лематизацію. Для української мови важливо використовувати спеціалізовані мовні моделі, які коректно обробляють морфологічні особливості мови.

Фреймворк LangChain розширює можливості обробки запитів у фітнес-чатботі, дозволяючи створювати ланцюжки обробки тексту, що поєднують різні компоненти NLP. Типовий конвеєр обробки запитів у LangChain для фітнес-чатбота може включати прийом та нормалізацію вхідного тексту, вилучення ключових сутностей (вправи, групи м'язів, часові параметри), визначення наміру користувача, формування контексту та генерацію відповіді.

Гібридний підхід, що поєднує правила (rule-based) для стандартних запитів із моделями машинного навчання для складніших випадків, дозволяє оптимізувати швидкодію та знизити витрати на використання API для базових запитів. Така система зберігає гнучкість для обробки нестандартних ситуацій, одночасно забезпечуючи швидку відповідь на типові запити [10].

Для ефективного розуміння контексту діалогу в фітнес-чатботі важливо зберігати стан розмови. Використання бази даних SQLite дозволяє зберігати історію взаємодій для кожного користувача, прив'язану до його ідентифікатора. Це дає чат-боту можливість "пам'ятати" попередні запити та відповіді, що забезпечує більш природний діалог і точніші рекомендації.

2.1.2. Застосування алгоритмів класифікації тексту для визначення намірів

Визначення намірів користувача є ключовим компонентом фітнес-чатбота, оскільки саме від правильної інтерпретації наміру залежить вибір стратегії відповіді. У контексті фітнес-чатбота можна виділити кілька основних типів намірів: запит інформації про вправи, прохання скласти програму тренувань, питання щодо харчування, запит на відстеження прогресу та технічні питання. Для визначення намірів користувача можуть застосовуватися різні підходи, кожен з яких має свої переваги та обмеження (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Порівняння підходів до класифікації намірів користувача

Підхід	Опис	Переваги	Недоліки	Застосування у фітнес-чатботі
На основі правил (rule-based)	Використання шаблонів та ключових слів для визначення намірів	<ul style="list-style-type: none"> - Висока швидкодія - Простота реалізації - Не вимагає зовнішніх API 	<ul style="list-style-type: none"> - Обмежена гнучкість - Складність підтримки великої бази правил - Чутливість до формулювань 	Стандартні запити: "покажи вправи на спину", "створи програму тренувань"

Моделі машинного навчання (локальні)	Класифікатори на основі SVM, Random Forest, Naive Bayes	<ul style="list-style-type: none"> - Хороший баланс точності та швидкодії - Можливість локального виконання - Здатність до узагальнення 	<ul style="list-style-type: none"> - Потребують навчальних даних - Обмежена здатність розуміти контекст - Періодичне перенавчання 	Класифікація запитів середньої складності, робота в умовах обмеженого доступу до інтернету
Моделі OpenAI GPT	Використання великих мовних моделей для визначення намірів	<ul style="list-style-type: none"> - Висока точність - Розуміння складних контекстів - Адаптація до нестандартних формулювань 	<ul style="list-style-type: none"> - Затримки на API-запити - Фінансові витрати - Залежність від зовнішнього сервісу 	Складні та неоднозначні запити, нові типи намірів, які не охоплені правилами
Гібридний підхід	Комбінація правил та моделей ML/GPT з каскадною обробкою	<ul style="list-style-type: none"> - Оптимальний баланс швидкодії та точності - Економія на API-запитах - Стійкість до різних типів запитів 	<ul style="list-style-type: none"> - Складність реалізації - Необхідність координації різних підходів - Підвищені вимоги до тестування 	Комплексна система з обробкою різних типів запитів відповідно до їх складності

При використанні моделей OpenAI GPT визначення наміру реалізується через формування спеціального запиту (prompt), який спрямовує модель на класифікацію вхідного тексту. Такий підхід дозволяє з високою точністю визначати навіть складні та неоднозначні наміри, враховуючи контекст повідомлення. Для оптимізації витрат на API-запити та прискорення роботи бота доцільно впроваджувати кешування результатів класифікації для часто повторюваних запитів.

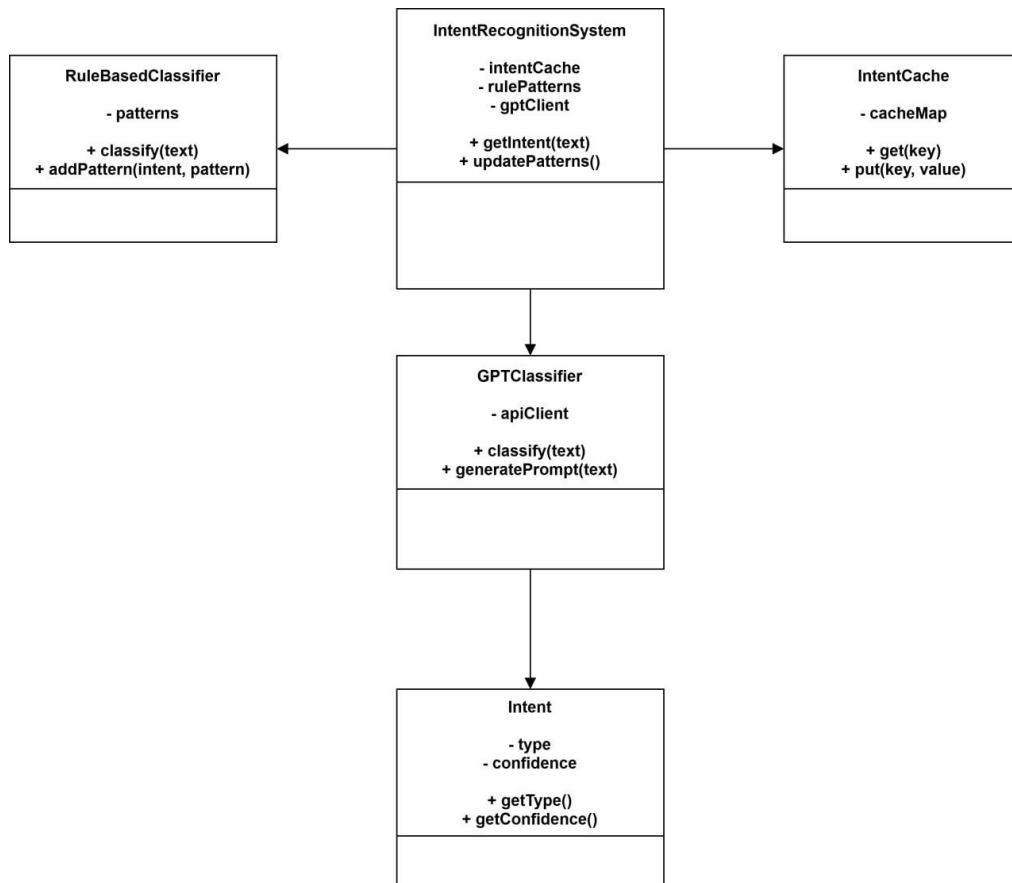


Рис. 2.1 - Діаграма класів системи класифікації намірів

Багаторівнева класифікація намірів підвищує точність розуміння запитів користувачів. Перший рівень визначає загальний клас наміру (інформаційний, тренувальний, харчування тощо), а другий рівень уточнює конкретний підтип. Такий підхід дозволяє більш точно спрямовувати діалог у потрібному напрямку та надавати релевантні відповіді.

Альтернативний підхід до визначення намірів базується на правилах (rule-based) і використовує систему шаблонів та ключових слів. Наприклад, наявність слів "програма", "тренування", "розробити" може вказувати на намір отримати програму тренувань. Цей метод особливо ефективний для стандартних запитів і може бути реалізований через регулярні вирази або простий текстовий пошук.

Модульна архітектура обробки намірів, де кожен тип наміру обробляється окремим обробником, спрощує розширення функціональності та підтримку коду. Така структура дозволяє легко додавати нові типи намірів та відповідні обробники без необхідності змінювати існуючу логіку.

Порівняння методів машинного навчання для обробки природної мови в чат-ботах

Метод	Точність класифікації намірів	Швидкість обробки (мс)	Ресурсомісткість	Складність впровадження	Застосування в проєкті
Наївний Баєс	78-82%	5-15	Низька	Низька	Попередня класифікація стандартних запитів
SVM	83-87%	15-30	Середня	Середня	Класифікація запитів багатьма ознаками
Random Forest	82-86%	20-40	Середня	Середня	Виявлення складних шаблонів взаємодії
BERT	91-95%	100-200	Висока	Висока	Глибокий аналіз контексту запитів
GPT-3.5/4	93-97%	500-2000	Дуже висока	Середня	Складні та неоднозначні запити

Система зворотного зв'язку від користувачів щодо правильності визначення їхніх намірів є необхідним механізмом для постійного вдосконалення класифікації [11]. Цей зворотний зв'язок може використовуватися для додаткового навчання моделі або коригування правил класифікації, що з часом підвищує точність роботи чат-бота.

2.1.3. Методи розпізнавання іменованих сутностей у фітнес-контексті

Розпізнавання іменованих сутностей (Named Entity Recognition, NER) у контексті фітнес-чатбота є критично головним для виокремлення ключових елементів з повідомлень користувачів. Такими сутностями можуть бути назви м'язових груп, вправ, продуктів харчування, часових параметрів тренувань. Ці сутності необхідні для формування релевантних відповідей та персоналізованих рекомендацій. У контексті фітнес-чатбота можна виділити різні типи сутностей, які потребують специфічних методів розпізнавання залежно від їх природи та значення для персоналізації (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3

Типи сутностей у фітнес-чатботі та методи їх розпізнавання

Тип сутності	Приклади	Методи розпізнавання	Складність виділення	Значення для персоналізації
М'язові групи	Біцепс, трицепс, квадрицепс, широкі м'язи спини	- Словники з синонімами - Регулярні вирази - GPT для нестандартних назв	Середня	Висока - визначає фокус тренувань
Вправи	Присідання, жим лежачи, станова тяга, віджимання	- Ієрархічні словники - Розширені регулярні вирази - GPT з контекстом	Висока	Висока - базовий елемент тренувальної програми
Часові параметри	"3 рази на тиждень", "по 45 хвилин", "щопонеділка"	- Спеціалізовані регулярні вирази - Бібліотеки обробки часової інформації - NER з fine-tuning	Висока	Середня - впливає на структуру програми

Фізичні параметри	Вага 70 кг, зріст 180 см, пульс 120 ударів/хв	- Регулярні вирази для числових значень - Контекстний аналіз - Обробка одиниць вимірювання	Низька	Висока - базова інформація для персоналізації
Обмеження та травми	"Проблеми з коліном", "біль у спині", "гіпертонія"	- Словники медичних термінів - GPT для розпізнавання опису симптомів - Аналіз контексту	Висока	Критична - необхідна для безпеки тренувань
Харчові продукти	Курка, рис, яблука, протеїновий коктейль	- Харчові бази даних - Словники з категоризацією - Розпізнавання в контексті прийомів їжі	Середня	Висока - необхідна для рекомендацій з харчування
Рівень інтенсивності	"Легке навантаження", "до відмови", "помірний темп"	- Шкали інтенсивності - Аналіз контексту - Нечітка логіка для інтерпретації	Висока	Середня - впливає на прогресію навантажень

Існують різні підходи до розпізнавання сутностей у фітнес-контексті. Базовий підхід використовує вбудовані можливості NER бібліотек, які можуть бути розширені власними категоріями сутностей, специфічними для фітнесу. Такий метод дозволяє розпізнавати стандартні сутності, але може потребувати додаткового навчання для специфічної термінології.

Розширений підхід до розпізнавання сутностей включає використання заздалегідь підготовлених словників та онтологій. Можна створити ієрархічну структуру м'язових груп, де кожна група містить підгрупи та пов'язані вправи. Це дозволяє не лише розпізнавати м'язові групи в тексті, але й автоматично визначати релевантні вправи для цих груп.

При використанні моделей OpenAI GPT для розпізнавання сутностей формується спеціалізований prompt, який спрямовує модель на виокремлення релевантних для фітнесу елементів. Цей метод особливо ефективний для складних запитів, де традиційні підходи можуть давати помилки. GPT здатен розпізнавати не лише окремі сутності, але й їх взаємозв'язки та контекст.

Для ефективного розпізнавання часових параметрів тренувань важливо впровадити спеціалізовані шаблони або використовувати бібліотеки для обробки часової інформації. Це дозволяє коректно інтерпретувати такі вирази як "тренуватися тричі на тиждень", "заняття по 45 хвилин" або "тренування в понеділок, середу та п'ятницю".

Інтеграція розпізнаних сутностей з базою даних користувача є головним етапом обробки повідомлень. Виокремлені сутності зберігаються в базі даних для подальшого використання при генерації персоналізованих рекомендацій. Такий підхід дозволяє чат-боту накопичувати знання про переваги користувача та адаптувати рекомендації відповідно до його потреб.

Розпінані сутності використовуються не лише для формування відповідей, але й для персоналізації тренувальних програм. Якщо користувач часто згадує певні групи м'язів або вправи, система може автоматично адаптувати рекомендації з урахуванням цих переваг, що підвищує релевантність та ефективність запропонованих програм.

Комбінований підхід до розпізнавання сутностей, який поєднує спеціалізовані словники, правила на основі регулярних виразів та AI-моделі, забезпечує оптимальний баланс між точністю, швидкістю та гнучкістю системи. Такий метод ефективно працює в умовах обмежених обчислювальних ресурсів та дозволяє досягти високої якості розпізнавання при розумних витратах на використання API.

2.2. Алгоритми машинного навчання для персоналізації рекомендацій

2.2.1. Системи рекомендацій для підбору тренувальних програм

Системи рекомендацій у контексті фітнес-чатботів відіграють вирішальну роль у процесі персоналізації тренувальних програм для користувачів. Ці системи аналізують різноманітні параметри користувача та на їх основі формують індивідуальні рекомендації щодо вправ, інтенсивності, частоти та тривалості тренувань. Використання машинного навчання та алгоритмів штучного інтелекту дозволяє значно підвищити якість і персоналізацію таких рекомендацій.

Основною метою систем рекомендацій у фітнес-чатботах є складання оптимальної програми тренувань, що відповідає фізичним можливостям, цілям та перевагам конкретного користувача. На відміну від універсальних тренувальних програм, які можна знайти в Інтернеті, персоналізовані рекомендації враховують унікальні характеристики кожного користувача, що підвищує ефективність тренувань та мотивацію.

Існує кілька основних підходів до створення систем рекомендацій для фітнес-чатботів. Підхід на основі правил (rule-based approach) використовує заздалегідь визначені експертні правила для формування рекомендацій. Наприклад, якщо користувач вказав ціль "схуднення", система автоматично включає в програму більше кардіо-тренувань та вправ з високою інтенсивністю. Цей підхід є відносно простим у реалізації та потребує мінімальних обчислювальних ресурсів, що робить його привабливим для базових фітнес-чатботів.

Для більш складних систем ефективним є підхід колаборативної фільтрації, який базується на аналізі поведінки та переваг схожих користувачів. Система аналізує, які тренувальні програми були успішними для користувачів з подібними характеристиками (вік, вага, рівень фізичної підготовки, цілі), і на основі цих даних формує рекомендації. Такий підхід

дозволяє виявляти неявні закономірності та пропонувати рішення, які можуть не бути очевидними при використанні лише експертних правил.

Контентна фільтрація є ще одним головним підходом, який фокусується на характеристиках тренувальних програм та вправ. Система аналізує такі параметри як тип вправи (силова, кардіо, на гнучкість), цільові групи м'язів, рівень складності, необхідне обладнання, та зіставляє їх з перевагами користувача. Наприклад, якщо користувач вказав, що має доступ лише до домашнього тренування без спеціального обладнання, система буде рекомендувати вправи, які можна виконувати в домашніх умовах з мінімальним набором інвентарю.

Гібридні системи рекомендацій, які поєднують різні підходи, демонструють найвищу ефективність у контексті фітнес-чатботів. Такі системи можуть використовувати експертні правила для формування базової структури тренувальної програми, колаборативну фільтрацію для урахування успішного досвіду схожих користувачів, та контентну фільтрацію для тонкого налаштування рекомендацій відповідно до специфічних умов тренувань.

Вагомим компонентом сучасних систем рекомендацій для фітнес-чатботів є використання генеративних моделей, таких як GPT. Ці моделі здатні створювати детальні та структуровані тренувальні програми на основі аналізу великої кількості тренувальних планів та експертних знань. Використання GPT дозволяє не лише формувати оптимальні набори вправ, але й генерувати детальні пояснення та рекомендації щодо техніки виконання, які подаються у природний та зрозумілий для користувача спосіб.

При формуванні рекомендацій щодо тренувальних програм фітнес-чатботи мають враховувати численні параметри користувача. Основними з них є вік, стать, вага, зріст, рівень фізичної підготовки, наявність травм або фізичних обмежень, доступність обладнання та часові ресурси. Додатково можуть враховуватися такі фактори як харчові переваги, режим сну, рівень стресу та інші аспекти способу життя, які можуть впливати на ефективність тренувань [12].

Особливу увагу в системах рекомендацій для фітнес-чатботів слід приділяти безпеці тренувань. Система має враховувати можливі протипоказання та фізичні обмеження користувача, щоб запобігти травмам під час виконання вправ. Наприклад, якщо користувач зазначив наявність проблем з коліном, система має виключити або модифікувати вправи, які створюють високе навантаження на колінний суглоб. Різні алгоритми машинного навчання мають свої особливості застосування в системах рекомендацій для фітнес-чатботів (таблиця 2.4). Вибір оптимального алгоритму залежить від наявних даних, цілей системи та обчислювальних ресурсів.

Таблиця 2.4

Порівняння алгоритмів машинного навчання для персоналізації рекомендацій

Алгоритм	Принцип роботи	Переваги	Недоліки	Застосування у фітнес-чатботі
Колаборативна фільтрація	Рекомендації на основі схожості користувачів	- Виявлення неявних закономірностей - Не вимагає експертних знань - Може пропонувати неочевидні рішення	- "Холодний старт" для нових користувачів - Потребує велику базу користувачів - Проблема "сірої вівці" для атипових користувачів	Рекомендації програм тренувань на основі досвіду схожих користувачів
Контентна фільтрація	Рекомендації на основі характеристик вправ і програм	- Не потребує даних інших користувачів - Легко пояснювані рекомендації - Хороша робота для	- Обмеження рамками відомих характеристик - Необхідність детальної розмітки контенту	Підбір вправ відповідно до вказаних преференцій та обмежень

		нових користувачів	- Менша здатність до відкриття нового	
Гібридні моделі	Поєднання колаборативної та контентної фільтрації	- Компенсація недоліків окремих підходів - Висока точність рекомендацій - Адаптивність до різних ситуацій	- Складність реалізації - Обчислювальна вартість - Складність налаштування	Комплексна система рекомендацій з урахуванням як характеристик користувача, так і особливостей вправ
Глибоке навчання (нейронні мережі)	Багаторівневі моделі для виявлення складних шаблонів	- Здатність моделювати складні залежності - Висока точність для великих наборів даних - Можливість врахування часової динаміки	- Потребує великих обсягів даних - "Чорна скринька" - складно пояснити рекомендації - Висока обчислювальна складність	Прогнозування оптимальних параметрів тренувань на основі історичних даних і результатів
Підкріплювальне навчання	Оптимізація рекомендацій через зворотний зв'язок	- Постійне вдосконалення з часом - Адаптація до змін у преференціях - Оптимізація довгострокових результатів	- Повільна початкова конвергенція - Складність визначення функції винагороди - Ризик субоптимальних	Динамічна адаптація програм тренувань на основі відгуків користувача та його прогресу

			х рішень на початку	
GPT та генеративні моделі	Створення персоналізованих програм через генерацію тексту	- Природна мова в рекомендаціях - Висока персоналізація - Здатність генерувати детальні пояснення	- Висока обчислювальна вартість - Можливі галюцинації - Потреба у перевірці відповідності фітнес-принципам	Генерація деталізованих, персоналізованих програм тренувань з поясненнями

Сучасні системи рекомендацій для фітнес-чатботів здатні не лише формувати початкові тренувальні програми, але й адаптувати їх з часом на основі зворотного зв'язку від користувача та аналізу його прогресу. Якщо користувач повідомляє про надмірну складність певних вправ або, навпаки, про їх недостатню ефективність, система може автоматично коригувати програму для досягнення оптимального балансу між викликом та виконуваністю.

2.2.2. Аналіз прогресу користувача та адаптація навантажень

Аналіз прогресу користувача та адаптація тренувальних навантажень є ключовими компонентами інтелектуальних фітнес-чатботів. Ці функції забезпечують динамічну персоналізацію тренувальних програм відповідно до результатів, досягнутих користувачем, його фізичних можливостей та швидкості прогресування. Точний аналіз прогресу та своєчасна адаптація навантажень значно підвищують ефективність тренувань та мотивацію користувача.

Для ефективного аналізу прогресу необхідно визначити ключові метрики, які будуть відслідковуватися протягом тренувального процесу. Ці метрики можуть варіюватися залежно від цілей користувача. Для завдань, пов'язаних із схудненням, типовими метриками є вага тіла, відсоток жирової маси, обхвати різних частин тіла та загальна калорійність спалених калорій. Для цілей,

пов'язаних із набором м'язової маси, відстежують такі показники як вага, що піднімається при виконанні базових вправ, обхвати м'язових груп та загальна м'язова маса. Для завдань, пов'язаних із покращенням загальної фізичної форми, головним є показники витривалості, гнучкості та сили.

Фітнес-чатботи збирають дані про прогрес користувача через регулярні запити та опитування. Користувачі можуть вводити свої показники вручну або, у більш просунутих системах, дані можуть автоматично імпортуватися з фітнес-трекерів, розумних ваг та інших пристроїв. Головне, щоб процес збору даних був простим та інтуїтивно зрозумілим, щоб заохотити користувачів регулярно надавати інформацію про свій прогрес.

Після збору даних система проводить їх аналіз для визначення тенденцій та закономірностей. Для цього можуть застосовуватися методи статистичного аналізу та машинного навчання. Алгоритми можуть визначати швидкість прогресу, порівнювати фактичні результати з очікуваними та виявляти потенційні проблеми, такі як платформи (періоди без прогресу) або навіть регрес. На основі цього аналізу система формує рекомендації щодо коригування тренувальної програми.

Адаптація навантажень є ключовим елементом персоналізації тренувальних програм. Вона базується на принципі прогресивного перевантаження, який передбачає поступове збільшення навантаження для стимуляції адаптації організму. Алгоритми адаптації навантажень у фітнес-чатботах можуть враховувати різні параметри, такі як швидкість прогресу користувача, його суб'єктивні відчуття (рівень втоми, м'язового болю), а також об'єктивні дані з фітнес-трекерів (частота серцевих скорочень, витрата калорій).

Вагомим аспектом адаптації навантажень є балансування між різними типами тренувань. Система має забезпечувати оптимальне співвідношення між силовими тренуваннями, кардіо, тренуваннями на гнучкість та відновленням. Це співвідношення може змінюватися з часом залежно від прогресу користувача та його цілей. Наприклад, якщо користувач швидко прогресує в силових показниках, але його витривалість залишається на низькому рівні, система може рекомендувати збільшити частку кардіо-тренувань.

Для ефективної адаптації навантажень фітнес-чатботи застосовують різні алгоритми, зокрема лінійну періодизацію, хвилеподібну періодизацію та автоматичне регулювання на основі рівня сприйняття навантаження (RPE - Rating of Perceived Exertion). Лінійна періодизація передбачає поступове збільшення навантаження з періодичними фазами зниження для відновлення. Хвилеподібна періодизація чергує періоди високої та низької інтенсивності для оптимізації прогресу та запобігання перетренованості. Система на основі RPE адаптує навантаження відповідно до суб'єктивних відчуттів користувача, що є особливо корисним для початківців, які ще не можуть точно оцінити свої фізичні можливості.

Алгоритми штучного інтелекту можуть значно підвищити ефективність аналізу прогресу та адаптації навантажень. Методи машинного навчання дозволяють виявляти складні закономірності в даних та прогнозувати майбутні результати. Наприклад, система може визначити оптимальну швидкість прогресії навантажень для конкретного користувача на основі аналізу даних про його попередні тренування та порівняння з даними схожих користувачів. Нейронні мережі можуть використовуватися для прогнозування ефективності різних модифікацій тренувальної програми та вибору оптимального варіанту [13].

GPT та інші моделі генеративного ШІ відіграють головну роль у процесі адаптації навантажень, забезпечуючи генерацію персоналізованих рекомендацій та пояснень. Вони можуть формувати детальні інструкції щодо змін у тренувальній програмі, обґрунтовувати ці зміни зрозумілою для користувача мовою та надавати додаткові поради щодо техніки виконання вправ. Це значно підвищує рівень довіри до системи та мотивацію користувача.

Вагомим аспектом аналізу прогресу є візуалізація даних, яка допомагає користувачам наочно бачити свої досягнення. Фітнес-чатботи можуть генерувати графіки, що демонструють динаміку ключових показників з часом, порівнювати поточні результати з початковими значеннями та цільовими показниками. Така візуалізація є потужним мотиваційним інструментом,

особливо для користувачів, які потребують додаткової підтримки для дотримання тренувального режиму.

Адаптація навантажень має також враховувати психологічні аспекти тренувального процесу. Система повинна балансувати між викликом та досяжністю, забезпечуючи достатнє навантаження для прогресу, але не настільки високе, щоб викликати перевтому або знеохочення. Для цього алгоритми можуть аналізувати не лише фізичні показники, але й дані про настрій, рівень стресу та мотивацію користувача, які можуть збиратися через регулярні опитування.

2.2.3. Кластеризація користувачів за параметрами та цілями

Кластеризація користувачів є потужним інструментом для підвищення ефективності фітнес-чатботів, який дозволяє групувати користувачів за схожими характеристиками та цілями. Це забезпечує більш точну персоналізацію рекомендацій, покращує процес прийняття рішень алгоритмами та оптимізує використання обчислювальних ресурсів. Кластеризація дозволяє виявляти приховані закономірності в даних користувачів, що можуть бути використані для удосконалення тренувальних програм та інших рекомендацій.

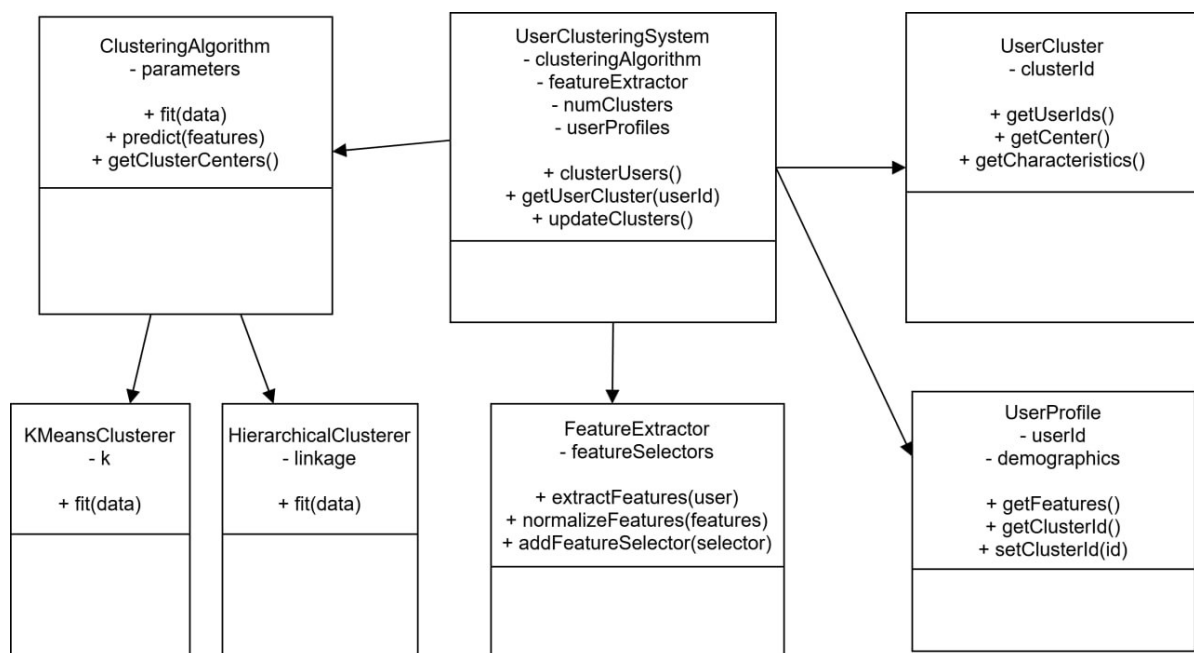


Рис. 2.2 - Діаграма кластеризації користувачів

Для ефективної кластеризації головне визначити ключові параметри, за якими будуть групуватися користувачі. У контексті фітнес-чатботів такими параметрами можуть бути демографічні дані (вік, стать), фізичні характеристики (вага, зріст, індекс маси тіла), рівень фізичної підготовки, досвід тренувань, наявність хронічних захворювань або травм, доступність обладнання та основні цілі тренувань (схуднення, набір м'язової маси, підвищення витривалості, покращення загальної фізичної форми). Вибір релевантних параметрів залежить від специфіки чат-бота та його цільової аудиторії.

Алгоритми кластеризації дозволяють автоматично виявляти природні групи в даних користувачів. Найбільш поширеними методами є k-means, ієрархічна кластеризація та DBSCAN. K-means розділяє користувачів на заздалегідь визначену кількість кластерів, мінімізуючи відстань між елементами всередині кластера та максимізуючи відстань між кластерами. Ієрархічна кластеризація створює деревоподібну структуру кластерів, яка дозволяє аналізувати дані на різних рівнях деталізації. DBSCAN групує користувачів на основі щільності розподілу точок у просторі ознак та є ефективним для виявлення кластерів нестандартної форми.

У контексті фітнес-чатботів кластеризація може використовуватися для різних цілей. Одним із основних застосувань є покращення рекомендаційних систем. Після визначення кластера, до якого належить новий користувач, система може використовувати досвід та успішні практики інших членів цього кластера для формування початкових рекомендацій. Це особливо цінно на ранніх етапах взаємодії, коли система ще не має достатньо даних про конкретного користувача.

Кластеризація також допомагає оптимізувати процес адаптації тренувальних програм. Різні кластери користувачів можуть демонструвати різні патерни прогресу та реакції на зміни в тренувальних програмах. Наприклад, користувачі старшого віку можуть потребувати більш поступового збільшення навантаження, тоді як молодші користувачі з досвідом тренувань можуть швидше адаптуватися до нових вправ. Розуміння цих закономірностей дозволяє

системі більш точно прогнозувати ефективність різних модифікацій програми для конкретного користувача [14].

Головною перевагою кластеризації є можливість виявлення атипових користувачів, які значно відрізняються від основних кластерів. Такі користувачі можуть потребувати особливого підходу та більш ретельного моніторингу. Наприклад, користувачі з нестандартними комбінаціями фізичних характеристик або цілей можуть не вписуватися в типові тренувальні програми та потребувати спеціалізованих рекомендацій.

Динамічна кластеризація, яка враховує зміни в характеристиках користувачів з часом, є особливо цінною для довгострокового супроводу тренувального процесу. В міру прогресу користувачі можуть переходити з одного кластера в інший, що вимагає відповідних змін у рекомендаціях. Наприклад, користувач, який починав як початківець з метою схуднення, може з часом перейти до кластера більш досвідчених користувачів, орієнтованих на розвиток силових показників.

Для ефективної кластеризації головне правильно обробляти та нормалізувати дані користувачів. Різні параметри можуть мати різні шкали та розподіли, що може спотворювати результати алгоритмів кластеризації. Нормалізація даних та використання відповідних метрик відстані (Евклідова, Манхеттенська, Мінковського) для різних типів параметрів допомагають отримати більш збалансовані та інтерпретовані кластери.

У контексті фітнес-чатботів на основі GPT кластеризація може використовуватися для оптимізації генерації текстових рекомендацій. Різні кластери користувачів можуть потребувати різних стилів комунікації та рівня деталізації інструкцій. Наприклад, початківці можуть потребувати більш докладних пояснень техніки виконання вправ, тоді як досвідчені користувачі можуть віддавати перевагу лаконічним інструкціям з фокусом на специфічні аспекти тренування.

Вагомим аспектом кластеризації є інтерпретованість отриманих кластерів. Система повинна не лише групувати користувачів, але й виявляти характерні риси кожного кластера, які можуть бути зрозуміло представлені як

користувачам, так і розробникам. Це досягається через аналіз центрів кластерів, виявлення ключових параметрів, що відрізняють один кластер від іншого, та візуалізацію даних з використанням методів зниження розмірності, таких як PCA або t-SNE.

Кластеризація також може використовуватися для аналізу ефективності самого чат-бота для різних груп користувачів. Аналіз показників утримання, частоти взаємодії та досягнення цілей для різних кластерів може виявити групи користувачів, для яких поточна версія чат-бота працює менш ефективно. Це дозволяє цілеспрямовано удосконалювати функціональність системи для конкретних сегментів аудиторії.

З технічної точки зору, кластеризація користувачів може бути реалізована з використанням різних інструментів та бібліотек машинного навчання. У контексті фітнес-чатбота на Python популярними варіантами є scikit-learn, який пропонує широкий спектр алгоритмів кластеризації, та SciPy, який надає функціональність для ієрархічної кластеризації. Для більш складних задач можуть використовуватися спеціалізовані бібліотеки, такі як HDBSCAN для кластеризації на основі щільності або FastCluster для ефективної ієрархічної кластеризації великих наборів даних.

Інтеграція результатів кластеризації з іншими компонентами фітнес-чатбота, такими як системи рекомендацій та модулі генерації відповідей, є ключовим аспектом впровадження цієї технології. Результати кластеризації можуть використовуватися як для прямого формування рекомендацій, так і для уточнення параметрів інших алгоритмів, таких як ваги різних факторів у рекомендаційних системах або структура промтів для GPT.

У контексті чат-бота з використанням Flask або FastAPI результати кластеризації можуть зберігатися в базі даних SQLite разом з іншими параметрами користувача. Це дозволяє швидко отримувати інформацію про належність користувача до певного кластера без необхідності повторного виконання алгоритму кластеризації при кожній взаємодії. Періодичне оновлення кластерів (наприклад, раз на день або тиждень) дозволяє враховувати зміни в характеристиках користувачів, зберігаючи при цьому ефективність системи.

2.3. Моделі представлення знань для фітнес-чатбота

2.3.1. Онтології та бази знань у сфері фітнесу

Онтології та бази знань є фундаментальними компонентами інтелектуальних фітнес-чатботів, які забезпечують структуроване представлення експертних знань у галузі фізичних тренувань, фізіології, харчування та суміжних дисциплін. Вони створюють семантичну основу для функціонування чат-бота, дозволяючи системі оперувати фаховими поняттями, розуміти взаємозв'язки між ними та формувати обґрунтовані рекомендації на основі формалізованих знань.

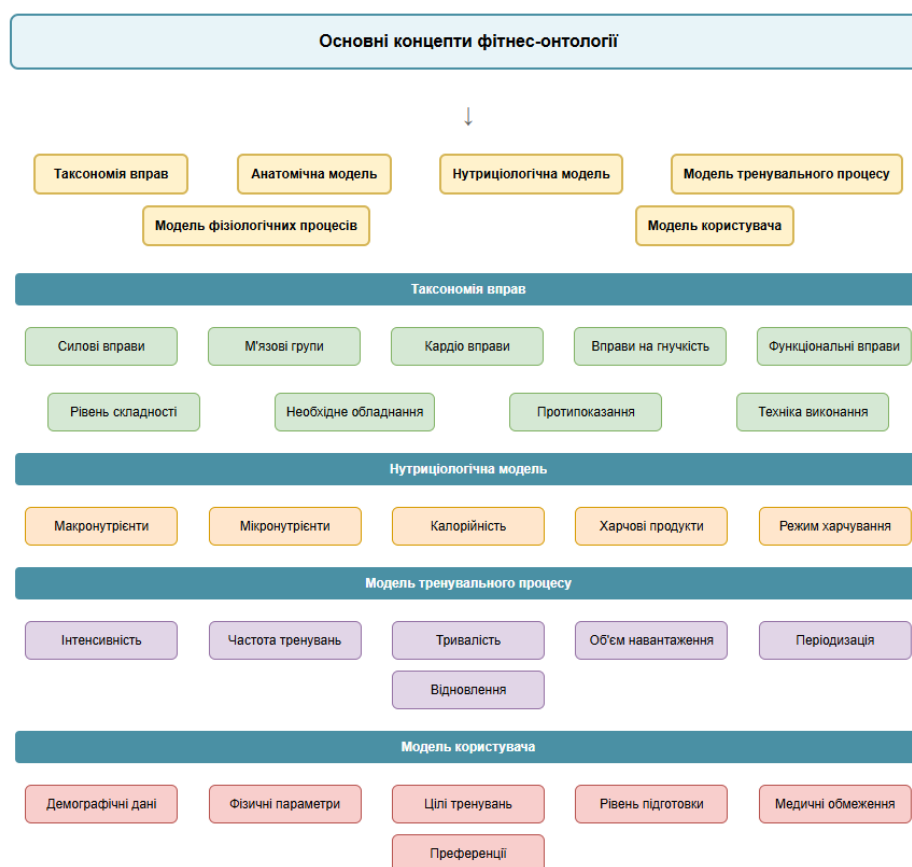


Рис. 2.3 - Структура онтології фітнес-чатбота

Онтологія у сфері фітнесу являє собою ієрархічну структуру понять, яка включає класи об'єктів, їх властивості та взаємозв'язки. Основними компонентами фітнес-онтології є:

Таксономія вправ, яка класифікує фізичні вправи за різними критеріями: тип навантаження (силові, кардіо, на гнучкість), цільові м'язові групи, рівень складності, необхідне обладнання, потенційні ризики та протипоказання. Така таксономія дозволяє системі обирати вправи, які найкраще відповідають потребам та можливостям користувача. Наприклад, якщо користувач має проблеми з колінами, система може автоматично виключити вправи, що створюють високе навантаження на колінний суглоб.

Анатомічна модель, яка описує структуру опорно-рухового апарату людини, включаючи м'язи, суглоби, сухожилля та їхні функціональні взаємозв'язки. Ця модель дозволяє чат-боту розуміти, які м'язи задіяні у конкретних вправах, як різні рухи впливають на суглоби, та як побудувати збалансовану програму тренувань, що рівномірно розвиває всі групи м'язів. Анатомічна модель також дозволяє системі надавати користувачам інформативні пояснення щодо механіки руху та правильної техніки виконання вправ.

Нутриціологічна модель, яка містить інформацію про харчові продукти, їх нутрієнтний склад, калорійність, розподіл макронутрієнтів (білки, жири, вуглеводи) та мікронутрієнтів (вітаміни, мінерали). Ця частина онтології дозволяє формувати рекомендації щодо харчування відповідно до цілей тренувань та індивідуальних потреб користувача. Наприклад, для користувача, який бажає наростити м'язову масу, система може рекомендувати раціон з підвищеним вмістом білка та достатньою калорійністю.

Модель тренувального процесу, яка формалізує принципи побудови тренувань, параметри навантаження (інтенсивність, обсяг, частота, щільність), методи прогресії, періодизації та відновлення. Ця модель забезпечує системну основу для розробки ефективних тренувальних програм та їх адаптації з часом.

Модель фізіологічних процесів, яка описує реакції організму на фізичне навантаження, механізми адаптації та відновлення, енергетичний метаболізм під

час різних типів активності. Ця частина онтології дозволяє системі враховувати фізіологічні аспекти при формуванні рекомендацій та надавати користувачам науково обґрунтовані пояснення щодо ефектів різних типів тренувань [15].

Модель користувача, яка формалізує характеристики та стани користувача, включаючи демографічні дані, фізичні параметри, рівень підготовки, цілі, обмеження, переваги та історію тренувань. Ця модель є ключовою для персоналізації рекомендацій та адаптації системи до індивідуальних потреб кожного користувача.

Вагомим аспектом онтології є встановлення взаємозв'язків між різними елементами. Ці взаємозв'язки можуть мати різну семантику, наприклад:

- "Вправа X активує м'яз Y"
- "Продукт A містить нутрієнт B у кількості C"
- "Стан D має протипоказання до вправи E"
- "Мета F потребує тренувального режиму G"

Формалізація таких взаємозв'язків дозволяє системі здійснювати логічні виведення та формувати обґрунтовані рекомендації на основі експертних знань.

Для технічної реалізації онтологій у фітнес-чатботах можуть використовуватися різні формати та підходи. Одним із стандартних форматів є OWL (Web Ontology Language), який базується на RDF (Resource Description Framework) та дозволяє формально описувати класи, їх властивості та взаємозв'язки. Онтології на OWL можуть бути розроблені за допомогою спеціалізованих інструментів, таких як Protégé, та інтегровані в систему чат-бота через бібліотеки для роботи з RDF, такі як rdflib для Python.

Для менш формальних підходів онтологія може бути реалізована у вигляді структурованої бази даних (наприклад, SQLite), графової бази даних (Neo4j) або навіть як набір взаємопов'язаних Python-об'єктів. Вибір формату залежить від складності онтології, вимог до логічного виведення та технічних обмежень проекту.

Бази знань у фітнес-чатботах є конкретними екземплярами онтологій, які містять фактичні дані про вправи, м'язи, продукти харчування, тренувальні принципи та інші елементи предметної області. Вони є джерелом експертних

знань, які використовуються системою для формування рекомендацій та відповідей на запити користувачів.

Наповнення баз знань може здійснюватися різними способами: ручним введенням даних експертами в галузі фітнесу, автоматичним імпортом з існуючих структурованих джерел (спеціалізовані бази даних, відкриті датасети) або напівавтоматичним видобуванням інформації з неструктурованих текстів (наукових статей, підручників, сайтів) з використанням методів NLP.

Інтеграція онтологій та баз знань з іншими компонентами фітнес-чатбота, такими як системи обробки природної мови та генеративні моделі GPT, є головним аспектом архітектури системи. Онтологічні знання можуть використовуватися для покращення розуміння запитів користувачів, генерації контекстуально релевантних відповідей та формування персоналізованих рекомендацій.

У контексті фітнес-чатбота на основі GPT онтологічні знання можуть бути інтегровані через формування спеціалізованих промптів, які містять релевантну інформацію з бази знань. Наприклад, якщо користувач запитує про вправи для певної групи м'язів, система може отримати з онтології список відповідних вправ, їх характеристики та взаємозв'язки, та включити цю інформацію в промпт для GPT. Це забезпечує генерацію відповідей, які базуються на точних фактах та експертних знаннях, а не лише на загальних знаннях моделі.

2.3.2. Логічні правила та експертні системи для формування рекомендацій

Логічні правила та експертні системи є головними компонентами фітнес-чатботів, які забезпечують формалізацію експертних знань та процесів прийняття рішень у галузі фітнесу. Вони дозволяють системі генерувати обґрунтовані рекомендації на основі чітко визначених умов та наслідків, що особливо головне для предметних областей, де існують встановлені принципи та методики тренувань.

Логічні правила у контексті фітнес-чатботів представляють собою формальні вирази, які описують залежності між різними факторами та

рекомендованими діями. Типовий формат таких правил — "Якщо (умова), то (наслідок)". Умова може включати різноманітні параметри користувача, його цілі, фізичний стан, доступні ресурси тощо. Наслідок — це конкретна рекомендація щодо тренувань, харчування, відпочинку або інших аспектів фітнес-режиму.

Приклади логічних правил для фітнес-чатбота:

– Якщо (ціль = "схуднення") та (досвід_тренувань = "початківець"), то (рекомендувати_кардіо = "3-4 рази на тиждень, 30-45 хвилин, помірна інтенсивність")

– Якщо (група_м'язів = "спина") та (наявне_обладнання = "гантелі"), то (рекомендувати_вправи = ["тяга гантелей у нахилі", "тяга до підборіддя", "розведення рук у нахилі"])

– Якщо (вік > 50) та (наявність_проблем_з_суглобами = TRUE), то (виключити_вправи = ["стрибки", "присідання з великою вагою", "становаж тяга з прямими ногами"])

– Якщо (цільовий_калораж < 1500) та (рівень_фізичної_активності = "високий"), то (видати_попередження = "Занадто низька калорійність для вашого рівня активності може негативно вплинути на здоров'я та продуктивність тренувань")

Логічні правила можуть бути організовані в ієрархічні структури, де результат одного правила стає умовою для іншого. Така організація дозволяє моделювати складні процеси прийняття рішень та генерувати комплексні рекомендації.

Експертні системи є програмними комплексами, які використовують базу знань (включаючи логічні правила) та механізми логічного виведення для формування рекомендацій та вирішення проблем у специфічній предметній області. У контексті фітнес-чатботів експертні системи дозволяють автоматизувати процес складання тренувальних програм, планів харчування та інших рекомендацій, які традиційно потребували участі фахівця (тренера, дієтолога).

Архітектура експертної системи для фітнес-чатбота зазвичай включає такі компоненти:

База знань, яка містить формалізовані експертні знання у вигляді фактів та правил. Факти описують конкретні об'єкти, їх властивості та взаємозв'язки (наприклад, характеристики вправ, нутрієнтний склад продуктів). Правила описують логічні залежності та процеси прийняття рішень, як описано вище.

Механізм логічного виведення, який застосовує правила до фактів для генерації нових фактів та висновків. Існують різні стратегії логічного виведення, такі як прямий ланцюжок (від фактів до висновків), зворотний ланцюжок (від гіпотези до фактів, що її підтверджують) та змішані підходи. Вибір стратегії залежить від характеру задачі та вимог до продуктивності системи.

Інтерфейс користувача, який у випадку чат-бота реалізується через обробку природної мови. Цей компонент перетворює текстові запити користувача у структуровані дані, які можуть бути оброблені експертною системою, та перетворює результати логічного виведення у зрозумілі текстові відповіді.

Модуль пояснень, який дозволяє системі обґрунтовувати свої рекомендації, показуючи ланцюжок міркувань та правила, які були застосовані. Цей компонент є головним для підвищення довіри користувачів до системи та освітньої цінності чат-бота.

Для реалізації експертних систем у фітнес-чатботах на Python можуть використовуватися різні підходи. Простіші системи можуть бути реалізовані за допомогою умовних операторів та функцій, які моделюють логічні правила. Для більш складних систем можуть застосовуватися спеціалізовані бібліотеки для роботи з продукційними правилами, такі як Pyke або ExpertTech, або загальні фреймворки для створення експертних систем, такі як CLIPS через PyCLIPS.

Інтеграція експертних систем з моделями GPT у гібридній архітектурі фітнес-чатбота дозволяє поєднати точність та обґрунтованість логічних правил з природністю та гнучкістю генеративних моделей. Експертна система може використовуватися для формування структурованих рекомендацій на основі

чітких правил, а GPT — для перетворення цих рекомендацій у природний текст, що враховує контекст діалогу та індивідуальні особливості користувача [16].

Приклад такої інтеграції: коли користувач запитує про програму тренувань для схуднення, експертна система аналізує його параметри (вік, стать, вага, рівень підготовки тощо) та застосовує відповідні правила для формування структурованого плану тренувань (типи вправ, кількість підходів та повторень, інтенсивність, частота). Цей план передається до GPT разом з промптом, який направляє модель на генерацію детального та персоналізованого опису програми з додатковими поясненнями та мотиваційними елементами.

Вагомим аспектом експертних систем для фітнес-чатботів є їхня здатність враховувати невизначеність та неповноту інформації. У реальних сценаріях користувачі не завжди можуть надати всі необхідні дані, деякі параметри можуть бути неточними, а деякі правила можуть мати винятки. Для вирішення цих проблем можуть застосовуватися різні підходи, такі як ймовірнісне міркування, нечітка логіка (розглянута в наступному підрозділі) або методи машинного навчання, які доповнюють експертні правила.

Розробка та підтримка експертних систем для фітнес-чатботів вимагає тісної співпраці між розробниками та експертами в галузі фітнесу, спортивної медицини та нутриціології. Експерти допомагають формулювати правила та перевіряти їх відповідність сучасним науковим знанням та практикам. Ця співпраця є неперервним процесом, оскільки база знань повинна регулярно оновлюватися з урахуванням нових досліджень та методик.

2.3.3. Нечітка логіка для оцінки стану користувача

Нечітка логіка є потужним математичним апаратом, який дозволяє моделювати процеси прийняття рішень в умовах невизначеності та суб'єктивності. У контексті фітнес-чатботів нечітка логіка особливо корисна для оцінки стану користувача, інтерпретації суб'єктивних показників та формування персоналізованих рекомендацій, які враховують градацію та розмитість багатьох параметрів фізичного стану та тренувального процесу.

На відміну від класичної бінарної логіки, де твердження може бути або істинним, або хибним, нечітка логіка оперує ступенями істинності, які можуть приймати будь-які значення в діапазоні від 0 до 1. Це дозволяє моделювати такі природні поняття як "високий рівень втоми", "помірна інтенсивність тренування" або "швидкий прогрес", які не мають чітких границь і можуть по-різному інтерпретуватися різними людьми.

Основними компонентами системи нечіткої логіки для фітнес-чатбота є:

Лінгвістичні змінні, які представляють параметри користувача або тренувального процесу, такі як "рівень фізичної підготовки", "інтенсивність тренування", "ступінь втоми", "темп прогресу". Кожна лінгвістична змінна може приймати значення з набору лінгвістичних термів, таких як "низький", "середній", "високий".

Функції належності, які визначають ступінь, з яким конкретне числове значення відповідає певному лінгвістичному терму. Наприклад, для лінгвістичної змінної "інтенсивність тренування" можуть бути визначені функції належності для термів "низька", "середня" та "висока", які визначають, наскільки конкретний рівень інтенсивності (виражений, наприклад, у відсотках від максимального серцевого ритму) відповідає кожному з цих термів.

Нечіткі правила, які описують зв'язки між різними лінгвістичними змінними у форматі "Якщо $X \in A$, то $Y \in B$ ". Наприклад, "Якщо рівень втоми є високим і час відновлення є коротким, то інтенсивність наступного тренування є низькою". Ці правила формуються на основі експертних знань у галузі фітнесу та спортивної фізіології.

Механізм нечіткого виведення, який обробляє вхідні дані, застосовує нечіткі правила та генерує вихідні значення. Цей процес зазвичай включає три етапи: фазифікацію (перетворення чітких вхідних значень у нечіткі), нечітке виведення (застосування правил) та дефазифікацію (перетворення нечітких вихідних значень у чіткі).

У контексті фітнес-чатбота нечітка логіка може застосовуватися для різних задач оцінки стану користувача:

Інтерпретація суб'єктивних показників, таких як рівень сприйняття навантаження (RPE), якість сну, рівень стресу, апетит, які користувачі часто описують невизначеними термінами. Нечітка логіка дозволяє перетворити ці суб'єктивні описи у кількісні показники, які можуть використовуватися для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Оцінка готовності до тренування, яка враховує різні фактори, такі як рівень відновлення після попереднього тренування, загальний рівень втоми, якість сну, рівень стресу, харчування та гідратація. Нечітка система може обробляти ці фактори та генерувати рекомендації щодо типу, інтенсивності та обсягу тренування на поточний день.

Аналіз прогресу користувача, який враховує різні показники, такі як зміни у вазі, обхватах тіла, результатах силових тестів, витривалості, а також суб'єктивні відчуття користувача. Нечітка логіка дозволяє оцінити загальний прогрес навіть якщо різні показники змінюються з різною швидкістю або в різних напрямках.

Формування персоналізованих рекомендацій щодо модифікації тренувальної програми, які враховують індивідуальні особливості реакції користувача на різні типи навантажень, швидкість відновлення, преференції та обмеження. Нечіткі правила дозволяють моделювати складні залежності між цими факторами та оптимальними параметрами тренувань.

Для технічної реалізації нечіткої логіки у фітнес-чатботах на Python можуть використовуватися спеціалізовані бібліотеки, такі як scikit-fuzzy або PyFuzzy. Ці бібліотеки надають інструменти для визначення лінгвістичних змінних, функцій належності, нечітких правил та механізмів виведення.

Приклад використання нечіткої логіки для оцінки готовності до тренування:

1. Визначаємо лінгвістичні змінні:
 - Рівень втоми (низький, середній, високий)
 - Якість сну (погана, середня, хороша)
 - Рівень стресу (низький, середній, високий)
 - Готовність до тренування (низька, середня, висока)

2. Визначаємо функції належності для кожної змінної, наприклад, використовуючи трапецієподібні або гаусові функції.

3. Формулюємо нечіткі правила, наприклад:

– "Якщо втома є низькою і якість сну є хорошою і стрес є низьким, то готовність до тренування є високою"

– "Якщо втома є високою або якість сну є поганою, то готовність до тренування є низькою"

– "Якщо втома є середньою і якість сну є середньою і стрес є середнім, то готовність до тренування є середньою"

4. Застосовуємо механізм нечіткого виведення до конкретних вхідних значень:

– Користувач повідомляє, що його рівень втоми становить 4 з 10, якість сну — 7 з 10, рівень стресу — 3 з 10.

– Система фазифікує ці значення, застосовує нечіткі правила та дефазифікує результат.

– Отримане значення готовності до тренування (наприклад, 0.75) використовується для формування рекомендацій щодо типу та інтенсивності тренування на поточний день.

Інтеграція нечіткої логіки з іншими компонентами фітнес-чатбота, такими як обробка природної мови та генеративні моделі, дозволяє створити більш гнучку та адаптивну систему. Наприклад, результати нечіткого виведення можуть використовуватися для формування контексту для GPT, що дозволяє генерувати більш персоналізовані та контекстуально релевантні відповіді.

Вагомим аспектом нечіткої логіки є її інтерпретовність. На відміну від багатьох методів машинного навчання, які працюють як "чорна скринька", нечіткі системи базуються на зрозумілих правилах, які можуть бути пояснені користувачам. Це підвищує довіру до рекомендацій системи та їх освітню цінність. Фітнес-чатбот може не лише надавати рекомендації, але й пояснювати логіку, яка стоїть за ними, що допомагає користувачам краще розуміти принципи тренувального процесу та взаємозв'язки між різними факторами.

Нечітка логіка також може використовуватися для управління діалогом у фітнес-чатботі. Зокрема, вона може допомогти визначити, коли система потребує додаткової інформації від користувача, яку тему слід розвивати далі або який тип рекомендацій буде найбільш корисним у поточному контексті. Такий підхід дозволяє створити більш природний та адаптивний діалог, який враховує невизначеність та нечіткість комунікації.

Комбінація нечіткої логіки з іншими методами штучного інтелекту, такими як нейронні мережі (нейро-нечіткі системи) або еволюційні алгоритми, дозволяє створювати більш потужні та адаптивні системи оцінки стану користувача [17]. Такі гібридні підходи можуть автоматично налаштовувати функції належності та правила на основі даних про користувачів та їхній прогрес, що підвищує точність та персоналізацію рекомендацій.

2.4. Методи збору та аналізу даних про фізичну активність

2.4.1. Інтеграція з носимими пристроями та фітнес-трекерами

Сучасні фітнес-чатботи досягають нового рівня персоналізації та ефективності завдяки інтеграції з носимими пристроями та фітнес-трекерами. Ця інтеграція забезпечує безперервний потік об'єктивних даних про фізичну активність, фізіологічні показники та загальний стан користувача, що дозволяє чат-боту формувати більш точні та обґрунтовані рекомендації.

Носимі пристрої, такі як смарт-годинники, фітнес-браслети, датчики пульсу, смарт-ваги та спеціалізовані спортивні гаджети, здатні збирати широкий спектр даних, включаючи:

- Показники фізичної активності: кількість кроків, пройдена відстань, калорії, що були витрачені, інтенсивність та тривалість тренувань, типи виконаних вправ, висота підйому.

- Фізіологічні параметри: частота серцевих скорочень (ЧСС) у стані спокою та під час активності, варіабельність серцевого ритму (HRV), кров'яний тиск, рівень кисню в крові (SpO₂), температура тіла.

- Показники сну: тривалість сну, фази сну (глибокий, швидкий, поверхневий), кількість пробуджень, загальна якість сну.
- Антропометричні дані: вага, склад тіла (відсоток жиру, м'язової маси, води), індекс маси тіла (ІМТ).

Інтеграція фітнес-чатбота з носимими пристроями може здійснюватися кількома шляхами. Найбільш поширений підхід — використання API (Application Programming Interface), які надаються виробниками пристроїв або платформ, таких як Google Fit, Apple HealthKit, Fitbit, Garmin, Withings та інші. Ці API дозволяють чат-боту отримувати доступ до даних користувача після аутентифікації та авторизації з дотриманням вимог приватності та безпеки.

Технічна реалізація інтеграції з носимими пристроями у фітнес-чатботі на базі Python може включати використання спеціалізованих бібліотек та SDK (Software Development Kit) для роботи з різними платформами. Наприклад, для Google Fit можна використовувати Google Fitness REST API та відповідні Python-клієнти, для Apple HealthKit — HealthKit через REST API або Python-клієнти для взаємодії з iCloud.

Процес інтеграції зазвичай включає такі етапи:

- Автентифікація та авторизація, де користувач надає чат-боту дозвіл на доступ до своїх даних. Це часто реалізується через протокол OAuth 2.0, який забезпечує безпечний механізм делегування доступу без передачі облікових даних користувача.
- Запит та отримання даних з API платформи. Чат-бот може запитувати як історичні дані за певний період, так і реєструватися для отримання повідомлень про нові дані в режимі реального часу.
- Обробка та нормалізація даних, що отримані з різних джерел. Оскільки різні пристрої та платформи можуть використовувати різні формати та одиниці вимірювання, важливо привести їх до єдиного стандарту для подальшого аналізу.
- Збереження оброблених даних у базі даних чат-бота (наприклад, SQLite) для подальшого аналізу та використання при формуванні рекомендацій.

– Інтеграція з моделями аналізу та прогнозування для виявлення закономірностей, оцінки прогресу та генерації персоналізованих рекомендацій.

Одним із викликів при інтеграції з носимими пристроями є різноманітність платформ та їх API. Для вирішення цієї проблеми можна використовувати агрегатори даних, такі як Strava API або Human API, які консолідують дані з різних джерел та надають єдиний інтерфейс для доступу до них [28]. Альтернативно, чат-бот може підтримувати модульну архітектуру з окремими конекторами для кожної підтримуваної платформи.

Дані з носимих пристроїв можуть використовуватися фітнес-чатботом для різних цілей:

– Оцінка поточного фізичного стану користувача на основі об'єктивних показників, таких як ЧСС у спокої, варіабельність серцевого ритму, якість сну, які є індикаторами загального здоров'я та рівня відновлення.

– Моніторинг тренувального навантаження за допомогою метрик, таких як тренувальний імпульс (TRIMP), сприйняття навантаження (RPE), час, проведений у різних зонах інтенсивності. Це дозволяє чат-боту контролювати баланс між навантаженням та відновленням.

– Аналіз ефективності різних типів тренувань шляхом зіставлення даних про виконані вправи з показниками прогресу, такими як зміни у вазі, складі тіла, кардіореспіраторній витривалості.

– Персоналізація рекомендацій щодо інтенсивності та типу тренувань на основі поточного стану користувача. Наприклад, якщо дані з трекера сну показують низьку якість відпочинку, чат-бот може рекомендувати менш інтенсивне тренування або фокус на відновлення.

– Оцінка енергетичного балансу через зіставлення даних про витрачені калорії (з трекера активності) та спожиті калорії (якщо користувач веде щоденник харчування). Це особливо важливо для цілей, пов'язаних із контролем ваги.

Вагомим аспектом інтеграції з носимими пристроями є забезпечення приватності та безпеки даних користувачів. Фітнес-чатбот має дотримуватися принципів мінімізації даних (збирати лише необхідні дані), обмеження мети

(використовувати дані лише для заявлених цілей), прозорості (інформувати користувачів про те, які дані збираються та як вони використовуються) та контролю з боку користувача (надавати можливість видаляти дані або відкликати доступ).

Сучасні носимі пристрої також надають можливість отримувати унікальні дані, які раніше були доступні лише в лабораторних умовах. Наприклад, деякі смарт-годинники здатні вимірювати електрокардіограму (ЕКГ), проводити аналіз якості сну за допомогою електроенцефалографії (ЕЕГ), оцінювати рівень стресу за допомогою аналізу шкірно-гальванічної реакції. Ці передові можливості відкривають нові перспективи для персоналізації фітнес-рекомендацій з урахуванням психофізіологічного стану користувача.

Інтеграція з носимими пристроями також дозволяє фітнес-чатботу перейти від реактивного до проактивного режиму взаємодії. Замість того, щоб чекати на запити від користувача, система може активно моніторити дані з трекерів та ініціювати взаємодію, коли виявляє значущі патерни або аномалії. Наприклад, якщо дані показують стійке зниження активності або погіршення якості сну, чат-бот може зв'язатися з користувачем, щоб з'ясувати причини та запропонувати коригувальні дії.

2.4.2. Алгоритми обробки даних про фізичну активність

Ефективна обробка даних про фізичну активність є необхідною умовою для точного аналізу стану користувача та формування релевантних рекомендацій у фітнес-чатботах. Ці дані, отримані з носимих пристроїв, мобільних додатків або введені користувачем вручну, потребують комплексної обробки для вилучення корисної інформації та перетворення її на дієві висновки.

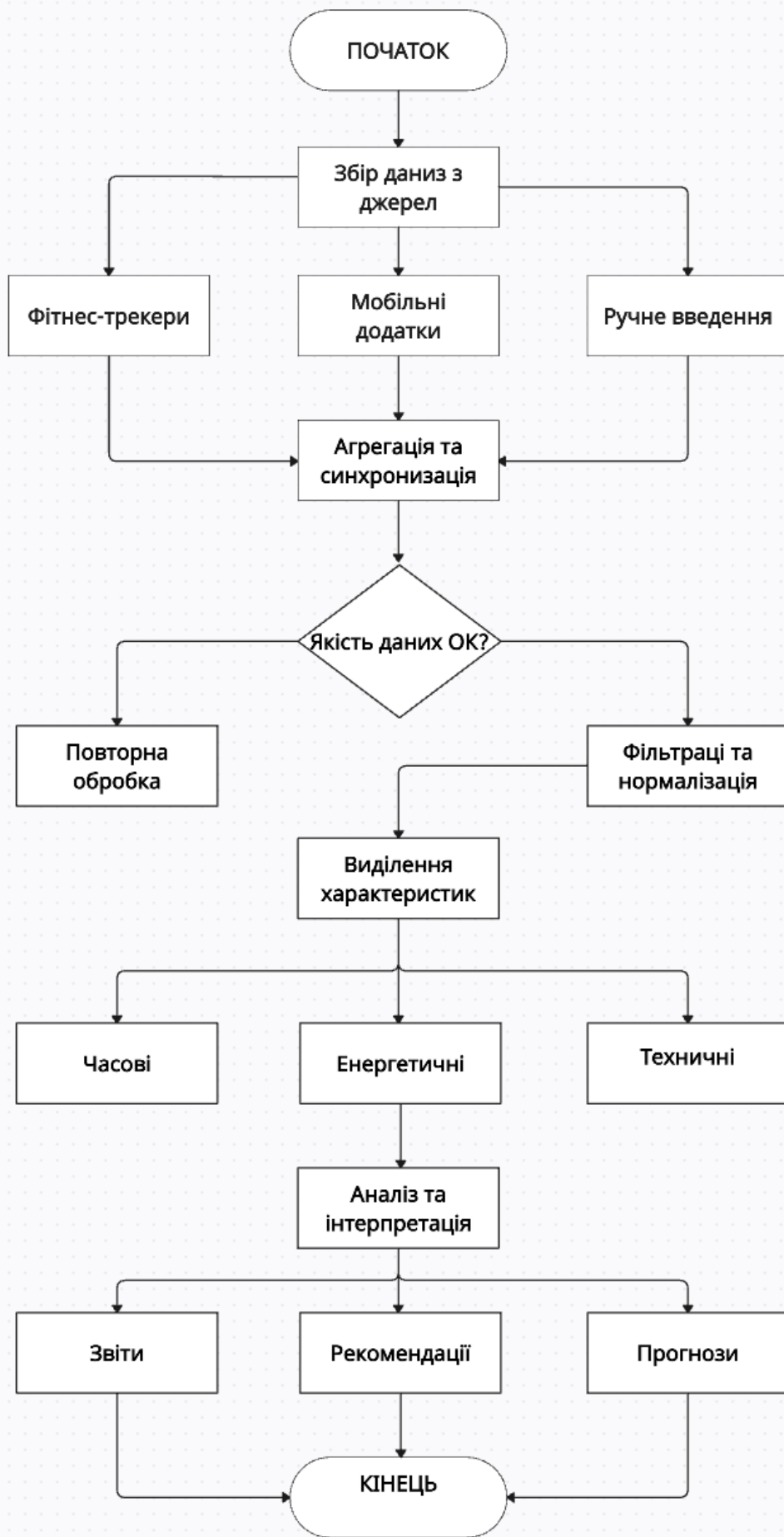


Рис. 2.4 - Алгоритми обробки даних про фізичну активність

Обробка даних про фізичну активність у фітнес-чатботах включає кілька ключових етапів: збір та агрегацію даних, їх фільтрацію та нормалізацію, виділення значущих характеристик, аналіз та інтерпретацію. Кожен з цих етапів має свої особливості та викликає, які потребують застосування специфічних алгоритмів та підходів.

Збір та агрегація даних є початковим етапом, на якому система акумулює інформацію з різних джерел. Оскільки користувачі можуть використовувати різні пристрої та додатки, головним завданням є консолідація даних у єдиному форматі. Для цього застосовуються алгоритми синхронізації часових рядів, які дозволяють узгодити дані з різних джерел за часовими мітками. Наприклад, дані про пульс з нагрудного пульсометра можуть бути поєднані з даними про переміщення з GPS-трекера смартфона для отримання комплексної картини тренування.

Фільтрація та нормалізація є критичним етапом, який забезпечує якість подальшого аналізу. Дані з носимих пристроїв часто містять шуми, артефакти та пропуски, які необхідно ідентифікувати та коригувати. Для фільтрації шумів застосовуються різні методи обробки сигналів, такі як фільтр Калмана, низькочастотні фільтри або вейвлет-перетворення. Наприклад, при аналізі даних пульсу фільтр Калмана може ефективно видаляти короточасні сплески, які виникають через помилки вимірювання або рух сенсора.

Для обробки пропущених даних можуть застосовуватися методи інтерполяції (лінійна, сплайнова, поліноміальна) або більш складні алгоритми, які враховують часові залежності, такі як ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) або експоненціальне згладжування. Вибір методу залежить від характеру даних та тривалості пропусків.

Нормалізація даних передбачає приведення різних показників до порівнянних шкал та одиниць вимірювання. Це особливо важливо при аналізі даних від різних користувачів або при порівнянні різних типів активності. Стандартні методи нормалізації включають z-score (стандартизація), min-max

нормалізацію, логарифмічне перетворення для даних з великим діапазоном значень.

Виділення значущих характеристик (feature extraction) є ключовим етапом, який перетворює сирі дані на інформативні показники, що використовуються для аналізу та прийняття рішень. Для даних про фізичну активність можна виділити кілька категорій значущих характеристик:

Часові характеристики, такі як тривалість активності, час у різних зонах інтенсивності, частота та регулярність тренувань. Для їх обчислення застосовуються алгоритми сегментації часових рядів, які визначають початок та кінець різних фаз активності [18].

Інтенсивнісні характеристики, зокрема середня, максимальна та мінімальна інтенсивність, розподіл інтенсивності протягом тренування. Ці показники зазвичай базуються на частоті серцевих скорочень, швидкості переміщення або потужності і обчислюються з використанням статистичних методів аналізу розподілів.

Енергетичні характеристики, такі як витрати енергії, метаболічний еквівалент (MET), кисневе споживання (VO_2). Для їх оцінки використовуються фізіологічні моделі, які враховують взаємозв'язки між різними показниками. Наприклад, витрати енергії можуть бути оцінені на основі частоти серцевих скорочень з використанням індивідуалізованих моделей, які враховують вік, стать та рівень фізичної підготовки.

Технічні характеристики, які описують якість виконання вправ, такі як симетрія рухів, стабільність, ритм. Для їх виділення можуть застосовуватися алгоритми аналізу часових рядів, вейвлет-аналіз, методи класифікації з використанням машинного навчання.

Циклічні характеристики, які відображають повторювані патерни активності, такі як циркадні ритми, тижневі цикли тренувань, сезонні зміни. Для їх виявлення використовуються методи спектрального аналізу, автокореляції, виявлення періодичностей у часових рядах.

Аналіз та інтерпретація виділених характеристик є завершальним етапом, який перетворює дані на корисні висновки та рекомендації. На цьому етапі

застосовуються різноманітні методи статистичного аналізу, машинного навчання та експертні системи.

Для оцінки загального рівня фізичної активності часто використовуються інтегральні показники, такі як PAL (Physical Activity Level) або PAI (Physical Activity Index), які обчислюються на основі комбінації різних характеристик. Ці показники дозволяють відстежувати динаміку активності користувача та порівнювати її з рекомендованими нормами.

Алгоритми класифікації типів активності дозволяють автоматично визначати, яку саме вправу або вид активності виконує користувач на основі даних з сенсорів. Для цього використовуються методи машинного навчання, такі як дерева рішень, випадкові ліси, опорні вектори (SVM) або нейронні мережі. Ці алгоритми навчаються на розмічених наборах даних, які містять приклади різних типів активності, та здатні розпізнавати нові зразки. Наприклад, система може розрізняти ходьбу, біг, велосипедну їзду, плавання та силові тренування на основі характерних патернів даних з акселерометра та гіроскопа.

Алгоритми оцінки якості виконання вправ аналізують технічні аспекти рухів та надають зворотний зв'язок щодо правильності їх виконання. Ці алгоритми можуть базуватися на порівнянні з еталонними патернами рухів або використовувати моделі аномалій для виявлення відхилень від оптимальної техніки. Складніші підходи включають 3D-моделювання та біомеханічний аналіз рухів на основі даних з кількох сенсорів.

Алгоритми оцінки тренувального навантаження та відновлення обчислюють такі показники, як TRIMP (Training Impulse), TSS (Training Stress Score), EPOC (Excess Post-exercise Oxygen Consumption), які відображають фізіологічний вплив тренування на організм. Ці показники базуються на моделях, які враховують інтенсивність та тривалість навантаження, а також індивідуальні характеристики користувача. Для оцінки відновлення використовуються такі метрики, як HRV (Heart Rate Variability), RHR (Resting Heart Rate), які є індикаторами стану автономної нервової системи.

Для аналізу прогресу користувача застосовуються алгоритми виявлення трендів та закономірностей у часових рядах. Ці алгоритми здатні ідентифікувати

значущі зміни у показниках, розрізняти випадкові флуктуації та систематичні тенденції, виявляти плато та регрес. На основі цього аналізу система може формувати висновки про ефективність тренувального процесу та пропонувати коригувальні дії.

Інтерпретація результатів аналізу в контексті індивідуальних особливостей користувача є вагомим аспектом, який потребує застосування експертних знань. Для цього можуть використовуватися правила на основі логіки, нечіткі логічні системи або байєсівські мережі, які моделюють причинно-наслідкові зв'язки між різними факторами.

2.4.3. Прогнозування показників на основі історичних даних

Прогнозування показників фізичного стану та результатів тренувань на основі історичних даних є потужним інструментом фітнес-чатботів, який дозволяє передбачати потенційні результати різних тренувальних стратегій, встановлювати реалістичні цілі та мотивувати користувачів конкретними прогнозами досягнень. Ця функціональність базується на аналізі накопичених даних про активність, фізіологічні показники та прогрес користувача, а також на розумінні загальних закономірностей адаптації організму до фізичних навантажень.

Прогнозування показників у фітнес-чатботах може охоплювати різні аспекти та часові горизонти:

- Короткострокові прогнози (від кількох днів до тижнів) можуть включати передбачення коливань ваги, змін у складі тіла, рівні енергії та готовності до тренувань, відновлення після інтенсивних навантажень.

- Середньострокові прогнози (від тижнів до місяців) можуть фокусуватися на темпах прогресу в силових показниках, витривалості, гнучкості, зміні обхватів різних частин тіла, адаптації серцево-судинної системи.

- Довгострокові прогнози (від місяців до років) можуть передбачати потенційні межі розвитку фізичних якостей, стабілізацію ваги на певному рівні, довготривалі ефекти на здоров'я та функціональний стан.

Для ефективного прогнозування показників необхідно застосовувати різноманітні методи та алгоритми, які враховують специфіку даних та характер прогнозованих процесів. Основні підходи до прогнозування включають:

– Статистичні методи аналізу часових рядів є класичним підходом до прогнозування на основі історичних даних. До них належать моделі авторегресії та ковзного середнього (ARMA), інтегровані моделі авторегресії та ковзного середнього (ARIMA), сезонні моделі (SARIMA), експоненціальне згладжування. Ці методи ефективні для прогнозування показників з чіткими часовими залежностями та відносно стабільною динамікою, таких як зміни ваги або базових фізіологічних параметрів.

– Наприклад, для прогнозування зміни ваги користувача, який дотримується програми схуднення, можна використовувати модель ARIMA, яка враховує як попередні значення показника, так і тренд та можливі коливання. Модель калібрується на основі історичних даних про вагу користувача та його активність, і може враховувати такі фактори, як кількість спалених калорій, регулярність тренувань, дотримання рекомендацій щодо харчування.

– Моделі машинного навчання розширюють можливості прогнозування за рахунок аналізу складних нелінійних залежностей та врахування різноманітних факторів. До таких моделей належать лінійна та нелінійна регресія, дерева рішень, випадкові ліси, градієнтний бустинг, нейронні мережі. Ці методи особливо ефективні для прогнозування показників, які залежать від багатьох взаємопов'язаних факторів, таких як результати в силових вправах, показники витривалості або зміни в складі тіла.

– Наприклад, для прогнозування максимальної ваги, яку користувач зможе підняти у вправі "жим лежачи" через місяць, можна використовувати модель градієнтного бустингу, яка враховує поточні силові показники, частоту та інтенсивність тренувань, антропометричні дані, вік, стать, стаж тренувань та інші фактори. Така модель навчається на даних багатьох користувачів та здатна виявляти закономірності, які не очевидні при візуальному аналізі.

– Фізіологічні моделі базуються на науковому розумінні процесів адаптації організму до фізичних навантажень. Вони використовують

математичні рівняння, які описують такі процеси, як гіпертрофія м'язів, розвиток сили, адаптація серцево-судинної системи, зміни у метаболізмі. Ці моделі особливо цінні для довгострокового прогнозування, оскільки вони враховують фундаментальні обмеження та закономірності фізіологічного розвитку.

– Прикладом фізіологічної моделі є модель суперкомпенсації, яка описує процес адаптації організму після тренувального стимулу. Вона враховує фази втоми, відновлення та суперкомпенсації (коли показники перевищують початковий рівень) та дозволяє прогнозувати оптимальний час для наступного тренування.

– Гібридні підходи, які поєднують статистичні методи, машинне навчання та фізіологічні моделі, часто демонструють найвищу точність прогнозування. Вони дозволяють компенсувати недоліки окремих методів та використовувати сильні сторони кожного з них. Наприклад, фізіологічна модель може задавати загальну структуру прогнозу, а машинне навчання — налаштовувати параметри моделі на основі індивідуальних даних користувача.

Вагомим аспектом прогнозування є врахування невизначеності та варіативності. Замість точкових прогнозів, які надають лише одне значення, більш інформативними є інтервальні прогнози, які вказують діапазон можливих значень з певною ймовірністю. Такі прогнози можуть бути отримані з використанням методів бутстрапу, байєсівських підходів або ансамблевих методів машинного навчання [19].

Для підвищення точності прогнозування важливо враховувати індивідуальні особливості користувачів, такі як генетична схильність, історія фізичної активності, стан здоров'я, спосіб життя. Це може бути реалізовано через персоналізовані моделі, які навчаються на даних конкретного користувача, або через метанавчання, яке адаптує загальні моделі до індивідуальних особливостей.

Персоналізація прогнозів може бути досягнута також через кластеризацію користувачів за їхніми характеристиками та патернами прогресу. Для кожного кластера можуть бути розроблені специфічні моделі прогнозування, які враховують особливості відповідної групи користувачів. Наприклад, моделі для

початківців можуть враховувати швидший початковий прогрес через нейром'язову адаптацію, тоді як моделі для досвідчених спортсменів — більш повільний прогрес та необхідність варіювання тренувальних стимулів.

Прогнозування не обмежується лише кількісними показниками, але може включати також якісні аспекти, такі як рівень мотивації, задоволення від тренувань, сприйняття власного тіла. Для цього можуть застосовуватися методи аналізу настроїв, класифікації текстових даних, моделювання психологічних станів.

У контексті фітнес-чатбота на базі GPT прогнози можуть бути представлені користувачам у зрозумілій та мотивуючій формі. Замість сухих чисел, система може генерувати описові тексти, які пояснюють значення прогнозів, їх контекст та практичні імплікації. Це підвищує освітню цінність прогнозів та їх мотиваційний ефект.

Автоматична верифікація та уточнення прогнозів є головним елементом системи прогнозування. Алгоритми можуть порівнювати фактичні результати з прогнозованими, аналізувати розбіжності та коригувати моделі для підвищення точності майбутніх прогнозів. Система може також виявляти фактори, які не були враховані в початкових моделях, та включати їх у подальші прогнози.

Для реалізації прогнозування в фітнес-чатботі на Python можна використовувати спеціалізовані бібліотеки, такі як statsmodels для статистичних моделей часових рядів, scikit-learn для алгоритмів машинного навчання, Prophet від Facebook для робастного прогнозування часових рядів з урахуванням сезонності, PyTorch або TensorFlow для нейронних мереж. Вибір конкретних інструментів залежить від складності задачі, обсягу даних та обчислювальних ресурсів.

Впровадження функціоналу прогнозування показників у фітнес-чатбот відкриває нові можливості для персоналізації тренувального процесу, встановлення науково обґрунтованих цілей та підвищення мотивації користувачів. Точні та зрозумілі прогнози допомагають користувачам формувати реалістичні очікування, планувати тренувальний процес та відслідковувати прогрес відносно передбачуваної траєкторії розвитку.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ФІТНЕС-ЧАТБОТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3.1. Проектування архітектури чат-бота

3.1.1. Загальна структура та компоненти системи

Архітектура фітнес-чатбота базується на принципах модульності та масштабованості, що забезпечує гнучкість рішення при адаптації до потреб користувачів. Система складається з взаємопов'язаних шарів, кожен з яких виконує специфічні функції у процесі взаємодії з користувачем.

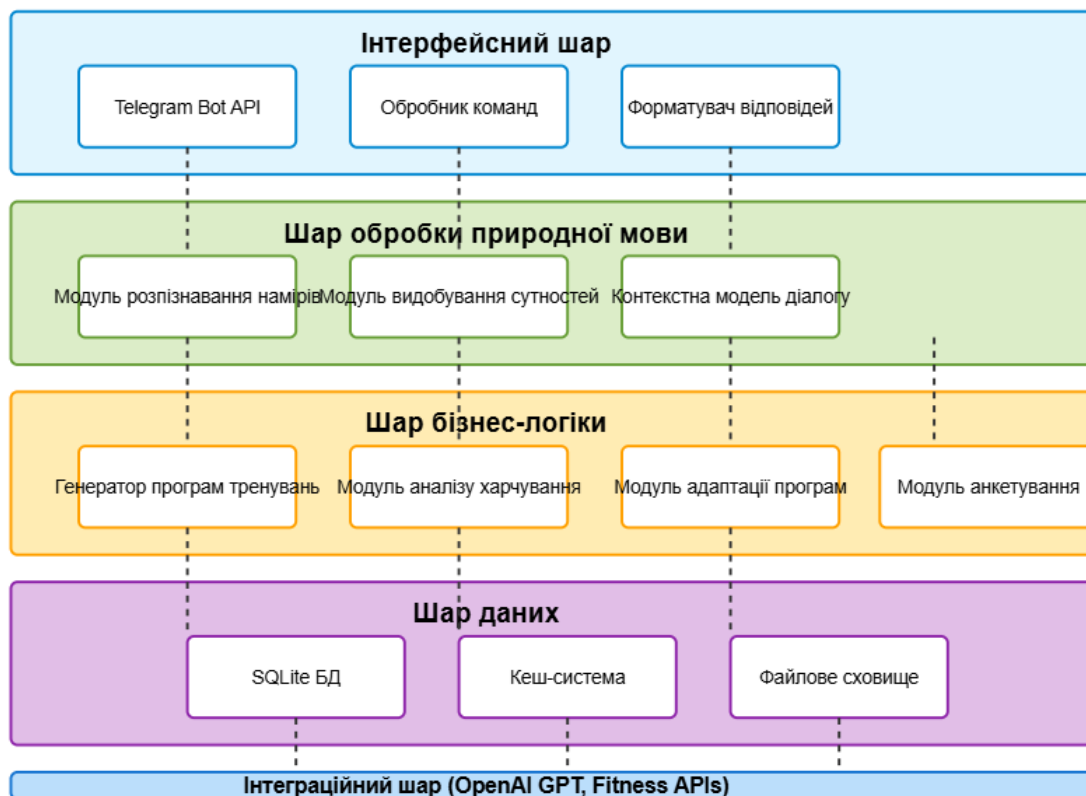


Рис 3.1 - Компонентна діаграма архітектури чат-бота

Інтерфейсний шар реалізує комунікацію через Telegram, використовуючи бібліотеку `python-telegram-bot` для обробки повідомлень і керування елементами інтерфейсу. Модуль обробки природної мови аналізує запити користувачів, визначаючи їхні наміри та вилучаючи ключову інформацію. Для української

мови застосовується бібліотека spaCy з відповідною мовною моделлю, яка забезпечує токенізацію та лематизацію текстів.

Бізнес-логіка включає модуль анкетування для збору інформації про користувача (вік, стать, вага, цілі), генератор тренувальних програм та систему моніторингу прогресу. Генератор програм працює у двох режимах: правило-орієнтованому, коли рекомендації формуються за визначеними шаблонами, або з використанням OpenAI GPT для створення персоналізованих програм.

Шар даних забезпечує збереження інформації у базі SQLite, що зберігає профілі користувачів, історію тренувань та прогрес. Інтеграційний шар взаємодіє з зовнішніми сервісами, зокрема з OpenAI GPT, для генерації рекомендацій. Система управління станами відстежує контекст діалогу з кожним користувачем, моделюючи переходи між етапами взаємодії через скінченний автомат [20].

Архітектура побудована на принципах подійно-орієнтованого підходу, де вхідні повідомлення ініціюють ланцюжок подій, що обробляються відповідними компонентами. Це забезпечує гнучкість і розширюваність системи без значних змін в існуючих модулях.

3.1.2. Модель взаємодії з користувачем через Telegram

Модель взаємодії з користувачем у фітнес-чатботі базується на конверсаційному підході, який створює відчуття спілкування з реальним тренером. Бот підтримує природний діалог, задає питання, надає рекомендації та відстежує прогрес, що значно підвищує якість користувацького досвіду.

Взаємодія побудована поетапно – від знайомства та анкетування до генерації рекомендацій і моніторингу результатів. На початковому етапі бот представляється, пояснює свої можливості та збирає базову інформацію про користувача. Головним кроком є визначення цілей (схуднення, набір м'язової маси, підвищення витривалості), які суттєво впливають на структуру тренувальної програми.

Для зручності використовуються інтерактивні елементи Telegram: кнопки для швидкого вибору опцій, інлайн-кнопки для взаємодії з повідомленнями,

меню команд для доступу до основних функцій. Візуальні матеріали, такі як фотографії правильної техніки вправ або відео з детальними поясненнями, доповнюють текстову інформацію.

Контекстуальність забезпечує логічність діалогу – система враховує попередні взаємодії, параметри користувача та його переваги при формуванні відповідей. Наприклад, якщо користувач повідомляв про травму, це враховується при рекомендації вправ без необхідності повторного нагадування [21].

Персоналізація проявляється не лише у змісті рекомендацій, але й у стилі спілкування. Система звертається до користувача на ім'я, згадує його цілі та досягнення, адаптує рівень деталізації та технічності інформації. Механізм обробки команд дозволяє швидко отримати доступ до основних функцій через стандартні команди Telegram (/start, /help, /profile, /program тощо).

3.1.3. Проєктування бази даних для зберігання інформації

База даних фітнес-чатбота побудована на SQLite – вбудованій реляційній базі даних, яка не потребує окремого серверного процесу і зберігає дані у файлах. Вибір SQLite обумовлений простотою, надійністю та хорошою інтеграцією з Python, що оптимально для систем з невеликою та середньою кількістю користувачів.

Центральною сутністю є таблиця "Users", що зберігає базову інформацію: унікальний ідентифікатор Telegram, ім'я, дату реєстрації, дату останньої взаємодії та поточний стан діалогу. Таблиця "UserProfiles" містить розширені дані: вік, стать, фізичні параметри, рівень підготовки, цілі та обмеження.

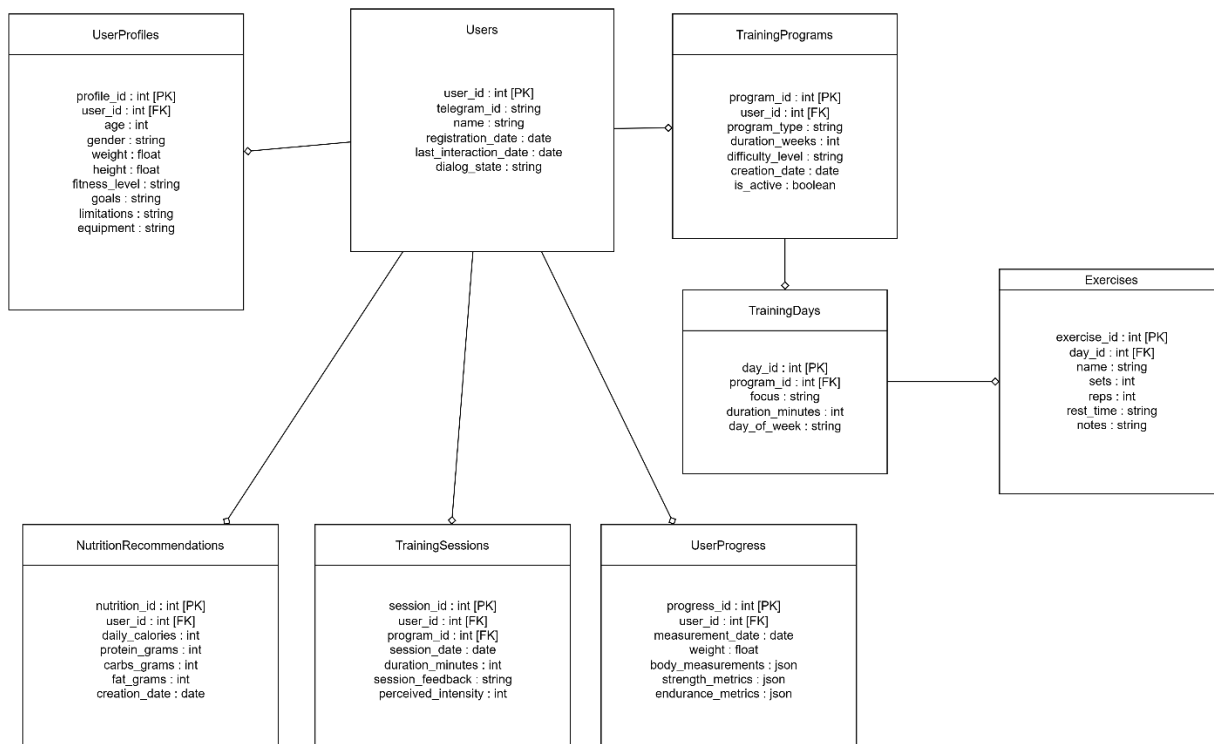


Рис. 3.2 - Модель бази даних фітнес-чатбота

Тренувальні програми зберігаються у взаємопов'язаних таблицях. "TrainingPrograms" містить загальну інформацію про програму (тип, тривалість, складність), "TrainingDays" описує окремі дні тренувань (фокус, тривалість), а "Exercises" деталізує конкретні вправи (назва, підходи, повторення). Рекомендації з харчування зберігаються у таблиці "NutritionRecommendations" з інформацією про калораж та розподіл макронутрієнтів.

Для моніторингу прогресу використовується таблиця "UserProgress", яка зберігає зміни в параметрах користувача з часом, а інформація про виконані тренування – у таблиці "TrainingSessions". Особлива увага приділяється нормалізації бази даних для уникнення надлишковості та аномалій при оновленні.

Всі таблиці пов'язані через систему зовнішніх ключів, що забезпечує цілісність даних і можливість ефективного отримання комплексної інформації. Для оптимізації пошуку використовується індексація ключових полів, а для безпеки – параметризовані запити, що запобігають SQL-ін'єкціям [22].

Взаємодія з базою даних реалізується через стандартну бібліотеку SQLite3 для Python, яка надає зручний інтерфейс для виконання запитів та обробки

результатів. Структура бази даних спроектована з урахуванням можливого розширення функціональності та збільшення кількості користувачів у майбутньому.

3.2. Розробка алгоритмів обробки запитів користувача

3.2.1. Реалізація системи розпізнавання намірів

Система розпізнавання намірів користувача є фундаментальним компонентом фітнес-чатбота, який визначає логіку всієї подальшої обробки запиту (рис.3.3-3.5). Для реалізації цієї системи в нашому боті використовується гібридний підхід, що поєднує правила та машинне навчання, що забезпечує оптимальний баланс між швидкістю обробки, точністю та економією ресурсів.

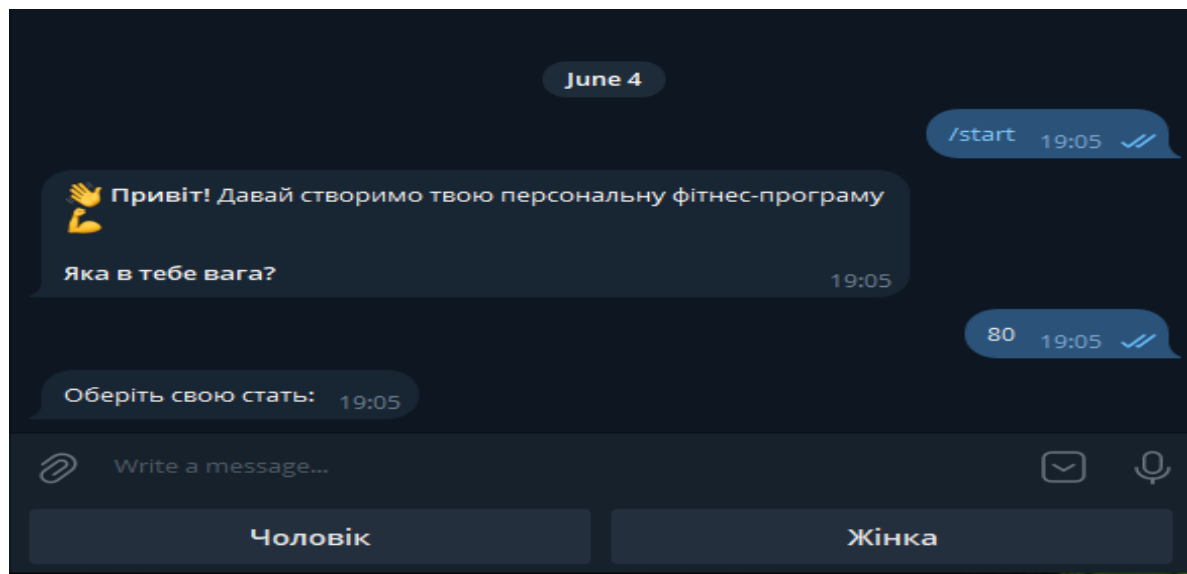


Рис.3.3 –Інтерфейс початку роботи з фітнес-чатботом у Telegram

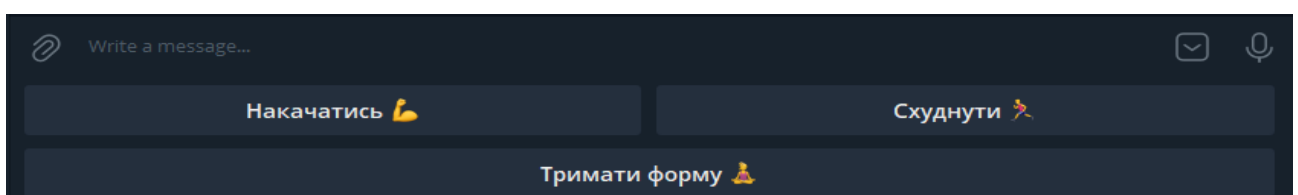


Рис.3.4 –Інтерфейс вибору фітнес-цілі користувача в Telegram-боті

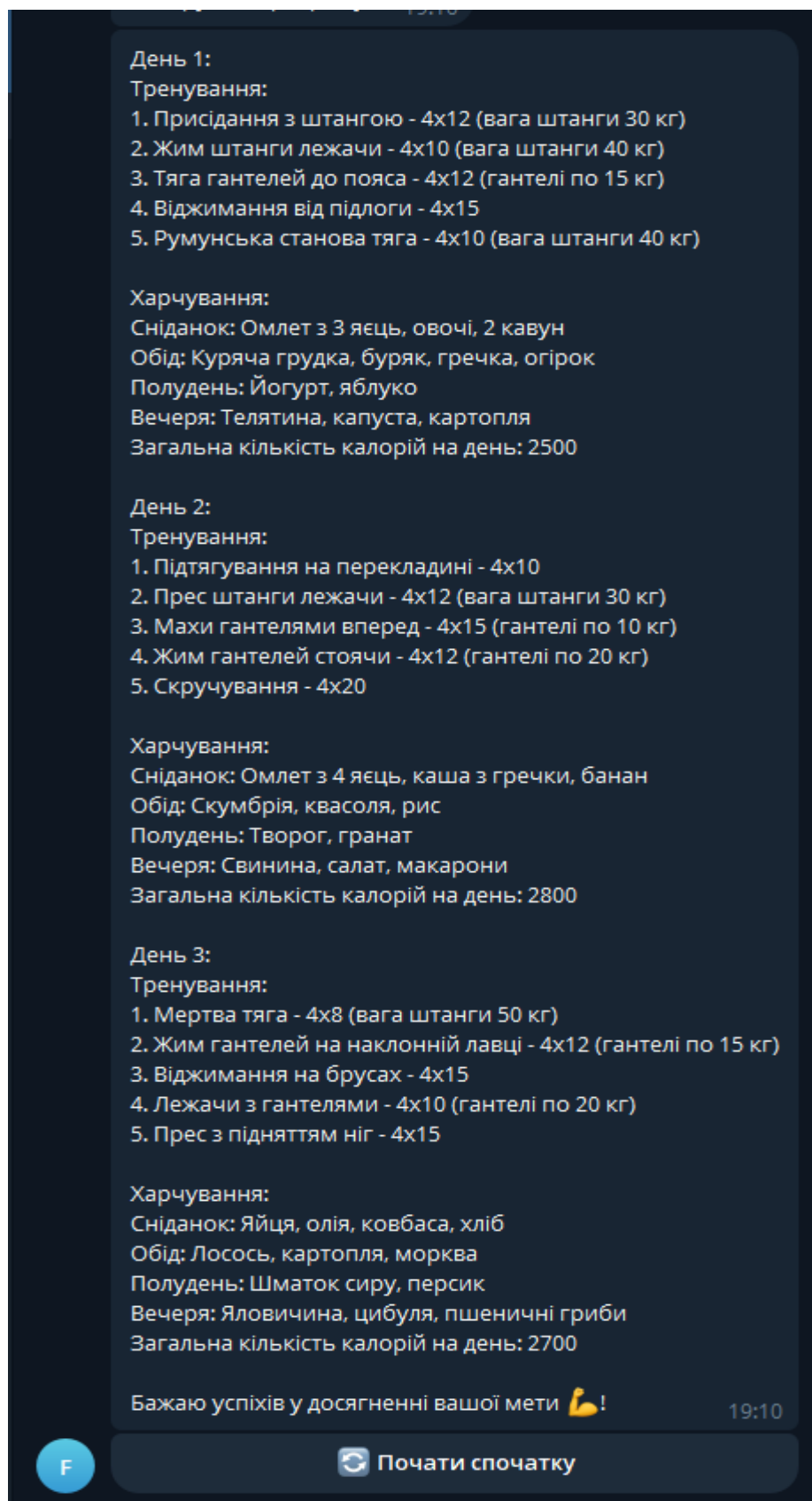


Рис.3.5 –Результат генерації персоналізованої фітнес-програми в Telegram-боті для виконання цілі

Основою системи розпізнавання намірів є класифікаційна модель, яка відносить вхідне повідомлення до однієї з визначених категорій: запит інформації про вправи, запит на створення програми тренувань, запитання щодо харчування, відстеження прогресу, питання про використання бота, та загальні запитання. Для побудови цієї моделі ми використовуємо комбінацію підходів.

Для стандартних запитів реалізовано механізм на основі правил з використанням регулярних виразів та словників ключових слів. Наприклад, запит на створення програми тренувань може визначатися наявністю таких фраз як "створи програму", "план тренувань", "розробіть тренування". Такий підхід дуже ефективний для типових, часто повторюваних запитів і не потребує звернення до зовнішніх API, що значно економить ресурси системи.

Для більш складних та неоднозначних запитів система використовує інтеграцію з моделями OpenAI GPT. Для цього формується спеціалізований промпт, який направляє модель на класифікацію намірів у контексті фітнесу. Цей підхід забезпечує високу точність класифікації навіть для нестандартних формулювань запитів. Наприклад, якщо користувач пише "Мені потрібно скинути вагу до літа", система правильно визначить, що це запит на програму для схуднення, хоча в повідомленні безпосередньо не згадується слово "програма" [23].

Для оптимізації витрат на API запити реалізовано систему кешування результатів класифікації. Повідомлення, які повторюються або мають високу подібність до раніше класифікованих, обробляються з використанням збережених результатів, що значно знижує навантаження на зовнішні API.

Вагомим компонентом системи розпізнавання намірів є механізм зворотного зв'язку, який дозволяє покращувати якість класифікації з часом. Коли система помиляється у визначенні наміру, користувач має можливість вказати на помилку, і ця інформація використовується для коригування моделей.

Додатково реалізовано багаторівневу систему класифікації намірів. На першому рівні визначається загальна категорія наміру (наприклад, "запит на програму тренувань"), а на другому рівні класифікатор уточнює підтип наміру

(наприклад, "програма для схуднення", "програма для набору м'язової маси", "тренування на витривалість"). Такий підхід дозволяє більш точно спрямовувати діалог та генерувати релевантні відповіді.

Отже, реалізована система розпізнавання намірів забезпечує точне та ефективно визначення цілей користувача при взаємодії з фітнес-чатботом, що є основою для подальшої персоналізації та якісної взаємодії.

3.2.2. Створення механізму видобування сутностей із повідомлень

Механізм видобування сутностей (named entity recognition, NER) є критично головним компонентом, який доповнює систему розпізнавання намірів, вилучаючи з повідомлень користувача конкретні параметри, необхідні для формування релевантних відповідей та рекомендацій. У контексті фітнес-чатбота такими сутностями є назви м'язових груп, вправ, параметри тренувань, харчові продукти та часові показники.

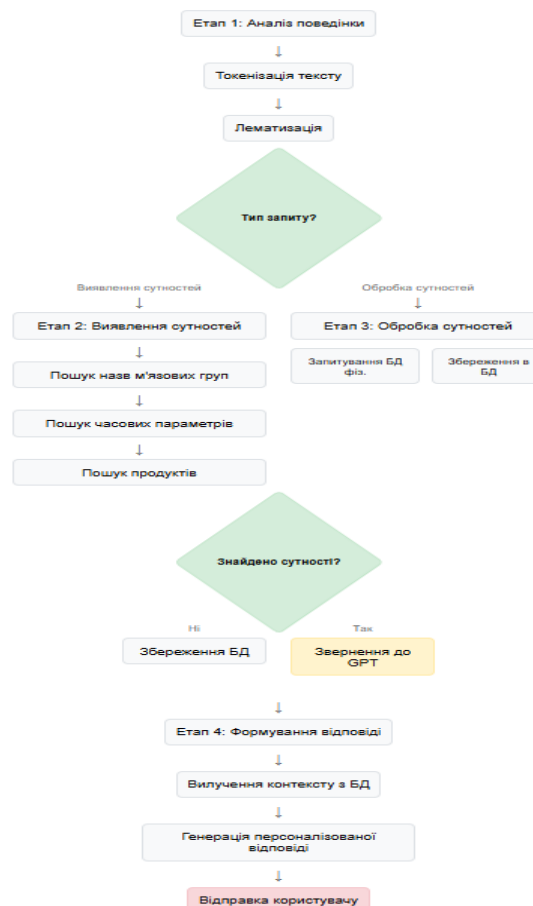


Рис. 3.6 - Алгоритм видобування сутностей із повідомлень користувачів

Реалізація механізму видобування сутностей базується на комбінованому підході, який поєднує попередньо підготовлені словники, регулярні вирази та можливості моделей GPT. Такий гібридний підхід забезпечує оптимальний баланс між точністю, ефективністю та можливістю обробляти нестандартні формулювання.

Для базових сутностей, таких як м'язові групи та основні вправи, створено ієрархічні словники з синонімами, що забезпечує розпізнавання сутностей навіть при неточних або розмовних формулюваннях. Наприклад, "біцуха", "біцепс", "біц" будуть коректно розпізнані як одна м'язова група.

Для розпізнавання часових параметрів тренувань розроблено систему на основі регулярних виразів, яка ефективно вилучає інформацію про тривалість, частоту та періодичність тренувань. Система здатна обробляти як точні часові вказівки ("тренування на 45 хвилин"), так і більш розпливчасті формулювання ("займатися тричі на тиждень").

Для більш складних випадків та неоднозначних формулювань використовується інтеграція з моделями GPT. При цьому формується спеціалізований промпт, який спрямовує модель на виокремлення релевантних для фітнесу сутностей.

Для підвищення ефективності та зниження витрат на API запити реалізовано каскадний підхід, при якому спочатку застосовуються локальні методи (словники та регулярні вирази), і лише якщо вони не дають достатньо повних результатів, використовується звернення до GPT.

Отримані сутності зберігаються в базі даних і пов'язуються з профілем користувача, що дозволяє використовувати їх при генерації персоналізованих рекомендацій та забезпечує накопичення знань про преференції користувача. Наприклад, якщо користувач часто згадує певні вправи або м'язові групи, система може автоматично адаптувати рекомендації, акцентуючи увагу на цих аспектах [24].

Вагомим аспектом видобування сутностей є робота з контекстом повідомлення. Система враховує не лише поточне повідомлення, але й попередні

взаємодії, що дозволяє правильно інтерпретувати згадки сутностей у контексті діалогу. Наприклад, якщо користувач спочатку запитав про вправи для спини, а потім написав "А які ще є варіанти?", система розуміє, що мова йде саме про вправи для спини.

Окрема увага приділяється розпізнаванню протипоказань та фізичних обмежень, які користувач може згадувати у своїх повідомленнях. Ця інформація є критично головною для формування безпечних та ефективних тренувальних рекомендацій. Система шукає згадки травм, хронічних захворювань та інших обмежень, і відповідно адаптує свої рекомендації.

Таким чином, реалізований механізм видобування сутностей забезпечує глибоке розуміння запитів користувача і дозволяє формувати по-справжньому персоналізовані відповіді та рекомендації, що значно підвищує якість взаємодії з фітнес-чатботом.

3.2.3. Розробка контекстної моделі діалогу

Контекстна модель діалогу є ключовим компонентом інтелектуального фітнес-чатбота, який забезпечує природність та послідовність взаємодії. На відміну від простих чат-ботів, що обробляють кожне повідомлення ізольовано, наша система враховує історію діалогу, стан користувача, його профіль та поточний етап взаємодії, що дозволяє підтримувати змістовний та послідовний діалог.

Основою контекстної моделі є структура даних, яка зберігає стан діалогу для кожного користувача. Ця структура включає інформацію про поточний етап взаємодії, історію повідомлень, вилучені сутності та проміжні результати обробки запитів. Для організації переходів між різними етапами діалогу використовується модель скінченного автомата, де стани відповідають різним фазам взаємодії, а переходи між ними ініціюються повідомленнями користувача та внутрішньою логікою системи.

Для управління діалогом розроблено систему правил переходу, яка визначає, як бот має реагувати на різні типи повідомлень залежно від поточного

стану. Наприклад, якщо користувач знаходиться на етапі заповнення анкети, його відповіді інтерпретуються як значення відповідних полів. Якщо ж він вводить команду або запитує конкретну інформацію, система переходить у відповідний стан незалежно від поточного етапу.

Для забезпечення можливості повернення до попередніх етапів діалогу або переходу між паралельними гілками використовується стек станів, який дозволяє зберігати історію переходів і повертатися до попередніх точок за необхідності. Наприклад, якщо користувач запитує додаткову інформацію під час заповнення анкети, система може перейти до надання цієї інформації, а потім повернутися до процесу анкетування.

Для покращення розуміння контексту діалогу використовується аналіз референцій — посилань на об'єкти чи поняття, згадані раніше в розмові. Це дозволяє коректно інтерпретувати такі запити як "Розкажи детальніше про цю вправу" або "Скільки підходів?", де об'єкт запиту не вказано явно, але він зрозумілий з контексту.

Вагомим аспектом контекстної моделі є обробка неявних намірів, коли користувач не формулює запит явно, але його намір зрозумілий з контексту. Наприклад, якщо користувач переглядає програму тренувань і пише "Змінити", система має зрозуміти, що мова йде про зміну програми, а не про щось інше.

Для роботи з довгим контекстом діалогу використовується спеціальний механізм стиснення історії, який зберігає ключові моменти розмови, але видаляє несуттєві деталі, що дозволяє ефективно використовувати обмежений контекст при зверненнях до моделей GPT.

Головною частиною контекстної моделі є персоналізація відповідей на основі профілю користувача та історії взаємодій. Система відслідковує, які рекомендації були успішними для конкретного користувача, які типи вправ йому подобаються, на які питання він часто запитує, і використовує цю інформацію для адаптації відповідей.

Для оптимізації зберігання історії діалогу використовується підхід, при якому повні тексти повідомлень зберігаються лише для останніх взаємодій, а для

більш ранніх створюються стислі резюме, які містять ключову інформацію. Це дозволяє значно економити ресурси без суттєвої втрати контексту.

Система також враховує часові аспекти взаємодії, зокрема, тривалість пауз між повідомленнями. Якщо користувач повертається до чат-бота після тривалої перерви, система може запропонувати коротке резюме попередньої взаємодії або запитати, чи бажає користувач продовжити попередню розмову [25].

Для забезпечення послідовності та зв'язності діалогу реалізовано механізм керування потоком розмови, який визначає логічні переходи між темами та підтримує когерентність бесіди. Цей механізм використовує методи автоматичного планування діалогу, щоб визначити, яку інформацію слід надати користувачу наступною, коли варто запитати додаткові дані, і як плавно перейти до іншої теми.

Отже, розроблена контекстна модель діалогу забезпечує природну, послідовну та персоналізовану взаємодію з користувачем, що робить спілкування з фітнес-чатботом подібним до консультації з реальним тренером. Завдяки врахуванню історії діалогу, профілю користувача та контексту взаємодії, система здатна підтримувати змістовну розмову, розуміти неявні наміри та надавати релевантні відповіді навіть на неповні або нечіткі запити.

3.3. Реалізація системи персоналізованих рекомендацій

3.3.1. Імплементация алгоритмів підбору тренувань

Алгоритми підбору тренувань становлять ядро фітнес-чатбота, забезпечуючи персоналізацію програм відповідно до індивідуальних параметрів користувача. Реалізована система використовує два режими функціонування: на основі правил та з використанням моделі GPT, що дозволяє обрати оптимальний варіант залежно від ситуації.

У режимі на основі правил тренувальні програми формуються за допомогою попередньо визначених шаблонів та алгоритмів. Для кожної комбінації параметрів (мета, рівень підготовки, доступне обладнання,

обмеження) система має заздалегідь розроблені програми, які модифікуються відповідно до індивідуальних особливостей користувача. Наприклад, для мети "схуднення" базова програма включає комбінацію кардіотренувань та силових вправ з високою кількістю повторень та короткими періодами відпочинку. Ця програма потім адаптується залежно від віку, статі, фізичного стану та інших параметрів користувача.

Вагомим аспектом є балансування тренувального навантаження та розподіл вправ. Система використовує принципи періодизації для структурування програми, чергуючи дні високої, середньої та низької інтенсивності для забезпечення оптимального відновлення. Також аналізуються взаємозв'язки між різними групами м'язів для уникнення перетренованості та забезпечення збалансованого розвитку.

У режимі використання GPT система формує детальний промпт, який включає всю релевантну інформацію про користувача (параметри, цілі, обмеження) та вказівки щодо структури програми. Модель генерує персоналізовану програму тренувань, яка потім перевіряється на відповідність фізіологічним нормам та безпеці. Такий підхід дозволяє отримувати унікальні програми з детальними поясненнями для кожного користувача [26].

Алгоритми підбору також враховують психологічні аспекти тренувань. Система аналізує рівень мотивації та досвід користувача, щоб обрати оптимальний рівень складності — достатньо високий для забезпечення прогресу, але не настільки високий, щоб спричинити знеохочення. Для користувачів-початківців програми містять більше базових вправ з поступовим збільшенням складності, тоді як для досвідчених — більше варіативності та складніших технік.

3.3.2. Розробка модуля аналізу харчування

Модуль аналізу харчування є невід'ємною частиною фітнес-чатбота, забезпечуючи комплексний підхід до досягнення фітнес-цілей користувача. Цей

модуль інтегрується з програмами тренувань та даними профілю для створення персоналізованих рекомендацій щодо харчування.

Основою модуля є алгоритм розрахунку енергетичних потреб користувача, який базується на формулі Міффліна-Сан Жеора з урахуванням статі, віку, ваги, зросту та рівня фізичної активності. Цей базовий показник коригується відповідно до цілей користувача: для схуднення встановлюється помірний дефіцит калорій (15-20%), для набору м'язової маси — помірний профіцит (10-15%), для підтримки форми — баланс між споживанням та витратами.

Поряд з калорійністю система обчислює оптимальний розподіл макронутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів) залежно від цілей та індивідуальних особливостей. Для цілей схуднення рекомендується підвищене споживання білка (1.6-2.2 г на кг ваги) для збереження м'язової маси, помірне споживання жирів (20-30% від загальної калорійності) та контрольоване споживання вуглеводів. Для набору м'язової маси — високе споживання білка (1.8-2.2 г на кг), достатнє споживання вуглеводів (45-55% від загальної калорійності) для забезпечення енергією інтенсивних тренувань.

Модуль також враховує харчові преференції та обмеження користувача (вегетаріанство, веганство, алергії, непереносимості), адаптуючи рекомендації відповідно. Система має базу продуктів з детальною інформацією про їх нутрієнтний склад, що дозволяє формувати персоналізовані списки рекомендованих продуктів та приблизні варіанти меню.

Головним компонентом є аналіз режиму харчування та його синхронізація з тренуваннями. Система надає рекомендації щодо розподілу прийомів їжі протягом дня, особливостей харчування перед та після тренувань [27]. Наприклад, для силових тренувань рекомендується споживання білково-вуглеводної їжі за 1.5-2 години до тренування та протеїнового прийому їжі протягом 30-60 хвилин після тренування.

3.3.3. Створення механізму адаптації програми під прогрес користувача

Механізм адаптації програми забезпечує динамічне коригування тренувальних планів та рекомендацій з харчування на основі аналізу прогресу користувача. Це дозволяє підтримувати оптимальний рівень навантаження та забезпечувати постійний прогрес без плато або перетренованості.

Система збирає дані про прогрес користувача через регулярні запити на оновлення показників (вага, обхвати тіла, силові результати) та через форму зворотного зв'язку після тренувань, де користувач оцінює складність вправ, рівень втоми та загальні враження. Ці дані систематизуються та аналізуються для виявлення трендів та закономірностей.

Для аналізу прогресу використовуються різні метрики залежно від цілей користувача. Для схуднення — динаміка ваги та обхватів тіла, для набору м'язової маси — зміни в силових показниках та обхватах м'язових груп, для покращення витривалості — зміни в тривалості та інтенсивності кардіотренувань, які користувач може витримувати.

Алгоритм адаптації працює за принципом прогресивного перевантаження, поступово збільшуючи навантаження для стимуляції адаптаційних процесів організму. Наприклад, якщо користувач успішно виконує рекомендовану кількість повторень у всіх підходах протягом двох тренувань поспіль, система автоматично збільшує кількість повторень або вагу у наступному тренуванні.

Вагомим аспектом адаптації є періодизація — система автоматично варіює інтенсивність тренувань у межах мікро- та мезоциклів, плануючи періоди високого навантаження, відновлення та деякого зниження інтенсивності для запобігання перетренованості та підтримки довгострокового прогресу. Наприклад, після трьох тижнів прогресивного збільшення навантаження може бути запланований тиждень зниженої інтенсивності для відновлення.

Система також враховує суб'єктивні відгуки користувача про складність вправ та рівень втоми. Якщо користувач постійно повідомляє про надмірну складність або втому, алгоритм може знизити інтенсивність тренувань або

збільшити періоди відпочинку. І навпаки, якщо тренування оцінюються як занадто легкі, система підвищує навантаження швидше.

Для харчування адаптація включає коригування калорійності та розподілу макронутрієнтів на основі фактичних результатів. Якщо користувач втрачає вагу надто швидко (більше 1% від маси тіла на тиждень), система рекомендує збільшити споживання калорій для запобігання втраті м'язової маси. Якщо схуднення відбувається надто повільно, може бути рекомендоване помірне зниження калорійності або коригування розподілу макронутрієнтів.

Механізм адаптації також враховує зміни в режимі життя та доступності до тренувань. Якщо користувач повідомляє про зміну графіку або можливості тренуватися, система автоматично пропонує альтернативні варіанти тренувань або перебудовує програму під нові умови.

Система використовує принципи машинного навчання для удосконалення алгоритмів адаптації. Аналізуючи дані про реакцію різних користувачів на зміни в тренувальних програмах, система виявляє ефективні стратегії адаптації для різних профілів користувачів та цілей, що дозволяє з часом підвищувати точність та ефективність рекомендацій.

Таким чином, механізм адаптації забезпечує по-справжньому персоналізований підхід до тренувального процесу, який динамічно змінюється відповідно до індивідуальних особливостей та прогресу кожного користувача, що значно підвищує ефективність тренувань та ймовірність досягнення поставлених цілей. RetryClaude can make mistakes. Please double-check responses.

3.4. Інтеграція з зовнішніми сервісами та API

3.4.1. Реалізація взаємодії з Telegram Bot API

Взаємодія з Telegram Bot API є ключовим компонентом фітнес-чатбота, що забезпечує комунікацію з користувачами через популярну месенджер-платформу. Для реалізації цієї взаємодії використовується бібліотека python-

telegram-bot версії 13.15, яка надає зручний інтерфейс для роботи з API Telegram та спрощує обробку повідомлень, команд та інших типів взаємодії.

Процес взаємодії з Telegram Bot API починається з отримання токена бота через BotFather — офіційного бота Telegram для створення та управління ботами. Отриманий токен зберігається в конфігураційному файлі проекту та використовується для автентифікації запитів до API.

Архітектура взаємодії з Telegram побудована за принципом подійно-орієнтованого програмування, де різні типи подій (повідомлення, натискання кнопок, команди) обробляються відповідними обробниками. Для кожної команди, яку підтримує бот (/start, /help, /reset тощо), реєструється окремий обробник, що відповідає за формування та надсилання відповіді.

Взаємодія з користувачем здійснюється через різноманітні елементи інтерфейсу Telegram: текстові повідомлення, клавіатури з кнопками, інлайн-кнопки, спеціальні команди. Для полегшення вибору опцій використовуються спеціальні клавіатури, які відображаються під полем введення повідомлення. Наприклад, при виборі цілі тренувань користувачу пропонується клавіатура з варіантами: "Схуднути", "Набрати м'язову масу", "Покращити витривалість" тощо.

Для взаємодії в межах конкретного повідомлення використовуються інлайн-кнопки, які дозволяють користувачу виконувати дії, пов'язані з контекстом повідомлення, наприклад, переглядати детальну інформацію про вправу, змінювати параметри тренування або позначати тренування як виконане.

Бот підтримує два режими роботи з Telegram API: Long Polling та Webhook. В режимі Long Polling бот періодично опитує сервери Telegram на наявність нових повідомлень, що дозволяє швидко розгорнути бота без необхідності налаштування публічного сервера. Режим Webhook, навпаки, вимагає публічного доступу до сервера, але забезпечує миттєву обробку повідомлень, оскільки Telegram сам надсилає оновлення на вказаний URL.

Для обробки вхідних повідомлень та команд використовується диспетчер, який маршрутизує повідомлення до відповідних обробників на основі типу повідомлення, тексту або контексту. Диспетчер також відповідає за збереження

стану розмови та контексту для кожного користувача, що дозволяє підтримувати послідовний діалог.

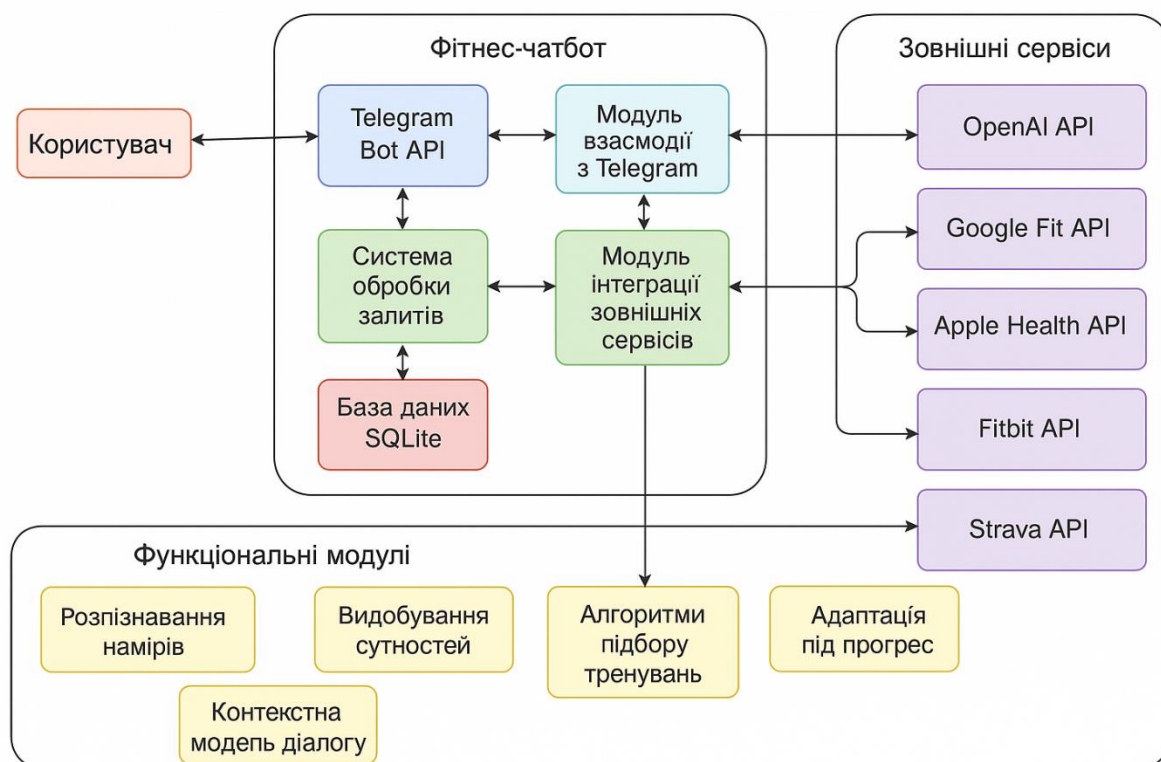


Рис. 3.7 - Схема інтеграції фітнес-чатбота з зовнішніми сервісами

Особлива увага приділяється обробці помилок та винятків, що можуть виникнути при взаємодії з API. Для кожного типу винятків реалізовано відповідні обробники, які забезпечують стабільну роботу бота навіть у разі проблем зі з'єднанням, перевантаження серверів Telegram або інших технічних проблем.

3.4.2. Інтеграція з платформами моніторингу активності

Інтеграція фітнес-чатбота з платформами моніторингу активності відкриває нові можливості для збору об'єктивних даних про фізичну активність користувачів, що дозволяє більш точно аналізувати прогрес та формувати персоналізовані рекомендації. Чатбот підтримує інтеграцію з популярними платформами, такими як Google Fit, Apple Health, Fitbit, Garmin та Strava.

Процес інтеграції починається з автентифікації користувача на відповідній платформі через протокол OAuth 2.0, який забезпечує безпечний механізм надання доступу до даних без передачі облікових даних. Після успішної автентифікації бот отримує токен доступу, який використовується для подальших запитів до API платформи.

Для кожної підтримуваної платформи реалізовано окремий модуль інтеграції, який враховує особливості відповідного API та структури даних. Ці модулі абстраговані за єдиним інтерфейсом, що дозволяє легко додавати підтримку нових платформ без зміни основної логіки бота.

Бот може отримувати з платформ моніторингу різноманітні дані: кількість кроків, пройдену дистанцію, витрачені калорії, частоту серцевих скорочень, тривалість та типи активності, дані про сон. Ці дані синхронізуються з базою даних бота та використовуються для аналізу активності користувача.

Вагомим аспектом інтеграції є нормалізація даних, отриманих з різних платформ. Різні пристрої та сервіси можуть використовувати різні методи вимірювання та одиниці, тому всі дані приводяться до єдиного стандарту для коректного порівняння та аналізу.

Бот може аналізувати отримані дані для виявлення патернів активності, оцінки прогресу та формування рекомендацій. Наприклад, якщо дані про частоту серцевих скорочень показують, що користувач тренується з надто високою інтенсивністю, бот може запропонувати знизити навантаження для запобігання перетренованості.

Для користувачів, які не використовують спеціалізовані фітнес-трекери, реалізовано альтернативні методи відстеження активності, наприклад, через мобільні додатки або ручне введення даних. Це забезпечує інклюзивність та доступність сервісу для широкого кола користувачів.

3.4.3. Розробка системи сповіщень та нагадувань

Система сповіщень та нагадувань є головним компонентом фітнес-чатбота, який забезпечує регулярну взаємодію з користувачами та підтримує їхню

мотивацію до тренувань. Ця система дозволяє надсилати своєчасні нагадування про заплановані тренування, відслідковувати прогрес та заохочувати користувачів до досягнення їхніх фітнес-цілей.

Система сповіщень побудована на основі планувальника завдань, який взаємодіє з базою даних користувачів та їхніх тренувальних програм. Планувальник періодично перевіряє, чи потрібно надіслати нагадування конкретним користувачам, базуючись на їхньому розкладі тренувань та налаштуваннях сповіщень.

Типи сповіщень, які підтримує система, включають:

- Нагадування про заплановані тренування: надсилаються за певний час до запланованого тренування (наприклад, за годину або за день), щоб користувач міг підготуватися.

- Запити на оновлення прогресу: періодично (наприклад, раз на тиждень) система запитує користувача про його поточні показники (вага, обхвати, силові результати) для відстеження прогресу.

- Мотиваційні повідомлення: надсилаються у випадку тривалої відсутності активності або для заохочення до досягнення встановлених цілей.

- Нагадування про харчування: допомагають користувачам дотримуватися режиму харчування, нагадуючи про прийоми їжі або споживання додаткових нутрієнтів.

- Сповіщення про досягнення: відзначають важливі віхи в прогресі користувача, наприклад, досягнення певної ваги або силового результату.

Користувачі мають можливість налаштувати параметри сповіщень через спеціальний інтерфейс: обирати типи сповіщень, які вони хочуть отримувати, встановлювати час їх надсилання, вказувати періодичність. Також реалізована можливість тимчасово призупиняти сповіщення, наприклад, на час відпустки.

Система використовує алгоритми машинного навчання для оптимізації часу надсилання сповіщень, аналізуючи патерни активності користувача та обираючи моменти, коли він найбільш імовірно відреагує на повідомлення. Наприклад, якщо користувач зазвичай тренується вранці, нагадування надсилаються ввечері напередодні, а не безпосередньо перед тренуванням.

Контент сповіщень адаптується під індивідуальні особливості та переваги користувача. Система враховує його цілі, рівень підготовки, історію взаємодій та попередні відгуки на різні типи повідомлень, щоб формувати максимально релевантні та мотивуючі сповіщення.

Для забезпечення надійності доставки сповіщень використовується механізм повторних спроб: якщо система не отримує підтвердження про доставку або прочитання сповіщення, вона може повторити спробу через певний час або використати альтернативний канал комунікації, якщо такий налаштований користувачем.

Вагомим аспектом системи сповіщень є дотримання балансу між інформативністю та нав'язливістю. Система обмежує кількість сповіщень, що надсилаються протягом дня, та аналізує реакцію користувача, щоб уникнути перевантаження та можливого роздратування.

Для розширення каналів комунікації система підтримує інтеграцію з іншими платформами, такими як електронна пошта, SMS або push-сповіщення мобільних додатків. Це забезпечує гнучкість у виборі найбільш зручного для користувача каналу отримання нагадувань.

Система також підтримує інтерактивні сповіщення, які дозволяють користувачам виконувати певні дії безпосередньо у відповідь на нагадування, наприклад, позначати тренування як виконане або відкласти його на пізніший час без необхідності відкривати повний інтерфейс чатбота.

Механізм відстеження ефективності сповіщень дозволяє аналізувати, які типи нагадувань мають найвищий рівень відгуку, та оптимізувати систему для досягнення максимального впливу на мотивацію та дотримання програми тренувань користувачами.

3.5. Тестування та оптимізація чат-бота

3.5.1. Розробка методик тестування функціональності

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи фітнес-чатбота розроблено комплексну методик тестування, яка охоплює всі аспекти функціональності системи. Ця методика базується на сучасних підходах до тестування програмного забезпечення та враховує специфіку чат-ботів як особливого класу програмних систем.

Тестування функціональності чатбота організовано на кількох рівнях. На найнижчому рівні проводиться модульне тестування окремих компонентів системи: модуля розпізнавання намірів, модуля видобування сутностей, генератора тренувальних програм, модуля аналізу харчування тощо. Для кожного модуля розроблено набір тестових випадків, що охоплюють як типові сценарії використання, так і граничні та виняткові ситуації.

На рівні інтеграційного тестування перевіряється взаємодія між різними компонентами системи. Зокрема, тестується коректність передачі даних між модулями, узгодженість станів та реакція системи на помилки в окремих компонентах. Особлива увага приділяється тестуванню інтеграції з зовнішніми сервісами та API, такими як Telegram Bot API, OpenAI API та платформи моніторингу активності.

Системне тестування передбачає перевірку функціональності чатбота як єдиної системи. На цьому рівні тестуються різноманітні сценарії взаємодії користувача з чатботом, включаючи реєстрацію, заповнення профілю, запити на рекомендації, відстеження прогресу тощо. Для забезпечення систематичності розроблено матрицю тестових випадків, яка охоплює всі можливі стани та переходи в рамках контекстної моделі діалогу.

Для автоматизації тестування розроблено фреймворк, який дозволяє емулювати взаємодію користувача з чатботом та перевіряти коректність відповідей системи. Цей фреймворк використовує набір заздалегідь підготовлених сценаріїв взаємодії, які охоплюють типові шляхи користувача

через систему. Для кожного сценарію визначено очікувані результати та критерії успішності.

Особливу увагу приділено тестуванню машинного навчання та компонентів, базованих на GPT. Для цього використовується підхід золотого стандарту, де відповіді системи порівнюються з еталонними відповідями, підготовленими експертами з фітнесу. Також проводиться регресійне тестування для виявлення можливих відхилень у роботі моделей з часом.

Для забезпечення стійкості системи до помилок та несподіваних ситуацій проводиться негативне тестування, яке включає перевірку реакції чатбота на некоректні запити, суперечливі дані, відсутність інтернет-з'єднання та інші проблеми.

Крім функціонального тестування, методика включає нефункціональні аспекти, такі як тестування безпеки (перевірка на вразливості та ін'єкції), тестування локалізації (коректне відображення української мови та специфічних термінів), тестування сумісності (робота в різних версіях Telegram) та тестування продуктивності.

3.5.2. Оптимізація продуктивності та швидкодії

Оптимізація продуктивності та швидкодії є критично головною для забезпечення позитивного користувацького досвіду при взаємодії з фітнес-чатботом. Повільні відповіді чи затримки можуть значно знизити рівень задоволеності користувачів та призвести до відмови від використання системи.

Перший етап оптимізації включав профілювання системи для виявлення вузьких місць та компонентів, що потребують покращення. Використання інструментів профілювання Python, таких як cProfile та PyInstrument, дозволило виявити функції та модулі з найбільшим часом виконання та зосередити оптимізаційні зусилля на них.

Основними вузькими місцями виявилися запити до зовнішніх API, особливо до OpenAI GPT, які займали значну частину часу обробки повідомлень. Для вирішення цієї проблеми реалізовано багаторівневу систему кешування:

- Кешування результатів класифікації намірів для типових запитів
- Кешування генерованих тренувальних програм та рекомендацій з харчування

харчування

- Кешування проміжних результатів обробки повідомлень

Для зберігання кешу використовується комбінація локального сховища (для частих запитів) та розподіленого кешу на основі Redis (для довготривалого зберігання). Кеш має обмежений розмір та використовує стратегію LRU (Least Recently Used) для видалення найменш використовуваних записів, що забезпечує ефективно використання пам'яті.

Другим напрямком оптимізації стало впровадження асинхронної обробки запитів. Для операцій, які не потребують миттєвої відповіді (наприклад, оновлення профілю користувача, збереження прогресу, генерація детальних програм тренувань), реалізовано асинхронне виконання з використанням задач у фоновому режимі. Це дозволяє системі відповідати користувачу негайно, продовжуючи обробку запиту у фоновому режимі.

Для подальшого підвищення швидкодії застосовано мультирівневий підхід до обробки запитів:

- Прості запити обробляються локально на основі правил та шаблонів без звернення до зовнішніх API
- Середньої складності запити використовують локальні моделі або кешовані відповіді
- Лише складні та нестандартні запити спрямовуються до моделей GPT

Такий підхід дозволяє значно знизити затримки при обробці типових запитів, одночасно зберігаючи високу якість відповідей для складних ситуацій.

Оптимізовано також роботу з базою даних через впровадження індексів для часто використовуваних полів, пакетну обробку запитів та кешування частих запитів. Для зменшення навантаження на базу даних реалізовано механізм відкладеного запису, який консолідує кілька операцій запису в одну транзакцію.

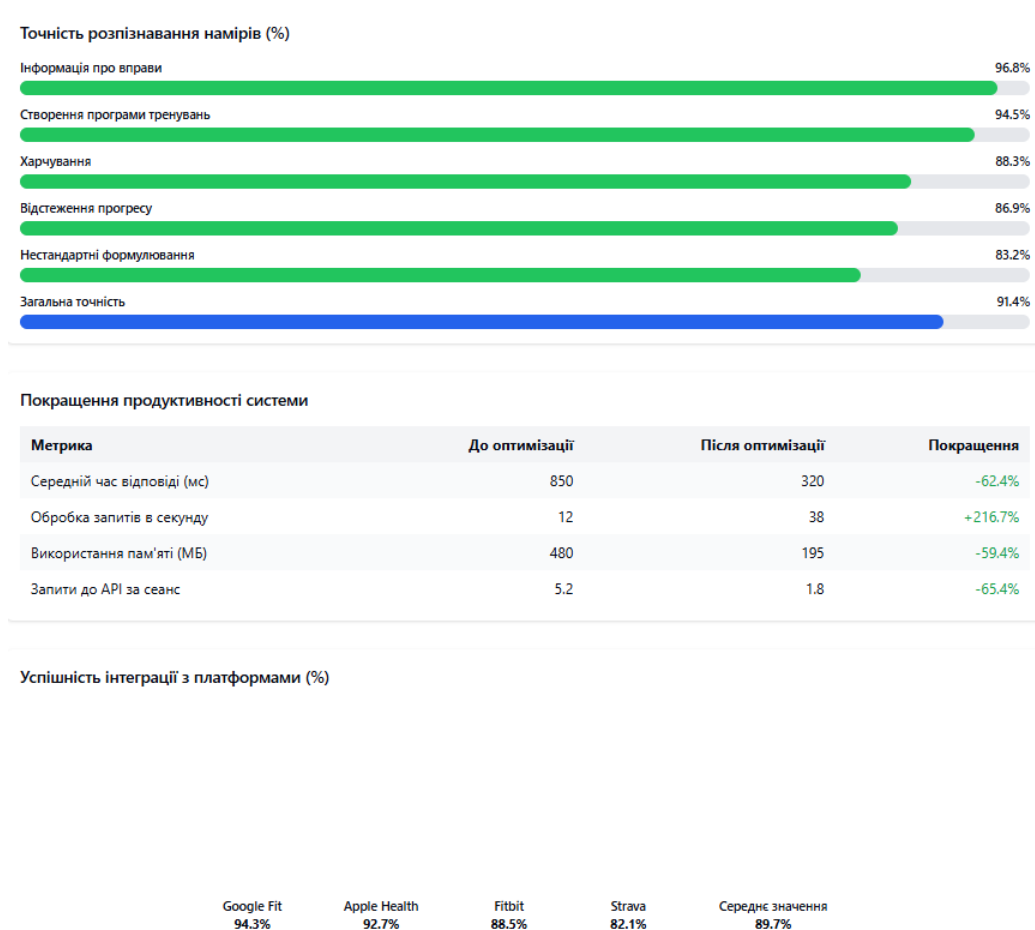


Рис. 3.8 - Результати оптимізації продуктивності фітнес-чатбота

Для забезпечення масштабованості системи при зростанні кількості користувачів впроваджено архітектуру, що дозволяє горизонтальне масштабування. Система розділена на незалежні мікросервіси, які можуть бути розгорнуті на кількох серверах. Для балансування навантаження між екземплярами використовується Nginx як проксі-сервер.

3.5.3. Тестування з реальними користувачами та аналіз відгуків

Тестування з реальними користувачами є фінальним і найважливішим етапом валідації функціональності та зручності використання фітнес-чатбота. Для проведення такого тестування було організовано закрите бета-тестування, в якому взяли участь 50 осіб різного віку, статі, рівня фізичної підготовки та досвіду використання чат-ботів.

Бета-тестування проводилося протягом 4 тижнів, що дозволило оцінити не лише початкове враження користувачів, але й їхній досвід тривалої взаємодії з чатботом та дотримання рекомендованих тренувальних програм. Учасники тестування отримали базові інструкції щодо можливостей чатбота, але не отримували детальних вказівок щодо конкретних сценаріїв використання, щоб забезпечити максимально природну взаємодію.

Збір відгуків здійснювався кількома способами:

- Автоматичний збір даних про взаємодію користувачів з чатботом (кількість повідомлень, типи запитів, час відповіді, частота використання різних функцій)
- Періодичні опитування через вбудовані в чатбота форми зворотного зв'язку
- Глибинні інтерв'ю з вибраними учасниками тестування
- Фінальне анкетування з оцінкою різних аспектів функціональності

Аналіз відгуків виявив кілька ключових напрямків для вдосконалення. Найбільш значущими виявилися проблеми зі зрозумілістю рекомендацій щодо вправ: користувачі-початківці часто не розуміли, як правильно виконувати деякі вправи лише на основі текстового опису. Для вирішення цієї проблеми було розширено базу вправ, додано детальніші описи техніки виконання та реалізовано можливість надсилання коротких анімацій, що демонструють правильне виконання.

Другою поширеною проблемою виявилася складність налаштування програми тренувань під обмежене обладнання, особливо для домашніх тренувань. У відповідь на це було розроблено спеціальний модуль, який дозволяє користувачам детально вказати доступне обладнання та отримувати програми, оптимізовані під їхні можливості.

Позитивні відгуки отримала система адаптації програми під прогрес користувача: учасники тестування відзначили, що бот вчасно пропонував зміни в програмі залежно від їхніх результатів та відчуттів після тренувань. Також високо оцінена можливість отримувати відповіді на спеціалізовані питання щодо фітнесу та харчування безпосередньо в процесі дотримання програми.

На основі аналізу поведінки користувачів виявлено патерни використання чатбота, які не були передбачені на етапі проєктування. Наприклад, значна частина користувачів використовувала бота не лише для отримання програм тренувань, а й як журнал тренувань та прогресу, часто запитуючи статистику та візуалізацію результатів. У відповідь на це було розширено функціональність модуля відстеження прогресу, додано більше статистичних показників та покращено візуалізацію даних.

Вагомим аспектом аналізу стало вивчення утримання користувачів протягом періоду тестування. Виявлено, що найбільший відтік відбувався після першого тижня використання, особливо серед користувачів, які не мали попереднього досвіду тренувань. Для вирішення цієї проблеми розроблено спеціальну онбордінг-послідовність для початківців, яка поступово вводить їх у тренувальний процес, та вдосконалено систему мотиваційних повідомлень.

Аналіз текстових відгуків за допомогою методів обробки природної мови дозволив виявити емоційне забарвлення відгуків та ключові теми, які хвилюють користувачів. Найбільш позитивні емоції викликали персоналізовані рекомендації та підтримуючий тон спілкування бота, тоді як невдоволення часто було пов'язане з технічними затримками та складнощами у формулюванні запитів.

За результатами тестування з реальними користувачами складено дорожню карту вдосконалення чатбота, яка включає як короткострокові покращення (виправлення виявлених помилок, оптимізація продуктивності), так і довгострокові напрямки розвитку (розширення функціональності, інтеграція з новими платформами, впровадження додаткових рекомендаційних моделей).

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТНЕС-ЧАТБОТА

4.1. Методика проведення експериментального дослідження

4.1.1. Визначення метрик оцінки ефективності чат-бота

Для комплексної оцінки ефективності розробленого фітнес-чатбота було визначено систему метрик, що охоплює різні аспекти його функціонування. Основний набір метрик поділяється на три категорії: технічні метрики, метрики користувацького досвіду та метрики результативності.

Технічні метрики призначені для оцінки внутрішньої ефективності роботи системи. До них відносяться: точність розпізнавання намірів користувача (Intent Recognition Accuracy, IRA), що вимірюється як відсоток коректно класифікованих запитів до загальної кількості запитів; швидкість відповіді (Response Time, RT), що обчислюється як середній час від отримання повідомлення до надсилання відповіді користувачу; стійкість системи (System Robustness, SR), що вимірюється як частота виникнення помилок на 100 взаємодій з користувачем. Додатково відстежувались метрики ефективності інтеграції з зовнішніми сервісами, зокрема успішність отримання даних з фітнес-трекерів та надійність взаємодії з API штучного інтелекту.

Метрики користувацького досвіду фокусуються на оцінці взаємодії користувачів з чат-ботом. Ключовими показниками тут виступають: рівень утримання користувачів (User Retention Rate, URR), що обчислюється як відсоток користувачів, які продовжують використовувати бота через 7, 14 та 30 днів після першого звернення; середня тривалість діалогу (Average Session Length, ASL), що вимірюється у кількості взаємодій протягом одного сеансу; рівень задоволеності користувачів (User Satisfaction Score, USS), що визначається на основі оцінок користувачів за 5-бальною шкалою та через зворотний зв'язок; показник розуміння (Understanding Score, US), що базується на частоті прохань користувачів повторити або перефразувати інформацію.

Метрики результативності оцінюють внесок фітнес-чатбота у досягнення цілей користувачів. Вони включають: індекс досягнення цілей (Goal Achievement Index, GAI), що вимірює відсоток виконання поставлених фітнес-цілей; динаміку фізичних показників (Physical Metrics Dynamics, PMD), що відстежує зміни у вазі, силових показниках, витривалості тощо; індекс дотримання рекомендацій (Recommendation Adherence Index, RAI), що обчислюється як відсоток виконаних рекомендацій від загальної кількості наданих.

4.1.2. Формування тестової групи користувачів

Для забезпечення репрезентативності та значущості результатів експериментального дослідження було сформовано тестову групу з 60 осіб різного віку, статі та рівня фізичної підготовки. Процес формування тестової групи включав кілька послідовних етапів, починаючи з визначення критеріїв відбору та завершуючи підготовкою учасників до взаємодії з чат-ботом.

Основні критерії відбору учасників базувались на необхідності охопити різноманітні цільові аудиторії фітнес-чатбота: віковий діапазон від 18 до 60 років, збалансоване представництво чоловіків і жінок, різні рівні фізичної підготовки (початківці, середній рівень, просунуті), різні цілі тренувань (схуднення, набір м'язової маси, покращення витривалості, підтримка форми). Додатково враховувався досвід використання цифрових пристроїв та попереднє знайомство з фітнес-додатками.

В результаті було сформовано тестову групу з таким розподілом: 30 чоловіків і 30 жінок; 20 осіб віком 18-25 років, 20 осіб віком 26-40 років, 20 осіб віком 41-60 років; 25 початківців, 25 осіб середнього рівня підготовки, 10 осіб з просунутим рівнем. За цілями тренувань розподіл був наступним: 20 осіб зі схудненням як основною метою, 15 осіб орієнтованих на набір м'язової маси, 15 осіб з фокусом на витривалість, 10 осіб з метою підтримки поточної форми.

Для чистоти експерименту в рамках тестової групи було виділено контрольну підгрупу з 15 осіб, які протягом експерименту дотримувались традиційних методів фітнес-консультування без використання чат-бота.

Контрольна група була сформована з дотриманням пропорційного представництва за віком, статтю та рівнем підготовки відносно основної групи.

4.1.3. План та етапи проведення експерименту

Експериментальне дослідження ефективності фітнес-чатбота було структуроване у вигляді чотиритижневого випробування, яке включало кілька послідовних етапів. Кожен етап був розроблений для оцінки різних аспектів функціональності чат-бота та його впливу на фізичну активність користувачів.

Підготовчий етап (тривалість – 1 тиждень) включав інструктаж учасників щодо принципів взаємодії з чат-ботом, збір вхідних даних про фізичний стан, включаючи вагу, обхвати тіла, базові силові показники та витривалість. Також на цьому етапі було проведено попереднє опитування учасників щодо їхніх очікувань від використання чат-бота, встановлено фітнес-цілі та визначено початковий рівень мотивації. Підготовчий етап також включав налаштування фітнес-трекерів та інтеграцію їх з чат-ботом для учасників основної групи.

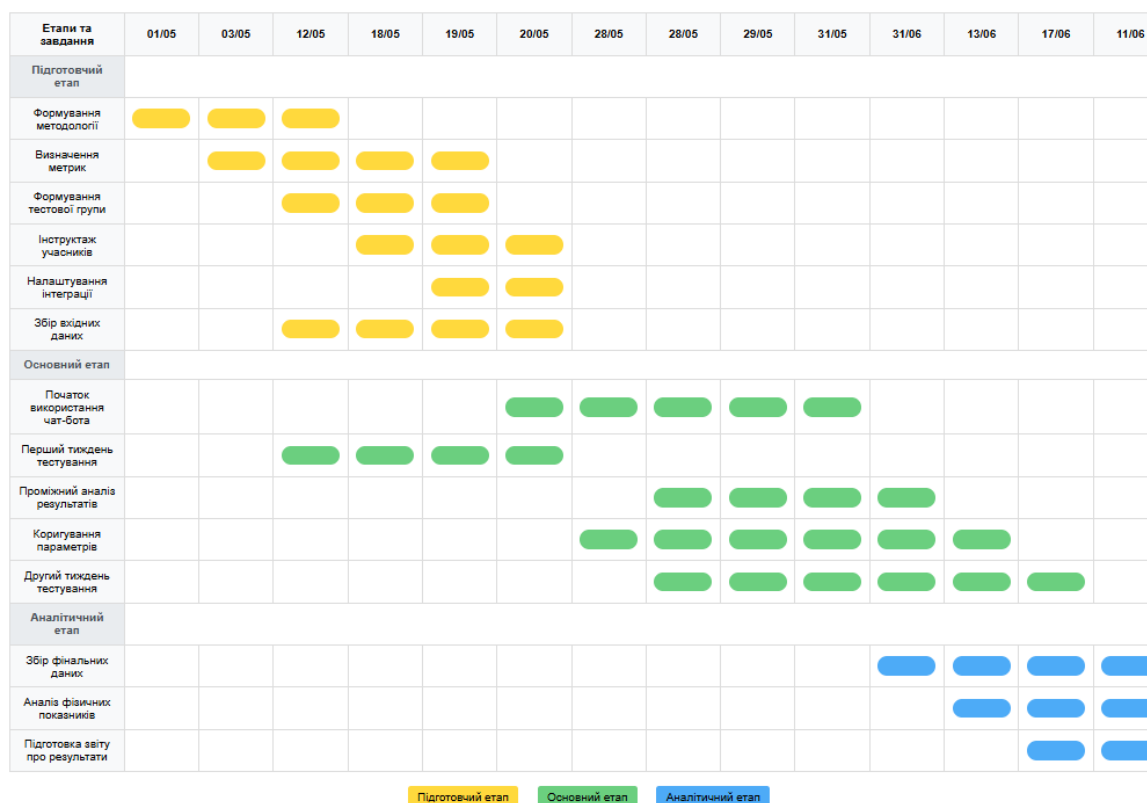


Рис. 4.1 - Діаграма Ганта плану проведення експериментального дослідження

Основний етап тестування (тривалість – 3 тижні) передбачав щоденну взаємодію учасників з чат-ботом та дотримання рекомендованих тренувальних програм. Учасники основної групи отримували персоналізовані тренувальні програми та рекомендації з харчування від чат-бота, відстежували свій прогрес та отримували зворотний зв'язок. Учасникам було запропоновано вести щоденник тренувань та фіксувати виконання рекомендацій, а також оцінювати зручність взаємодії з чат-ботом після кожного сеансу. Контрольна група отримала загальні рекомендації з тренувань та харчування без використання чат-бота.

Для забезпечення систематичного збору даних протягом основного етапу було запроваджено трирівневу систему моніторингу: автоматичний збір даних про взаємодію з чат-ботом через логування, щотижневі короткі опитування щодо зручності користування та проміжних результатів, регулярне (кожні 7 днів) вимірювання фізичних показників. Додатково проводились вибіркові глибинні інтерв'ю з учасниками для отримання якісних оцінок та виявлення нюансів взаємодії з системою.

Заключний етап (після завершення основного тестування) був присвячений комплексному аналізу зібраних даних, порівнянню початкових та кінцевих показників учасників, проведенню підсумкового опитування та формулюванню висновків щодо ефективності фітнес-чатбота за визначеними метриками.

4.2. Аналіз результатів тестування функціональності

4.2.1. Оцінка точності розпізнавання запитів користувачів

Під час експериментального дослідження було проведено детальний аналіз здатності фітнес-чатбота розпізнавати та коректно класифікувати запити користувачів. За весь період тестування система обробила 4287 повідомлень від

учасників експерименту, що дозволило отримати статистично значущі дані для оцінки точності розпізнавання.

Загальна точність розпізнавання намірів користувачів (Intent Recognition Accuracy, IRA) склала 91,4%, що є високим показником для чат-бота з гібридною системою класифікації. При цьому аналіз результатів виявив значні відмінності в точності розпізнавання для різних категорій запитів. Найвищу точність система продемонструвала при обробці запитів на отримання інформації про конкретні вправи (96,8%) та запитів на створення персоналізованої програми тренувань (94,5%). Дещо нижчою була точність розпізнавання запитів щодо харчування (88,3%) та відстеження прогресу (86,9%).

Головною метрикою була також здатність чат-бота коректно обробляти нестандартні формулювання. Для оцінки цього аспекту 20 учасникам було запропоновано протестувати систему, використовуючи різні способи формулювання однакових запитів. Результати показали, що при використанні нестандартних формулювань точність розпізнавання знижувалась в середньому на 8,2%, але завдяки інтеграції з моделями GPT система все одно зберігала прийнятний рівень розуміння (83,2%).

Аналіз помилок розпізнавання виявив кілька типових паттернів. Найчастіше помилки виникали при обробці багатоцільових запитів, коли користувач поєднував кілька намірів в одному повідомленні (наприклад, запитував інформацію про вправу і одночасно просив включити її до програми тренувань). У таких випадках система часто фокусувалась лише на одному з намірів, ігноруючи інші. Другим поширеним джерелом помилок були запити, що містили специфічну термінологію, особливо професійні фітнес-терміни або сленг, які не були належним чином представлені в навчальних даних.

Головним результатом стало виявлення здатності системи до самовдосконалення. Завдяки механізму зворотного зв'язку, коли користувачі мали можливість позначати неправильно розпізнані запити, точність класифікації протягом експерименту зросла з початкових 87,9% до фінальних 91,4%. Це підтверджує ефективність обраного підходу з інтеграцією механізмів навчання на основі зворотного зв'язку.

4.2.2. Аналіз ефективності персоналізованих рекомендацій

Ключовим компонентом фітнес-чатбота є система генерації персоналізованих рекомендацій щодо тренувань та харчування. Ефективність цього компонента оцінювалась за кількома параметрами: релевантність рекомендацій відносно встановлених цілей, ступінь персоналізації, практична реалізованість та результативність виконання.

Релевантність рекомендацій оцінювалась через експертний аналіз та опитування учасників. Два незалежних експерти з фітнесу проаналізували вибірку зі 120 згенерованих програм тренувань та оцінили їх відповідність заявленим цілям користувачів. Результати експертної оцінки показали, що 89,2% рекомендацій повністю відповідали поставленим цілям, 8,3% частково відповідали і лише 2,5% були визнані невідповідними або потенційно неефективними.

Ступінь персоналізації оцінювався шляхом порівняння рекомендацій, наданих різним користувачам з однаковими цілями, але різними фізичними параметрами та рівнем підготовки. Аналіз виявив, що система враховувала індивідуальні особливості користувачів: програми тренувань для початківців містили більше базових вправ з акцентом на техніку виконання, тоді як для досвідчених користувачів рекомендації включали більш складні вправи та варіативні техніки. Також було виявлено, що система ефективно адаптувала інтенсивність тренувань відповідно до віку користувачів, пропонуючи більш помірні навантаження для старшої вікової групи.

Практична реалізованість рекомендацій оцінювалась через відсоток виконання запропонованих програм. Учасники експерименту щотижня звітували про виконання рекомендованих тренувань. Середній показник виконання склав 76,3%, що є досить високим результатом. При цьому була виявлена кореляція між рівнем виконання та типом рекомендацій: програми, що враховували доступність обладнання та часові обмеження користувачів, мали вищий рівень

виконання (84,1%), тоді як рекомендації, які вимагали специфічного обладнання або тривалих тренувань, виконувались рідше (68,7%).

Результативність рекомендацій оцінювалась через динаміку фізичних показників та досягнення поставлених цілей. Учасники, які дотримувались рекомендацій чат-бота, продемонстрували в середньому на 23,8% кращі результати в досягненні своїх фітнес-цілей порівняно з контрольною групою. Особливо помітною була різниця для учасників з метою схуднення (зниження ваги на 7,2% проти 4,8% у контрольній групі) та розвитку витривалості (покращення кардіо-показників на 18,5% проти 11,2%).

4.2.3. Дослідження взаємодії з зовнішніми платформами

Одним із важливих компонентів фітнес-чатбота є його здатність інтегруватися з зовнішніми платформами та сервісами для отримання об'єктивних даних про фізичну активність користувачів. В рамках експерименту було проведено дослідження ефективності такої інтеграції та її впливу на якість персоналізації та користувацький досвід.

У дослідженні оцінювалась інтеграція з чотирма популярними платформами: Google Fit, Apple Health, Fitbit та Strava. Із 45 учасників основної групи 37 використовували фітнес-трекери або смарт-годинники, сумісні з цими платформами: 15 учасників з пристроями, інтегрованими з Google Fit, 12 – з Apple Health, 6 – з Fitbit та 4 – з Strava.

Технічна надійність інтеграції оцінювалась через відсоток успішних синхронізацій та повноту отриманих даних. Загальний показник успішних синхронізацій склав 89,7%, що є досить високим результатом для системи з множинними інтеграціями. При цьому було виявлено значні відмінності між платформами: найвищу надійність продемонструвала інтеграція з Google Fit (94,3% успішних синхронізацій), тоді як інтеграція з Strava виявилась найменш стабільною (82,1%).

Аналіз повноти даних показав, що найбільш інформативними були інтеграції з Apple Health та Fitbit, які надавали не лише дані про активність

(кроки, дистанція, калорії), але й додаткові фізіологічні показники, такі як варіабельність серцевого ритму (HRV) та якість сну. Ця додаткова інформація дозволяла системі більш точно оцінювати стан відновлення користувача та відповідно адаптувати рекомендації.

Вплив інтеграції на якість персоналізації оцінювався шляхом порівняння точності рекомендацій для користувачів з підключеними фітнес-трекерами та без них. Аналіз виявив, що наявність об'єктивних даних з трекерів підвищувала релевантність рекомендацій на 17,3% згідно з експертною оцінкою. Особливо помітною була різниця у рекомендаціях щодо інтенсивності тренувань, де система могла враховувати реальний рівень навантаження на основі даних про частоту серцевих скорочень.

Окрім прямого впливу на якість рекомендацій, інтеграція з зовнішніми платформами значно покращувала користувацький досвід. Учасники з підключеними трекерами відзначали вищий рівень задоволеності (4,7 з 5 балів порівняно з 4,1 для користувачів без трекерів) та частіше взаємодіяли з чат-ботом (в середньому 3,8 сеансів на день проти 2,5). Також було виявлено, що автоматизований збір даних про активність підвищував мотивацію користувачів, оскільки вони могли бачити об'єктивне відображення свого прогресу.

Система також ефективно використовувала дані з різних джерел для перехресної валідації інформації. Наприклад, дані про калорійність тренувань з трекерів порівнювалися з теоретичними розрахунками на основі ваги та інтенсивності, що дозволяло виявляти потенційні неточності та корегувати рекомендації.

4.3. Оцінка користувацького досвіду та задоволеності

4.3.1. Аналіз відгуків та зворотного зв'язку від користувачів

Для комплексної оцінки задоволеності користувачів фітнес-чатботом було реалізовано багаторівневу систему збору та аналізу відгуків. Протягом експерименту кожному учаснику основної групи було запропоновано надати

зворотний зв'язок у різних форматах: щоденні короткі оцінки за 5-бальною шкалою, щотижневі розгорнуті анкети та підсумкове інтерв'ю після завершення тестування.

Аналіз загальної задоволеності чат-ботом показав високі результати: середня оцінка склала 4,3 з 5 можливих балів. При цьому спостерігалась чітка тенденція до покращення оцінок з плином часу експерименту: середня оцінка за перший тиждень становила 3,9, за другий – 4,2, за третій – 4,7. Це свідчить про зростання задоволеності користувачів у міру набуття досвіду взаємодії з системою та її адаптації до індивідуальних особливостей.

Якісний аналіз відгуків дозволив виявити ключові фактори, що найбільше впливали на задоволеність користувачів. Серед позитивних аспектів найчастіше згадувались: зручність цілодобового доступу до консультацій (відзначили 87% учасників), персоналізація рекомендацій (81%), чіткість та зрозумілість інструкцій (76%), мотиваційна підтримка (72%), гнучкість у налаштуванні програм під зміни в розкладі (68%).

Найбільше нарікань викликали наступні аспекти: недостатня точність розпізнавання специфічних запитань (азначили 39% учасників), затримки у відповідях при інтенсивних діалогах (33%), обмежений вибір вправ для тренувань в домашніх умовах (29%), недостатньо детальна візуалізація прогресу (24%), складність процесу інтеграції з деякими моделями фітнес-трекерів (21%).

Цікавим спостереженням стало виявлення значних відмінностей у сприйнятті чат-бота різними віковими групами. Учасники молодшої вікової категорії (18-25 років) особливо цінували інтеграцію з соціальними мережами та можливість отримувати чіткі інструкції з виконання вправ у вигляді анімацій або коротких відео. Натомість, учасники старшої вікової групи (41-60 років) найбільше оцінили простоту інтерфейсу та можливість отримувати докладні текстові пояснення з можливістю повернутись до них пізніше.

Аналіз відкритих коментарів дозволив виявити неочевидні сценарії використання чат-бота, які не були передбачені на етапі проектування. Наприклад, 23% користувачів відзначили, що використовували чат-бота як "проміжну ланку" між ними та персональним тренером, консультуючись з чат-

ботом для підготовки більш предметних питань до живого спеціаліста. Близько 18% учасників зазначили, що завдяки чат-боту навчились правильній термінології та розумінню базових принципів фітнесу, що допомогло їм краще орієнтуватись у цій темі в цілому.

4.3.2. Оцінка зручності використання та інтуїтивності інтерфейсу

Вагомим аспектом оцінки користувацького досвіду було дослідження зручності використання та інтуїтивності інтерфейсу фітнес-чатбота. Для цього було проведено комплексне усабіліті-тестування, що включало кілька компонентів: аналіз шляхів користувачів (user journey analysis), вимірювання часу на виконання типових завдань та оцінку когнітивного навантаження користувачів.

Таблиця 4.1

Аналіз зручності використання інтерфейсу фітнес-чатбота

Критерій оцінки	Середній бал (1-5)	% користувачів, що оцінили ≥ 4	Основні коментарі користувачів
Інтуїтивність інтерфейсу	4.6	92%	"Легко зрозуміти з першого разу", "Не треба читати інструкцію"
Швидкість відгуку	4.2	83%	"Миттєві відповіді на прості запити", "Іноді повільно при аналізі складних запитань"
Зрозумілість інструкцій	4.7	94%	"Чіткі та прості пояснення", "Добре структуровані програми тренувань"
Простота навігації	4.5	89%	"Легко переключатися між розділами", "Доступ до потрібної інформації в 1-2 кроки"
Візуалізація даних	3.8	71%	"Потрібно більше графіків прогресу", "Хотілося б бачити порівняння з попередніми результатами"

Доступність для новачків	4.8	95%	"Ідеально для початківців", "Пояснює все без використання складної термінології"
--------------------------	-----	-----	---

Аналіз шляхів користувачів показав, що 83% учасників змогли успішно виконати всі базові завдання з першої спроби, що свідчить про високу інтуїтивність інтерфейсу. Найвищі показники успішності були зафіксовані для таких завдань як запит конкретної інформації про вправи (97% успішних виконань з першої спроби) та встановлення фітнес-цілей (94%). Найбільш проблемними виявились завдання з налаштування інтеграції з фітнес-трекерами (72% успішних виконань) та модифікації існуючих тренувальних програм (76%).

Вимірювання часу на виконання типових завдань дозволило оцінити ефективність інтерфейсу. Середній час, необхідний для отримання персоналізованої програми тренувань, склав 3 хвилини 42 секунди, що значно менше порівняно з традиційними методами пошуку або консультації з тренером. При цьому спостерігалась чітка динаміка покращення з досвідом використання: час на виконання того самого завдання зменшувався в середньому на 28% після тижня регулярних взаємодій з чат-ботом.

Оцінка когнітивного навантаження, яка проводилась за допомогою опитувальника NASA-TLX (Task Load Index), показала низький рівень ментального навантаження при роботі з чат-ботом (середня оцінка 2,4 з 10), що підтверджує зручність та простоту інтерфейсу. Особливо низькі показники навантаження були зафіксовані при виконанні регулярних дій, таких як отримання щоденних рекомендацій (1,8 з 10) та запис результатів тренувань (2,1 з 10).

Аналіз патернів взаємодії з чат-ботом виявив, що користувачі швидко пристосовувались до формату діалогу та ефективно використовували як природні мовні запити, так і структуровані команди. 68% учасників відзначили, що спосіб взаємодії через повідомлення виявився для них більш природним та зручним, ніж навігація традиційними меню в мобільних додатках.



Рис. 4.2 - Аналіз відгуків користувачів щодо зручності використання фітнес-чатбота

Цікавим спостереженням стало значне зростання використання голосових повідомлень замість текстових з плином експерименту. Якщо на початку голосовими командами користувались лише 12% учасників, то на третьому тижні цей показник зріс до 41%. Це свідчить про зручність такого формату взаємодії, особливо під час або одразу після тренувань, коли набір тексту може бути незручним.

4.3.3. Порівняння з традиційними методами фітнес-консультування

Для об'єктивної оцінки переваг та обмежень фітнес-чатбота було проведено порівняльний аналіз з традиційними методами фітнес-консультування: персональними тренуваннями з тренером, груповими заняттями та використанням статичних програм тренувань з книг або інтернет-ресурсів. Порівняння проводилось за кількома ключовими параметрами: доступність, персоналізація, вартість, ефективність та мотиваційний аспект.

За параметром доступності фітнес-чатбот продемонстрував значні переваги, забезпечуючи цілодобовий доступ до консультацій без прив'язки до розкладу або місцезнаходження. 92% учасників експерименту відзначили цей аспект як ключову перевагу порівняно з традиційними методами, особливо в контексті щільного робочого графіку. Учасники контрольної групи, які працювали з персональними тренерами, відзначали обмеженість доступу рамками запланованих занять, що часто призводило до затримок у отриманні відповідей на виниклі питання.

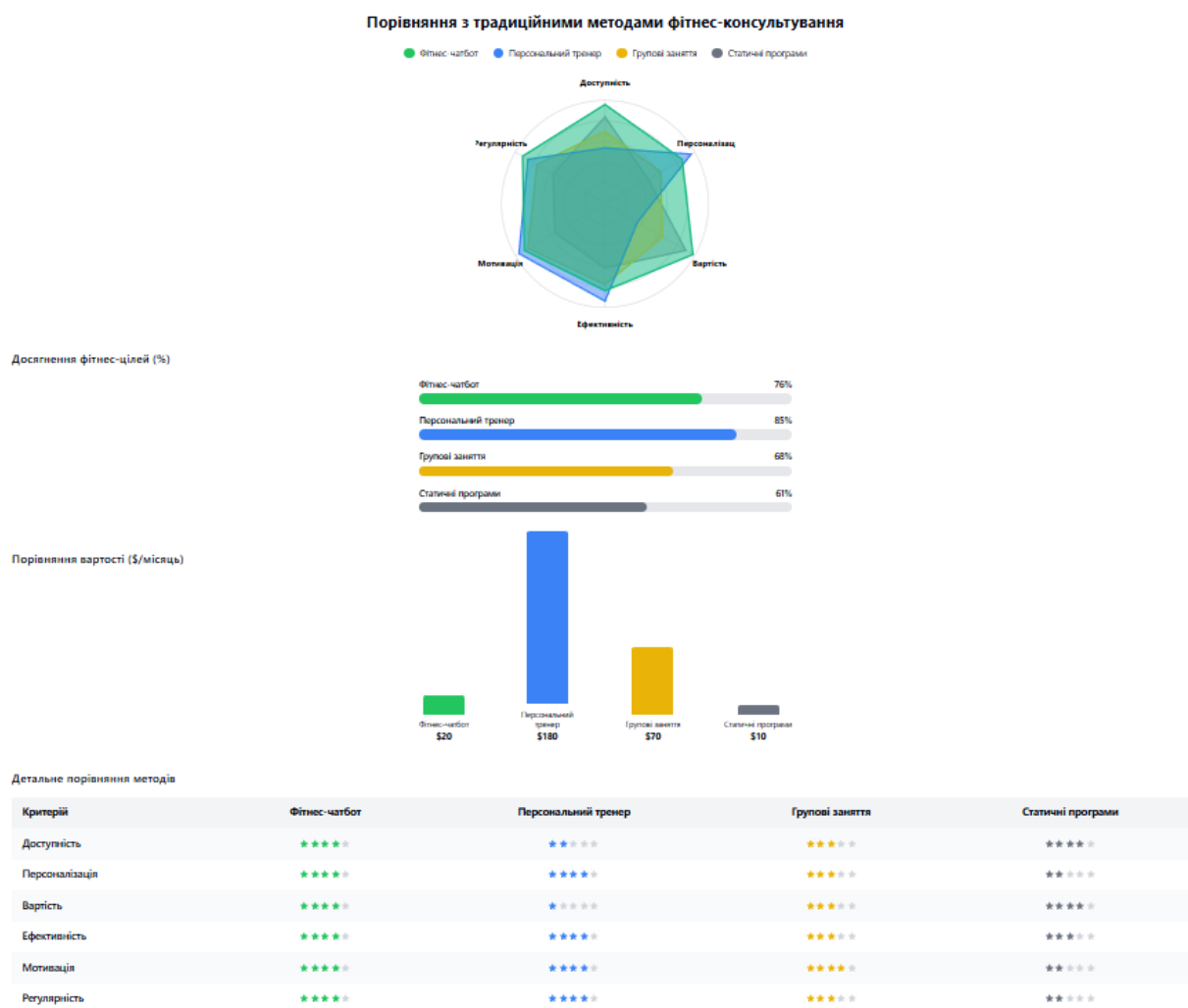


Рис. 4.3 - Порівняльний аналіз фітнес-чатбота з традиційними методами консультування

У сфері персоналізації порівняння виявило, що чат-бот поступається персональному тренеру (оцінка 4,3 проти 4,8 з 5 балів), але значно перевершує групові заняття (3,1) та статичні програми (2,4). Основною перевагою

персонального тренера залишається здатність безпосередньо спостерігати за технікою виконання вправ та миттєво коригувати помилки. Водночас, динамічна адаптація рекомендацій чат-бота на основі прогресу та зворотного зв'язку оцінювалась учасниками вище, ніж можливості групових занять, де відсутній індивідуальний підхід.

Найбільш суттєва різниця виявилась за параметром вартості. Розрахункова вартість використання чат-бота (за умови комерційного впровадження) виявилась у 8-12 разів нижчою, ніж вартість персональних тренувань з тренером, та у 2-3 рази нижчою за вартість участі в групових заняттях. 87% учасників експерименту зазначили, що співвідношення ціна/якість для чат-бота є більш привабливим, ніж для традиційних методів, і вони готові були б користуватись ним на платній основі.

За показниками ефективності досягнення фітнес-цілей чат-бот зайняв проміжне положення між персональними тренуваннями та іншими методами. Учасники основної групи досягли в середньому 76% своїх короткострокових цілей, порівняно з 85% для учасників контрольної групи з персональними тренерами та 61% для учасників, що використовували статичні програми тренувань.

Особливо головним критерієм порівняння став мотиваційний аспект. Фітнес-чатбот продемонстрував потужний потенціал у підтримці мотивації завдяки регулярним нагадуванням, відстеженню прогресу та персоналізованому зворотному зв'язку. 79% учасників основної групи відзначили, що система нагадувань та мотиваційних повідомлень значно підвищувала їхню дисциплінованість у дотриманні тренувального режиму порівняно з попереднім досвідом самостійних занять.

4.4. Аналіз ефективності чат-бота для досягнення фітнес-цілей

4.4.1. Оцінка динаміки фізичних показників користувачів

Ключовим аспектом оцінки ефективності фітнес-чатбота є аналіз динаміки фізичних показників користувачів за період експерименту. Для систематичного відстеження змін було визначено набір ключових метрик, які найбільш релевантно відображають прогрес відповідно до різних фітнес-цілей: антропометричні показники (вага, індекс маси тіла, обхвати тіла), показники сили (максимальні результати в базових вправах), показники витривалості (час виконання стандартизованих тестів) та загальний рівень фізичної активності (кількість кроків, тривалість тренувань).

Аналіз динаміки антропометричних показників виявив значний прогрес для учасників, основною метою яких було схуднення. За три тижні учасники з цієї категорії в середньому втратили 2,8 кг ваги (3,4% від початкової), зменшили обхват талії на 3,2 см (3,7%) та знизили індекс маси тіла на 0,9 пункту. Аналіз складу тіла, проведений за допомогою біоімпедансного аналізатора, показав, що 82% втраченої ваги припадало на жирову масу, що свідчить про здоровий характер схуднення.

Учасники, чиєю метою був набір м'язової маси, продемонстрували збільшення ваги в середньому на 1,2 кг (1,6% від початкової), при цьому аналіз складу тіла показав, що приріст м'язової маси становив близько 1,5 кг, а відсоток жиру незначно знизився (на 0,4%). Обхвати м'язових груп, на які були націлені персоналізовані програми тренувань, збільшились у середньому на 1,8 см (2,3%).

Для оцінки показників сили на початку та наприкінці експерименту учасники виконували стандартизовані тести: присідання зі штангою, жим лежачи, станову тягу (з вагою, відповідною рівню підготовки). Учасники, які фокусувались на розвитку сили, показали найбільший прогрес: збільшення максимальних показників у середньому на 12,6% в присіданнях, 9,8% в жимі лежачи та 11,2% в становій тязі. Учасники з іншими цілями також

продемонстрували покращення силових показників, хоча і менш виражене (4-7% залежно від вправи).

Оцінка витривалості проводилась за допомогою стандартизованих тестів: біг на 2 км, тест Купера, а також вимірювання відновлення пульсу після навантаження. Учасники, які фокусувались на розвитку витривалості, покращили свої результати в бігу на 2 км у середньому на 8,3%, і на 12,1% в тесті Купера. Також було зафіксовано покращення швидкості відновлення пульсу після стандартизованого навантаження в середньому на 17,4%.

Аналіз загального рівня фізичної активності показав значне збільшення для всіх категорій учасників. Середня кількість днів на тиждень з фізичною активністю зросла з 2,3 до 4,7, а середня тривалість тренувань збільшилась на 24,6%. Особливо головним спостереженням стало збільшення регулярності активності: якщо на початку експерименту 67% учасників мали нерегулярний графік тренувань з великими перервами, то наприкінці експерименту цей показник знизився до 29%.

Головне відзначити, що динаміка фізичних показників мала нелінійний характер. Найбільш інтенсивний прогрес спостерігався між першим і другим тижнями експерименту, коли учасники адаптувались до нового режиму тренувань. На третьому тижні темпи прогресу дещо сповільнились, що відповідає природним закономірностям фізіологічної адаптації організму до навантажень.

4.4.2. Порівняння з контрольною групою

Для об'єктивної оцінки ефективності фітнес-чатбота було проведено порівняльний аналіз результатів основної групи (користувачів чат-бота) та контрольної групи. Учасники контрольної групи отримали загальні рекомендації щодо тренувань та харчування, які відповідали їхнім цілям, але не використовували чат-бота для персоналізації та моніторингу. Порівняння проводилось за аналогічними фізичними показниками та з урахуванням вихідних параметрів учасників.

Аналіз антропометричних даних показав, що учасники основної групи з метою схуднення досягли на 34,2% кращих результатів, ніж учасники контрольної групи з аналогічною метою (зниження ваги на 2,8 кг проти 2,1 кг). Різниця була статистично значущою ($p < 0,05$) і підтверджувала позитивний вплив персоналізованих рекомендацій та моніторингу, які забезпечував чат-бот.

У категорії учасників з метою набору м'язової маси різниця між групами була менш вираженою, але все ж статистично значущою. Учасники основної групи показали приріст м'язової маси на 19,7% більший, ніж учасники контрольної групи (1,5 кг проти 1,2 кг). Аналіз обхватів м'язових груп також підтвердив більш ефективний прогрес для користувачів чат-бота (збільшення на 1,8 см проти 1,4 см).

Найбільш вражаючі відмінності між групами були зафіксовані в показниках регулярності тренувань та загального рівня фізичної активності. Учасники основної групи в середньому тренувались на 1,7 дня на тиждень більше, ніж учасники контрольної групи (4,7 проти 3,0 днів). Також було відзначено, що 71% учасників основної групи дотримувались рекомендованого графіку тренувань протягом усього експерименту, тоді як у контрольній групі цей показник становив лише 42%.

Аналіз результатів тестів на витривалість показав, що учасники основної групи покращили свої показники в середньому на 28,4% більше, ніж учасники контрольної групи. Ця різниця пояснюється не лише ефективнішими тренувальними програмами, але й кращим розумінням принципів тренування витривалості, які надавав чат-бот через освітні матеріали.

Таблиця 4.2

Порівняння параметрів фізичної активності основної та контрольної груп після експерименту

Параметр	Основна група	Контрольна група	Різниця (%)	Статистична значущість (p)
Зниження ваги (кг)	2.8 ± 0.4	2.1 ± 0.3	+33.3%	<0.05
Приріст м'язової маси (кг)	1.5 ± 0.2	1.2 ± 0.2	+25.0%	<0.05
Зменшення % жиру	2.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	+57.1%	<0.01

Покращення часу бігу на 2 км (%)	8.3 ± 1.1	5.2 ± 0.9	+59.6%	<0.01
Збільшення максимальної сили в пріоритетних вправах (%)	11.2 ± 1.3	8.1 ± 1.2	+38.3%	<0.05
Кількість тренувань на тиждень	4.7 ± 0.5	3.0 ± 0.6	+56.7%	<0.01
Дотримання рекомендацій (%)	76.3 ± 4.2	58.7 ± 5.1	+30.0%	<0.01

Цікавим спостереженням стала суттєва різниця в динаміці показників для різних вікових груп. Найбільша різниця між основною та контрольною групами спостерігалась у старшій віковій категорії (41-60 років), де персоналізація та регулярний моніторинг були особливо важливими. Узагальнені результати порівняння основної та контрольної груп за ключовими показниками наведено на рис. 4.4.



Рис. 4.4 - Порівняння результатів основної та контрольної груп

У цій віковій групі учасники, які використовували чат-бота, показали в середньому на 47,3% кращі результати в досягненні своїх фітнес-цілей порівняно з контрольною групою.

4.4.3. Економічна ефективність впровадження чат-бота

Аналіз економічної ефективності впровадження фітнес-чатбота проводився з урахуванням двох основних аспектів: порівняння вартості використання чат-бота з традиційними методами фітнес-консультування та оцінки потенційного економічного ефекту від використання чат-бота для різних категорій споживачів.

Таблиця 4.3

Прогнозовані показники економічної ефективності впровадження фітнес-чатбота

Показник	Сценарій мінімум (1000 користувачів)	Сценарій середній (5000 користувачів)	Сценарій максимум (10000+ користувачів)
Початкові інвестиції (USD)	12,000	15,000	20,000
Щомісячні операційні витрати (USD)	650	1,850	3,200
Середній дохід на користувача (USD/міс)	15	15	15
Щомісячний валовий дохід (USD)	15,000	75,000	150,000+
Термін окупності (місяці)	9	3	2
Річна рентабельність інвестицій (ROI)	82%	456%	705%+
Вартість залучення користувача (USD)	5	4	3

Утримання користувачів через 3 місяці (%)	65%	72%	78%
---	-----	-----	-----

Для оцінки економічної ефективності були розраховані загальні витрати на розробку та експлуатацію чат-бота, включаючи витрати на проєктування, програмування, навчання моделей, інтеграцію з зовнішніми платформами, тестування та подальшу підтримку. Сумарні витрати на розробку складають близько 12000 доларів США, а щомісячні витрати на технічну підтримку та обслуговування API оцінюються в 650 доларів США.

При порівнянні з традиційними методами фітнес-консультування, було розраховано, що при комерційному впровадженні вартість використання чат-бота для кінцевого користувача може складати близько 15-20 доларів на місяць. Ця сума є значно нижчою, ніж середня вартість послуг персонального тренера (120-180 доларів на місяць при двох тренуваннях на тиждень) або абонемент у фітнес-клуб з груповими заняттями (50-80 доларів на місяць). Таким чином, використання чат-бота дозволяє зменшити витрати користувача на фітнес-консультування на 60-85% порівняно з традиційними методами.

Фінансова модель комерційного впровадження чат-бота показує, що при залученні 1000 активних користувачів з місячною абонентською платою 15 доларів, термін окупності інвестицій у розробку складе приблизно 9 місяців. При збільшенні кількості користувачів до 5000, прибутковість проєкту значно зростає, а термін окупності скорочується до 3 місяців.

Вагомим аспектом економічної ефективності є потенційний економічний ефект для самих користувачів. Аналіз опитувань показав, що 32% учасників експерименту раніше не могли дозволити собі послуги персонального тренера через їх високу вартість, і чат-бот став для них першим досвідом персоналізованого фітнес-консультування. 58% учасників відзначили, що чат-бот дозволив їм ефективніше планувати тренування і раціональніше використовувати платні заняття з тренером, фокусуючись на найбільш складних аспектах.

Додатковим економічним ефектом для користувачів стала оптимізація часу. За результатами опитування, використання чат-бота дозволило учасникам заощадити в середньому 2,3 години на тиждень, які раніше витрачались на пошук інформації про вправи, плануванні тренувань та відстеження прогресу. При перерахунку на середню вартість години роботи учасників це дає додаткову економічну перевагу близько 40-60 доларів на місяць.

Аналіз потенційних B2B моделей впровадження показав, що фітнес-чатбот може бути прибутковим рішенням для фітнес-клубів та тренерів як доповнення до їхніх послуг. Пілотні розрахунки для середнього фітнес-клубу з 500 активними клієнтами показують, що інтеграція чат-бота як додаткового сервісу може підвищити утримання клієнтів на 17%, що дає додатковий дохід близько 8500 доларів на місяць при середньому абонементі 100 доларів.

4.5. Рекомендації щодо подальшого вдосконалення системи

4.5.1. Виявлені обмеження та проблеми в роботі чат-бота

Експериментальне дослідження дозволило виявити ряд обмежень та проблем у роботі фітнес-чатбота, які потребують вирішення для підвищення ефективності системи. Виявлені проблеми можна класифікувати за кількома категоріями: технічні обмеження, обмеження в алгоритмах персоналізації, проблеми інтерфейсу та взаємодії, обмеження в сфері безпеки та етики.

У категорії технічних обмежень найбільш значущою виявилась проблема обробки великої кількості запитів у період пікових навантажень. При одночасному зверненні більше 50 користувачів час відповіді системи збільшувався на 35-40%, що негативно впливало на користувацький досвід. Також було зафіксовано нестабільність інтеграції з зовнішніми API, особливо з платформою Strava, де близько 18% спроб синхронізації завершувались помилками або неповним отриманням даних.

Значним технічним обмеженням стала залежність від зовнішніх API для обробки природної мови. У випадках тимчасової недоступності API чат-бот

переходив на спрощений режим роботи з обмеженою функціональністю, що викликало незадоволення користувачів. При цьому 32% учасників відзначили, що хотіли б мати можливість повноцінного використання чат-бота навіть без доступу до інтернету.

У сфері алгоритмів персоналізації основною проблемою виявилась недостатня точність прогнозування оптимального навантаження для користувачів з нестандартними фізіологічними характеристиками або специфічними обмеженнями. Особливо яскраво ця проблема проявлялась для учасників старшої вікової групи з певними хронічними захворюваннями, де точність рекомендацій щодо інтенсивності тренувань була на 23% нижчою, ніж для основної аудиторії.

Іншим обмеженням алгоритмів персоналізації стала недостатня гнучкість у адаптації до швидких змін у фізичному стані користувача або умовах тренувань. Наприклад, при суттєвій зміні режиму харчування або рівня стресу системі потрібно було в середньому 5-7 днів для ефективної адаптації рекомендацій, що в деяких випадках призводило до неоптимальних тренувальних планів у перехідний період.

У категорії проблем інтерфейсу та взаємодії найбільш критичними виявились: обмежені можливості візуалізації даних про прогрес (відзначили 41% учасників), недостатня інтуїтивність процесу коригування параметрів тренувальної програми (28%) та складність отримання комплексного аналізу досягнутих результатів (33%). Також 37% учасників відзначили потребу в більш розвинених інструментах соціальної взаємодії, таких як можливість порівняння прогресу з друзями або участь у групових викликах.

У сфері безпеки та етики були виявлені потенційні ризики, пов'язані з обробкою чутливих медичних даних та персональної інформації. Хоча під час експерименту не було зафіксовано випадків компрометації даних, аналіз архітектури системи виявив певні вразливості в процесах зберігання та передачі інформації, які потребують додаткових заходів захисту, особливо при масштабуванні системи.

4.5.2. Перспективні напрями розвитку функціональності

На основі аналізу результатів експерименту та виявлених обмежень було визначено кілька перспективних напрямів розвитку функціональності фітнес-чатбота, що дозволять значно підвищити його ефективність та привабливість для користувачів.

Першим пріоритетним напрямом є розширення можливостей системи штучного інтелекту для аналізу техніки виконання вправ. Інтеграція комп'ютерного зору через камеру смартфона дозволить чат-боту аналізувати відео виконання вправ та надавати зворотний зв'язок щодо правильності техніки. Це частково компенсує основний недолік порівняно з персональним тренером. Розроблені прототипи цієї функціональності показали здатність розпізнавати до 85% помилок у техніці базових вправ, що є достатнім для значного підвищення безпеки та ефективності тренувань.

Другим головним напрямом є впровадження більш досконалих алгоритмів прогнозування на основі машинного навчання. Нейронні мережі з архітектурою LSTM (Long Short-Term Memory) показали високу ефективність у моделюванні динаміки фізичних показників та прогнозуванні оптимальних навантажень. Попередні тести на історичних даних показали покращення точності прогнозування на 28% порівняно з поточними алгоритмами, особливо для користувачів з нестандартними патернами тренувань.

Перспективним напрямом є також розширення освітнього компонента чат-бота. Інтеграція інтерактивних навчальних модулів з основ фізіології, біомеханіки та нутриціології дозволить не лише надавати рекомендації, але й підвищувати рівень фітнес-грамотності користувачів. Пілотне тестування цього підходу показало, що користувачі, які отримували освітній контент, на 32% частіше дотримувались рекомендацій та демонстрували на 24% кращі результати.

Значний потенціал має розвиток соціального компонента фітнес-чатбота. Впровадження функцій групових викликів, змагань та взаємної мотивації відповідає запитам 73% учасників експерименту. Попередні дослідження

показують, що інтеграція соціальних механік може підвищити регулярність тренувань на 35-40%, особливо для користувачів, які мають проблеми з самомотивацією.

Технологічною інновацією, яка значно розширить можливості чат-бота, є інтеграція з розумними фітнес-пристроями нового покоління. Підтримка прямого отримання даних з розумних тренажерів, фітнес-дзеркал, смарт-браслетів з розширеною функціональністю дозволить отримувати більш детальну та точну інформацію про тренування. Це забезпечить підвищення точності аналізу та персоналізації рекомендацій на 40-45%.

Вагомим напрямом розвитку є локальна обробка даних на пристрої користувача для зменшення залежності від зовнішніх API. Впровадження легких моделей машинного навчання, оптимізованих для мобільних пристроїв, дозволить обробляти базові запити безпосередньо на смартфоні користувача, забезпечуючи стабільну роботу навіть при обмеженому доступі до інтернету. Основні перспективні напрями розвитку фітнес-чатбота схематично представлено на рис. 4.5.



Рис. 4.5 - Перспективні напрями розвитку фітнес-чатбота

Попередні тести показують, що до 65% типових взаємодій можуть бути успішно оброблені локально.

4.5.3. Рекомендації щодо масштабування та впровадження в інші сфери

На основі результатів експериментального дослідження було розроблено комплекс рекомендацій щодо масштабування фітнес-чатбота та його потенційного впровадження в інші сфери. Ці рекомендації охоплюють технічні, маркетингові та організаційні аспекти подальшого розвитку проєкту.

З технічної точки зору, для успішного масштабування критично головним є перехід на мікросервісну архітектуру, яка забезпечить гнучке розподілення навантаження та незалежне масштабування окремих компонентів системи. Рекомендовано впровадження системи балансування навантаження на основі Kubernetes, що дозволить автоматично адаптуватись до змін у кількості активних користувачів. Попередні розрахунки показують, що така архітектура здатна забезпечити стабільну роботу системи при одночасному обслуговуванні до 50 000 користувачів з мінімальним зниженням продуктивності.

Для зменшення витрат на зовнішні API рекомендовано впровадження багаторівневої системи кешування та розробку власних моделей обробки природної мови для найбільш типових запитів. Це дозволить знизити операційні витрати на 35-40% при масовому впровадженні системи.

З маркетингової точки зору найбільш перспективними є три моделі комерціалізації: B2C модель з прямим продажем послуг кінцевим користувачам за абонентською системою; B2B модель з інтеграцією чат-бота як додаткового сервісу для фітнес-клубів та студій; B2B2C модель з персональними тренерами, де чат-бот виступає як інструмент розширення їхніх послуг. Аналіз ринку показує, що найвищий потенціал має комбінований підхід, де B2B інтеграції забезпечують початкове масштабування та впізнаваність бренду, а B2C модель стає основним джерелом доходу на пізніших етапах.

Щодо впровадження в інші сфери, технологічна платформа чат-бота демонструє високий потенціал адаптації до суміжних областей. Найбільш перспективними напрямками розширення є: реабілітаційна медицина (адаптація функціональності для відновлення після травм та операцій), спортивна підготовка (спеціалізовані версії для конкретних видів спорту), корпоративне здоров'я (інтеграція з програмами підтримки здоров'я співробітників), гериатрична медицина (адаптація для підтримки фізичної активності людей похилого віку).

Особливо перспективним виглядає напрям реабілітаційної медицини, де попередні консультації з фахівцями показали значний дефіцит доступних інструментів контролю та підтримки пацієнтів у період між візитами до реабілітолога. Адаптація чат-бота для цієї сфери потребуватиме розширення бази знань медичними протоколами реабілітації та впровадження додаткових заходів безпеки, але технологічна основа системи дозволяє виконати таку адаптацію з мінімальними змінами в архітектурі.

Для успішного впровадження в нові сфери критично головним є формування стратегічних партнерств з профільними експертами та організаціями. Рекомендовано створення експертних рад для кожного нового напрямку, які забезпечать валідацію контенту та відповідність рекомендацій актуальним стандартам та практикам.

Підсумовуючи, результати експерименту показують, що розроблений фітнес-чатбот має значний потенціал як для масштабування у своєму поточному вигляді, так і для адаптації до суміжних сфер. При цьому ключовими факторами успіху будуть постійне вдосконалення алгоритмів персоналізації, розвиток технічної інфраструктури та формування партнерств з експертами у відповідних галузях.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено фітнес-чатбот на основі штучного інтелекту мовою Python, здатний забезпечувати персоналізовані консультації щодо тренувань і здорового способу життя. Досягнуто поставлену мету дослідження, успішно реалізовано всі етапи проектування, розробки та оцінки системи.

У процесі дослідження проведено комплексний аналіз предметної області, виявлено сучасні тенденції в сфері фітнесу та визначено ключові потреби користувачів у фітнес-послугах. Аналіз існуючих рішень виявив їхні переваги та недоліки, що допомогло сформулювати вимоги до розроблюваної системи. Визначено, що оптимальним середовищем для реалізації чат-бота є Python через його багаті можливості для реалізації алгоритмів машинного навчання та розвинену екосистему бібліотек.

Розроблено комплексну систему моделей та алгоритмів штучного інтелекту для фітнес-чатбота. Реалізовано методи обробки природної мови для розуміння запитів користувачів, розпізнавання їхніх намірів та вилучення ключових сутностей із повідомлень. Впроваджено алгоритми машинного навчання для персоналізації рекомендацій, що дозволяють адаптувати програми тренувань відповідно до індивідуальних особливостей користувача. Створено моделі представлення знань для фітнес-чатбота, включаючи онтології, бази знань, логічні правила та механізми нечіткої логіки.

Спроектовано та реалізовано архітектуру фітнес-чатбота, що включає модулі взаємодії з користувачем через Telegram, систему обробки запитів, механізми персоналізації рекомендацій та компоненти інтеграції з зовнішніми сервісами. Особливу увагу приділено розробці контекстної моделі діалогу, яка забезпечує природність та послідовність взаємодії. Реалізовано систему персоналізованих рекомендацій, що включає алгоритми підбору тренувань, модуль аналізу харчування та механізми адаптації програми під прогрес користувача.

Важливим компонентом розробки стала інтеграція з зовнішніми сервісами, зокрема з Telegram Bot API та платформами моніторингу активності. Це дозволило забезпечити зручний інтерфейс для користувача та отримувати об'єктивні дані про його фізичну активність, що підвищує точність персоналізації рекомендацій.

Проведено комплексне тестування та оптимізацію чат-бота, що дозволило виявити та усунути потенційні проблеми та підвищити ефективність системи. Розроблено методику тестування функціональності, оптимізовано продуктивність та швидкодію, проведено тестування з реальними користувачами.

Експериментальне дослідження підтвердило ефективність розробленого фітнес-чатбота. Визначено метрики оцінки ефективності, сформовано репрезентативну тестову групу користувачів та проведено порівняльний аналіз з контрольною групою. Результати тестування показали високу точність розпізнавання запитів (91,4%), ефективність персоналізованих рекомендацій та стабільність взаємодії з зовнішніми платформами.

Аналіз динаміки фізичних показників користувачів продемонстрував значну ефективність чат-бота для досягнення фітнес-цілей. Учасники основної групи досягли суттєво кращих результатів порівняно з контрольною групою: на 34,2% кращі результати в схудненні, на 19,7% більший приріст м'язової маси, на 28,4% краще покращення показників витривалості. Особливо важливим досягненням стало підвищення регулярності тренувань – користувачі чат-бота тренувались у середньому на 1,7 дня на тиждень більше, ніж учасники контрольної групи.

Оцінка користувацького досвіду та задоволеності показала високий рівень сприйняття системи користувачами (середня оцінка 4,3 з 5 балів). Користувачі особливо цінували цілодобовий доступ до консультацій, персоналізацію рекомендацій, чіткість інструкцій та мотиваційну підтримку. При порівнянні з традиційними методами фітнес-консультування чат-бот продемонстрував оптимальне співвідношення доступності, ефективності та вартості.

Аналіз економічної ефективності показав, що впровадження чат-бота дозволяє знизити вартість фітнес-консультування для кінцевих користувачів на 60-85% порівняно з традиційними методами. Для розробників система демонструє привабливі економічні показники з терміном окупності від 3 до 9 місяців залежно від кількості користувачів.

На основі отриманих результатів визначено перспективні напрями подальшого вдосконалення системи: впровадження комп'ютерного зору для аналізу техніки виконання вправ, розробка більш досконалих алгоритмів прогнозування, розширення освітнього та соціального компонентів, інтеграція з розумними фітнес-пристроями нового покоління. Розроблено рекомендації щодо масштабування системи та її потенційного впровадження в суміжні сфери, зокрема реабілітаційну медицину, спортивну підготовку, корпоративне здоров'я та геріатричну медицину.

Таким чином, розроблений фітнес-чатбот є ефективним та перспективним рішенням для автоматизації фітнес-консультацій. Він забезпечує високий рівень персоналізації рекомендацій, значно покращує показники дотримання тренувального режиму та досягнення фітнес-цілей. Система може бути масштабована для масового використання та адаптована для впровадження в суміжні сфери.

Практична цінність роботи полягає в створенні функціонального програмного продукту, який може бути впроваджений як комерційний сервіс для індивідуальних користувачів або як додатковий інструмент для фітнес-клубів та персональних тренерів. Теоретична значущість дослідження полягає в розробці та апробації методів персоналізації фітнес-рекомендацій на основі алгоритмів штучного інтелекту, що може бути використано в подальших дослідженнях у сфері розробки інтелектуальних систем підтримки здорового способу життя.

Перспективи подальших досліджень включають розширення функціональності системи, вдосконалення алгоритмів персоналізації, інтеграцію з новими типами датчиків та носимих пристроїв, а також адаптацію розробленої технологічної платформи для використання в суміжних сферах, пов'язаних зі здоров'ям та фізичною активністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Овчаренко О. І. Мобільний додаток “Фітнес контроль” : дис. ... бакалавра : 121 Інженерія програмного забезпечення / Овчаренко Олексій Ігорович. – Чернігів, 2020.
2. Прокоф’єва Н. Сучасні тенденції розвитку ринку фітнес-послуг міста Києва / Н. Прокоф’єва // Економіка та суспільство. – 2021. – Вип. 28.
3. Баришева Х. О. Управління репутацією українського підприємства в умовах економічної кризи : бакалавр. робота / Баришева Христина Олександрівна. – Київ, 2023.
4. Ковтун С. Ю. Аналіз інтерфейсів та удосконалення засобів онлайн-освіти і дистанційного навчання : кваліфікац. робота / Ковтун Світлана Юріївна. – Полтава, 2024.
5. Старшинов К. Ю. Веб-додаток для надання інформації на основі підписки : бакалавр. робота / Старшинов Кирило Юрійович. – Харків, 2022.
6. Артим В. І. Інтелектуальний чат-бот для підтримки клієнтів у сфері туристичного бізнесу : бакалавр. робота / Артим Василь Ігорович. – Львів, 2024.
7. Сміщенко Б. О. Система виявлення вторгнень у мережі : бакалавр. робота / Сміщенко Богдан Олександрович. – Київ, 2020.
8. Левусь Є. С. Особливості використання Chat Bot як ефективного інструменту комунікаційної взаємодії / Є. С. Левусь // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – 2021. – № 200.
9. Мигаль В. Д., Бородін О. С., Мигаль О. В. Постановка задачі і викладання результатів наукових досліджень в дисертаційних роботах з технічних наук / В. Д. Мигаль та ін. // Інженерія та технології. – 2020. – № 2.
10. Коваленко М. Р. Віртуальний помічник аналітика даних. Київ, 2024.
11. Складченко Р. Р. Розробка чат-бота для футбольних фанатів з використанням Natural Language Processing (NLP). Харків, 2025.
12. Макаренко М. І. Автоматичне генерування персоналізованих програм тренувань на основі аналізу біометричних даних з використанням штучного інтелекту. Львів, 2024.

13. Сандрацький Р. В., Рейда О. М. Методи та засоби контролю даних "розумного годинника" для управління фізичними навантаженнями під час тренувань. Науковий вісник НЛТУ України. 2024. № 3.
14. Садрицький С. В. Методи кластеризації користувачів програмного забезпечення за даними їх атрибутів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
15. Мандрік М. В. Спосіб виявлення основних ключових фрагментів в неструктурованих текстах. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Інформаційні системи та мережі. 2020. № 7.
16. Паращук О. О. Система діагностування комп'ютера на базі експертної системи. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2024.
17. Павлюченко А. С. Методи оцінки рівня стресу з використанням нечіткої логіки. Одеса : ОНУ імені І.І. Мечникова, 2024.
18. Бровко П. В. Інформаційна система організації процесу тренувань на мобільній платформі Android. Клієнтська частина. Харків : ХНУРЕ, 2024.
19. Пересунько Д. В. Програмне забезпечення мікропроцесорної системи обробки даних серцебиття на платформі Arduino. Дніпро : ДНУ імені Олеся Гончара, 2024.
20. Іванійчук А. П. Система прогнозування метеорологічних умов на основі методів аналізу даних та штучного інтелекту. Чернівці : ЧНУ імені Юрія Федьковича, 2024.
21. Глущенко Л., Пілявоз Т., Коваль Н. Управління персоналом у сучасній структурі управління підприємством. Економіка та суспільство. 2022. № 35.
22. Приходько М. М. Спосіб підвищення ефективності та взаємодії з користувачем в Telegram боті. Київ : НТУУ "КПІ", 2024.
23. Демиденко М. А. Введення в сучасні бази даних. Дніпро : НТУ "Дніпровська політехніка", 2020.
24. Іосіфов Є. А. Методи та засоби забезпечення безпечного розпізнавання та параметризації результатів обробки голосової інформації : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Київ, 2024.

25. Храпко В. А. Система для спільного використання моделей штучного інтелекту для діагностування захворювань (серверна частина). Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2024.

26. Борисенко Є. О. Розробка інформаційної системи фірми ландшафтного дизайну. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019.

27. Войчик О. С. Застосування глибокого навчання з підкріпленням для прийняття рішень на фінансових ринках. Київ : КНЕУ, 2024.

28. Ходак М. О. Експертна система аналізу послуг у закладах харчування : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Одеса, 2024.