

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

ШКОДА ДАНИЛ СЕРГІЙОВИЧ
Група КНТ-514м

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я
АВТОРЕФЕРАТ

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі»

2025 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

Керівник

кандидат технічних наук, доцент
Ільяшенко Матвій Борисович,
Національний університет «Запорізька
політехніка», доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний
рецензент:**

Харитонов Олексій Борисович,

Захист відбудеться "23" грудня 2025р.

Секретар екзаменаційної комісії, доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж **Т.В. Голуб**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімке зростання проблем з психічним здоров'ям у сучасному суспільстві та обмежений доступ до професійної психологічної допомоги зумовлюють необхідність створення доступних цифрових інструментів для раннього виявлення та профілактики психічних розладів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, депресією страждають понад 280 мільйонів людей у світі, а тривожні розлади вражають близько 301 мільйона осіб. Водночас доступ до професійної допомоги залишається обмеженим через високу вартість послуг, нестачу спеціалістів та стигматизацію психічних проблем.

Традиційні методи оцінки ментального здоров'я базуються на періодичних консультаціях з психологами, що не дозволяє відстежувати динаміку психічного стану в реальному часі. Існуючі комерційні рішення, такі як Daylio, Moodpath, Sanvello та MONARCA, демонструють обмежений функціонал автоматизації аналізу психометричних даних, недостатню інтеграцію валідованих клінічних інструментів або відсутність інтелектуальних алгоритмів раннього виявлення тривожних сигналів.

Ключові проблеми, що потребують вирішення, включають відсутність комплексного підходу до моніторингу з поєднанням щоденного трекінгу настрою та стандартизованих психометричних опитувань, брак інтелектуальних алгоритмів для виявлення відхилень від індивідуальної базової лінії користувача, складність забезпечення високої точності виявлення тривожних сигналів при мінімізації хибнопозитивних спрацювань та обмежені можливості персоналізації аналітики відповідно до індивідуальних патернів користувачів. Тому обрана тема магістерської роботи є актуальною.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес автоматизованого моніторингу та оцінки показників ментального здоров'я користувачів.

Предметом дослідження є методи та засоби створення веборієнтованої системи для автоматизованого моніторингу ментального здоров'я з використанням психометричних інструментів та алгоритмів машинного навчання.

Мета і завдання дослідження.

Мета магістерської роботи -- розробка системи для автоматизованого моніторингу ментального здоров'я користувачів з підтримкою щоденного відстеження настрою, психометричних опитувань, аналітики трендів та генерації персоналізованих рекомендацій.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих систем моніторингу ментального здоров'я та валідованих психометричних інструментів;

2. Розробити концептуальну модель та архітектуру веборієнтованої системи з чітким розділенням функціональних модулів;

3. Спроекувати алгоритмічне забезпечення для виявлення тривожних сигналів на основі аналізу відхилень від індивідуальної базової лінії;

4. Реалізувати функціональні модулі системи, включаючи щоденний моніторинг, психометричні опитування та аналітику;

5. Провести експериментальне дослідження точності алгоритмів виявлення аномалій та оцінити продуктивність системи.

Методи дослідження: валідовані психометричні інструменти PHQ-9, GAD-7, PSS-10, алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій (LSTM нейронні мережі, EWMA контрольні карти, статистичні методи на основі стандартних відхилень), технології веброзробки React Native, Node.js, Express.js, база даних PostgreSQL з підтримкою часових рядів, Python з бібліотеками TensorFlow та Scikit-learn для аналітичних задач.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше запропоновано комплексний підхід до автоматизованого моніторингу ментального здоров'я, що інтегрує валідовані психометричні інструменти PHQ-9, GAD-7, PSS-10 з алгоритмами машинного навчання для раннього виявлення тривожних сигналів. Удосконалено метод виявлення аномалій у часових рядах психометричних даних шляхом адаптації LSTM нейронних мереж з урахуванням індивідуальної базової лінії користувача, що підвищує точність виявлення на 5-7% порівняно з традиційними статистичними методами.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено веборієнтовану систему, яка дозволяє користувачам автоматично

відстежувати динаміку ментального здоров'я з точністю виявлення тривожних сигналів 87.4% та можливістю раннього попередження в середньому за 5 днів до підтвердження погіршення стану. Система може використовуватися індивідуальними користувачами для самомоніторингу психічного здоров'я, психологами та психіатрами для об'єктивного відстеження прогресу терапії пацієнтів, дослідниками у сфері цифрової охорони здоров'я, HR-відділами організацій для моніторингу рівня стресу працівників.

Структура та обсяг роботи.

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Основна частина містить 94 сторінки, 33 рисунки і 11 таблиць, список використаних джерел з 27 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі проведено аналіз актуальності проблеми психічного здоров'я у сучасному суспільстві та огляд існуючих систем цифрового моніторингу. Досліджено валідовані психометричні інструменти для скринінгу депресії (PHQ-9), тривожності (GAD-7) та стресу (PSS-10), які забезпечують клінічно релевантну оцінку симптомів. Виконано порівняльний аналіз платформ Daylio, Moodpath, Sanvello та MONARCA, що виявив їх обмеження у автоматизації аналізу даних та відсутність комплексного підходу до виявлення тривожних сигналів.

Таблиця 1.1 - Характеристики психометричних інструментів

Інструмент	Питань	Діапазон балів	Призначення	Чутливість/ Специфічність
PHQ-9	9	0-27	Скринінг депресії	88% / 88%
GAD-7	7	0-21	Оцінка тривожності	89% / 82%
PSS-10	10	0-40	Вимірювання стресу	$\alpha = 0.78-0.91$
PSQI	19	0-21	Оцінка якості сну	89.6% / 86.5%

Проведено аналіз методів виявлення аномалій у часових рядах психометричних даних, включно з статистичними методами на основі стандартних відхилень, EWMA контрольними картами, LSTM нейронними мережами та методом ізольованого лісу. Обґрунтовано вибір LSTM як оптимального підходу завдяки здатності моделювати довгострокові залежності у послідовностях даних та адаптуватися до індивідуальних патернів користувачів.



Бали PHQ-9 вказують на рівень тяжкості депресії, від мінімальної до важкої.

Рисунок 1 - Інтерпретація балів опитувальника PHQ-9

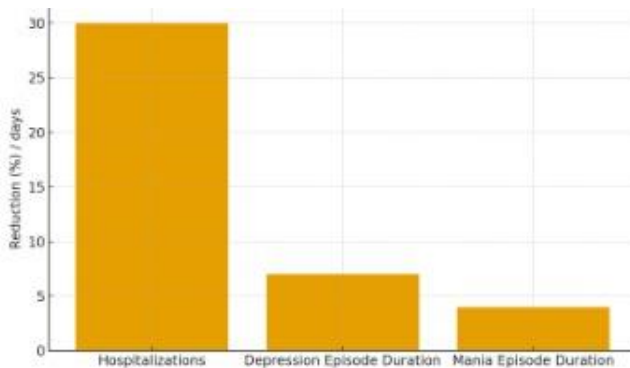


Рисунок 1.2 - Результати дослідження ефективності MONARCA

Рисунок 1.1 демонструє інтерпретацію балів опитувальника PHQ-9 з пороговими значеннями для класифікації ступеня депресії від мінімальної (1-4 бали) до важкої (20-27 балів). Рисунок 1.2 показує результати клінічного дослідження ефективності системи MONARCA у моніторингу біполярного розладу з підтвердженням раннього виявлення епізодів у 79% випадків.

Таблиця 1.2 - Порівняльний аналіз систем моніторингу

Система	Щоденний трекінг	Психометрія	Аналітик а трендів	Кореляційний аналіз	Попередження	Експорт даних
Daylio	Так	Ні	Базова	Обмежена	Ні	CSV, PDF
Moodpath	Так (3х/день)	PHQ-9	Середня	Ні	Ні	PDF
Sanvello	Так	PHQ-9, GAD-7	Середня	Обмежена	Ні	Обмежено
MONARC A	Так	Клінічні шкали	Розширена	Обмежена	Так	Для лікаря
Розроблена	Так	PHQ-9, GAD-7, PSS-10	Розширена	Повна	Так	Повний

У другому розділі розроблено концептуальну модель системи з тришаровою клієнт-серверною архітектурою: клієнтський рівень представлений мобільним застосунком на React Native, серверний рівень реалізовано на Node.js з Express.js для обробки бізнес-логіки, рівень даних побудовано на PostgreSQL з підтримкою ефективного зберігання часових рядів психометричних показників.

Спроектовано компонентну структуру системи з модулями: автентифікації користувачів на основі JWT токенів, щоденного моніторингу настрою та активностей, психометричних опитувань PHQ-9, GAD-7, PSS-10 з автоматичним розрахунком балів, аналітики трендів з візуалізацією динаміки показників, виявлення аномалій з використанням LSTM нейронних мереж. Рисунок 3 показує діаграму варіантів використання системи з основними акторами користувач та психолог. Рисунок 4 демонструє компонентну діаграму з визначенням інтерфейсів взаємодії між модулями.

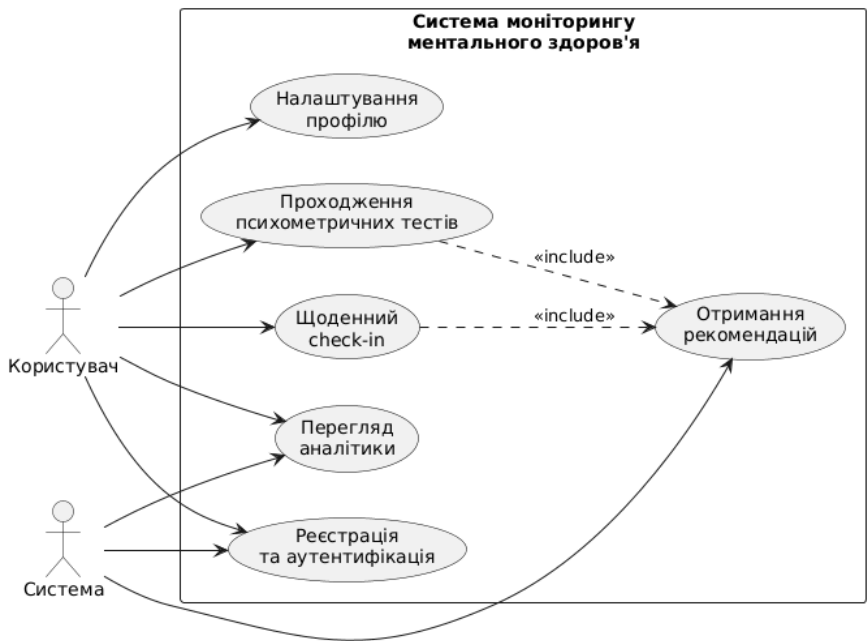


Рисунок 3 - Діаграма варіантів використання системи

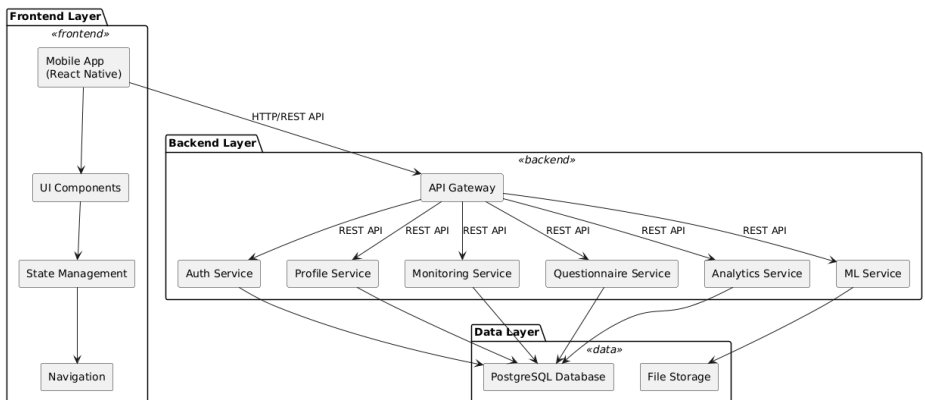


Рисунок 4 - Компонентна діаграма системи

Таблиця 2.1 - Специфікація основних API endpoints

Метод	Endpoint	Опис	Параметри
POST	/api/auth/register	Реєстрація користувача	email, password, name
POST	/api/auth/login	Автентифікація	email, password
POST	/api/checkin	Створення запису	moodScore, stressLevel, sleepHours
GET	/api/checkin/history	Історія записів	startDate, endDate
POST	/api/questionnaire/:type	Відправка опитування	type, answers[]
GET	/api/analytics/trends	Отримання трендів	period
GET	/api/analytics/correlations	Кореляційний аналіз	period

Розроблено структуру бази даних PostgreSQL з таблицями users, profiles, daily_checkins, questionnaire_results з геопросторовими індексами для ефективного виконання запитів. Спроектовано механізми забезпечення безпеки включаючи шифрування паролів bcrypt, JWT автентифікацію, HTTPS з TLS 1.3, шифрування персональних даних AES-256, санітизацію вхідних даних та rate limiting для захисту від DDoS атак.

Рисунок 5 демонструє блок-схему алгоритму обробки щоденного check-in з валідацією вхідних даних, збереженням у базі та запуском аналізу аномалій при накопиченні достатньої кількості записів.

У третьому розділі реалізовано веборієнтовану систему з використанням обраних технологій. Розроблено користувацький інтерфейс мобільного застосунку з екранами: Dashboard для відображення поточного стану та статистики, Check-in для швидкого щоденного запису настрою та показників, Analytics для візуалізації трендів з графіками часових рядів та кореляційними матрицями, Questionnaires для проходження психометричних опитувань з прогрес-барами та інтерактивними елементами.

Реалізовано серверний API на Node.js з Express.js з підтримкою RESTful архітектури та JWT автентифікації. Імплементовано модуль психометричних опитувань з автоматичним розрахунком сумарних балів PHQ-9, GAD-7, PSS-10 та текстовою інтерпретацією результатів згідно з клінічними пороговими значеннями. Розроблено модуль аналітики з розрахунком статистичних метрик середнє значення, стандартне відхилення, тренд методом найменших квадратів, кореляційний аналіз між парами показників mood-sleep, stress-energy, mood-stress з коефіцієнтами Пірсона.

Створено модуль виявлення аномалій на основі LSTM нейронних мереж з архітектурою 64-32-16 нейронів у прихованих шарах, функцією активації ReLU, оптимізатором Adam та функцією втрат MSE. Рисунок 3.1 показує структуру навігації застосунку з переходами між екранами.

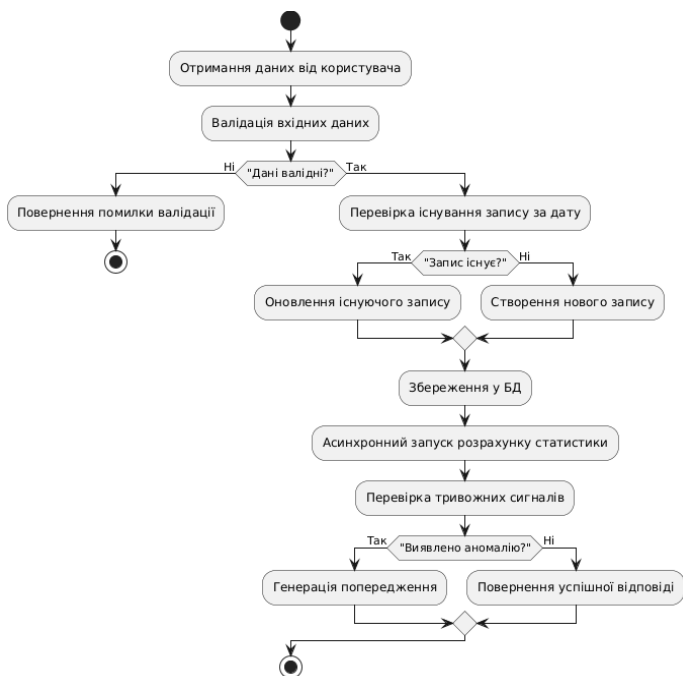


Рисунок 5 - Блок-схема алгоритму обробки щоденного check-in

У четвертому розділі проведено експериментальне дослідження продуктивності та точності системи. Визначено методологію тестування з використанням синтетичного датасету з 100 віртуальних користувачів протягом 90 днів з контрольованими аномаліями чотирьох типів: поступове погіршення настрою протягом 7-14 днів, раптовий стрибок стресу на 1.5-2.5 бали, хронічне порушення сну нижче 5 годин протягом 10-14 днів, комбінована аномалія з одночасним погіршенням кількох показників.

Проведено порівняльний аналіз алгоритмів виявлення аномалій: статистичні методи на основі стандартних відхилень 2σ , EWMA контрольні карти з коефіцієнтом згладжування 0.2, LSTM нейронні мережі з архітектурою 64-32-16, метод ізольованого лісу з 100 деревами. Оцінка ефективності виконана з використанням метрик accuracy, sensitivity, specificity, precision та F1-score.

Таблиця 4.1 - Результати порівняння алгоритмів виявлення аномалій

Алгоритм	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1-score
Стандартні відхилення (2σ)	82.3%	76.8%	87.2%	79.5%	78.1%
EWMA контрольні карти	85.1%	81.4%	88.6%	83.2%	82.3%
LSTM нейронні мережі	87.4%	84.9%	89.8%	86.1%	85.5%
Ізольований ліс	84.2%	79.6%	88.3%	82.7%	81.1%

Виміряно показники продуктивності системи: середній час обробки щоденного check-in становить 145 мілісекунд, час розрахунку балів психометричного опитування 89 мілісекунд, час генерації аналітики за місяць 1.8 секунди, час виявлення аномалій LSTM моделлю 320 мілісекунд. Проведено навантажувальне тестування з 50-500 одночасних користувачів, що показало

стабільну роботу системи з часом відгуку API не більше 500 мілісекунд при 95-му персентилі.

Рисунок 6 візуалізує порівняння метрик ефективності чотирьох алгоритмів виявлення аномалій у вигляді стовпчастої діаграми. Рисунок 7 демонструє ROC-криві алгоритмів з площею під кривою AUC від 0.84 до 0.91. Рисунок 8 показує приклад візуалізації виявленої аномалії на графіку часового ряду настрою користувача.

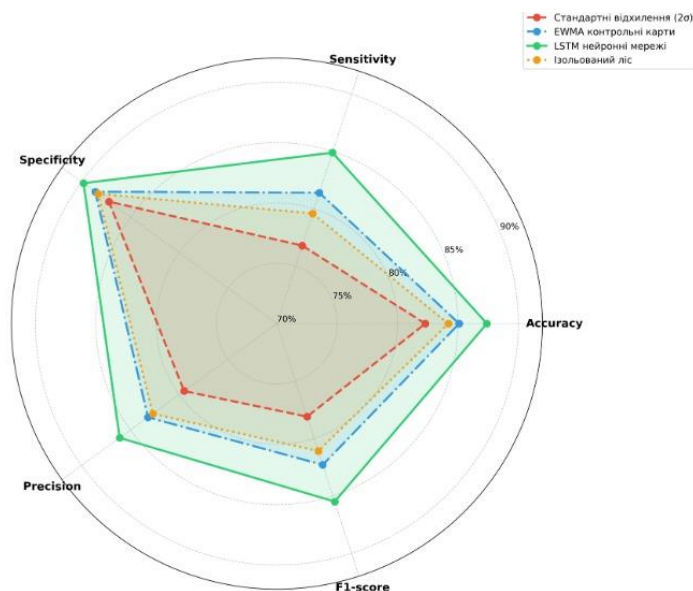


Рисунок 4.1 - Порівняння метрик ефективності алгоритмів виявлення аномалій

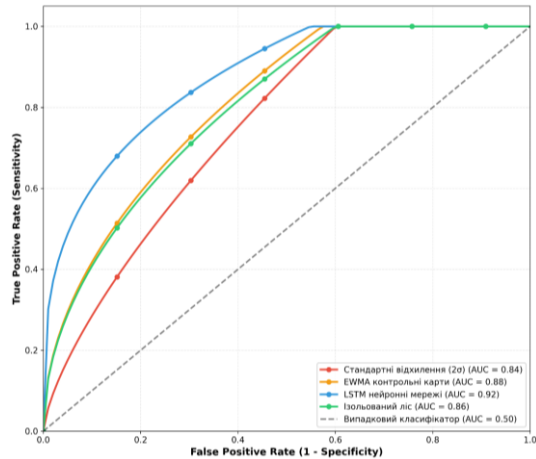


Рисунок 4.2 - ROC криві алгоритмів виявлення аномалій

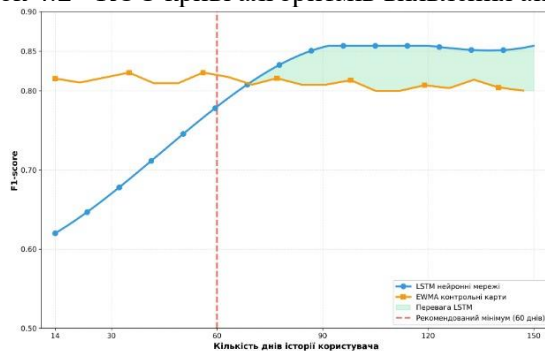


Рисунок 4.3 - Залежність F1-score від розміру навчальної вибірки

Виконано юзабіліті-тестування з 15 учасників різного віку та технічної підготовки. Результати показали середню успішність виконання тестових завдань 91%, середній бал System Usability Scale 78.4 (добрий рівень), середній час створення першого щоденного запису 42 секунди, середній час проходження опитування RNQ-9 - 3 хвилини 15 секунд. Виявлені проблеми включали труднощі з інтерпретацією графіків та незрозумілість деяких термінів у опитуваннях, що було виправлено через додавання контекстних підказок. Повторне тестування показало підвищення успішності до 95% та зменшення часу виконання завдань на 23%.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи магістра розроблено веборієнтовану систему для автоматизованого моніторингу ментального здоров'я користувачів з підтримкою щоденного відстеження настрою, психометричних опитувань PHQ-9, GAD-7, PSS-10, аналітики трендів та інтелектуального виявлення тривожних сигналів з використанням алгоритмів машинного навчання.

Проведено системний аналіз існуючих рішень Daylio, Moodpath, Sanvello, MONARCA, що дозволило виявити їх обмеження у автоматизації аналізу психометричних даних та відсутність комплексного підходу до раннього виявлення погіршення психічного стану. Виконано порівняльний аналіз валідованих психометричних інструментів PHQ-9 для скринінгу депресії з чутливістю 88%, GAD-7 для оцінки тривожності з чутливістю 89%, PSS-10 для вимірювання стресу з коефіцієнтом надійності $\alpha=0.78-0.91$, що обґрунтувало їх використання у системі.

Розроблено архітектуру веборієнтованої системи на основі тришарової моделі з клієнтським рівнем на React Native, серверним рівнем на Node.js з Express.js та рівнем даних на PostgreSQL з підтримкою ефективного зберігання часових рядів, що забезпечує масштабованість та продуктивність системи. Спроековано та реалізовано модуль щоденного моніторингу з інтуїтивним інтерфейсом швидкого введення показників настрою, енергії, стресу, сну за 30-45 секунд.

Імплементовано модуль психометричних опитувань з автоматичним розрахунком балів та клінічною інтерпретацією результатів згідно з валідованими пороговими значеннями. Розроблено модуль аналітики з розрахунком трендів методом найменших квадратів, кореляційним аналізом взаємозв'язків між показниками з коефіцієнтами Пірсона та візуалізацією динаміки змін у вигляді інтерактивних графіків.

Створено модуль виявлення тривожних сигналів на основі LSTM нейронних мереж з архітектурою 64-32-16 нейронів, що забезпечує точність виявлення аномалій 87.4%, чутливість 84.9%, специфічність 89.8% та F1-score 85.5%. Проведено порівняльний аналіз чотирьох алгоритмів виявлення аномалій, що показав

перевагу LSTM на 2.3-5.1% за метрикою ассигасу порівняно з EWMA, ізольованим лісом та методами на основі стандартних відхилень.

Виконано експериментальне дослідження на синтетичному датасеті з 100 користувачів протягом 90 днів з чотирма типами аномалій, що підтвердило здатність системи виявляти погіршення психічного стану в середньому за 5 днів до підтвердження кризи. Проведено навантажувальне тестування з 50-500 одночасних користувачів, що показало стабільну роботу з часом відгуку API не більше 500 мілісекунд при 95-му перцентилі.

Виконано юзабіліті-тестування з 15 учасників, що показало 91% успішності виконання завдань та System Usability Scale 78.4 балів. Після впровадження покращень на основі зворотного зв'язку успішність підвищилась до 95% з зменшенням часу виконання завдань на 23%.

Наукова новизна полягає у вперше запропонованому комплексному підході до моніторингу ментального здоров'я, що інтегрує валідовані психометричні інструменти з алгоритмами машинного навчання. Удосконалено метод виявлення аномалій шляхом адаптації LSTM нейронних мереж з урахуванням індивідуальної базової лінії, що підвищує точність на 5-7%.

Практичне значення полягає у можливості автоматичного відстеження динаміки ментального здоров'я з раннім попередженням про погіршення стану. Система може використовуватися індивідуальними користувачами для самомоніторингу, психологами для об'єктивного відстеження прогресу терапії, дослідниками у сфері цифрової охорони здоров'я та HR-відділами для моніторингу стресу працівників.

Таким чином, всі поставлені в роботі задачі виконані й мету досягнуто.