



Р. Я. Корбило, Ю. І. Грицюк

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

## СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ МЕТОДАМИ ОБРОБЛЕННЯ ПРИРОДНОЇ МОВИ

Проаналізовано можливості використання методів глибокого навчання та оброблення природної мови для автоматизованого визначення психоемоційного навантаження військовослужбовців на підставі їхніх текстових відповідей. Обґрунтовано доцільність застосування трансформерної моделі mBERT (англ. *Multilingual Bidirectional Encoder Representations from Transformers* – двоспрямовані подання кодерів від трансформаторів) у поєднанні зі створеним інтегральним індексом ІПЕН (інтегральний показник психоемоційного навантаження), що відображає узагальнений рівень психоемоційного стану військових. Запропонований підхід забезпечує можливість одночасної класифікації рівня стресу за шістьма категоріями та прогнозування кількісного індикатора, чим створює підґрунтя для побудови автоматизованих систем психологічного моніторингу. Створено спеціалізований корпус military\_K.csv із 10 284 текстів, що містить реальні описи емоційних станів, а також синтетично згенеровані сценарії, які моделюють різні ступені стресових реакцій у військовому середовищі. Реалізована система містить модулі попередньої токенизації, батчового навчання, fine-tuning mBERT, автоматизованого генерування передбачень класу та значення ІПЕН, формування структурованого індивідуального психологічного звіту, а також перевірки якості моделі на незалежних вибірках. Оптимізацію виконано із застосуванням алгоритму AdamW (англ. *Adaptive Moment Estimation*), warmup-схеми та ретельного підбору гіперпараметрів. Валідацію проведено на відкладеній підвибірці та окремому наборі military\_K\_hold.csv, що забезпечує об'єктивність експериментів. Отримані показники – accuracy = 0.4558, macro-F1 = 0.4553, MAE = 0.2000, MSE = 0.0816, Pearson r = 0.5892 – свідчать про стабільність моделі. Найвищу точність зафіксовано для крайніх класів ("нормальний", "високий", "критичний"), що є ключовим за практичних умов, де критично важливо оперативно виявляти ризикові стани. Розроблений підхід здатний істотно зменшити навантаження на фахівців психологічної служби, забезпечити своєчасне виявлення ризикових військовослужбовців і підвищити точність моніторингу психоемоційного стану за умов динамічного бойового середовища. Практична реалізація системи демонструє перспективність використання алгоритмів глибокого навчання для підтримки прийняття рішень та формування персоналізованих рекомендацій, що підсилює її значущість для Збройних сил України.

**Ключові слова:** багатомовні двоспрямовані подання кодерів від трансформерів (mBERT); психоемоційний стан військових; нейролінгвістичне програмування (NLP); класифікація рівня стресу; інтегральний показник психоемоційного навантаження (ІПЕН); машинне навчання моделей; психологічна діагностика стану військових.

### Вступ / Introduction

Сучасні умови ведення бойових дій в Україні створюють значне психологічне навантаження на військовослужбовців, наслідки яких проявляються у зростанні частоти емоційного виснаження, тривожних станів та симптомів посттравматичного стресового розладу. Емпіричні дослідження [24], проведені серед українських військових, демонструють чіткий зв'язок між участю в інтенсивних бойових діях та підвищенням рівнів ПТСР (посттравматичний стресовий розлад), постійної тривоги й депресивних проявів. Значний вплив на психоемоційний стан військовослужбовців мають і чинники інформаційного середовища [22]: надмірна кількість загрозової або нестабільної за змістом інформації підсилює їхній стрес, підвищує емоційну напруженість і сприяє формуванню тривожних реакцій після повернення з бойових операцій.

Актуальність своєчасного виявлення психологічних порушень у військових також підтверджується даними масштабних регіональних досліджень серед населення України під час війни [21], які демонструють високі рівні тривоги, депресії, ранніх проявів гострого стресового розладу та симптомів ПТСР незалежно від географічної віддаленості від лінії фронту. Дослідження, проведені серед поранених українських військовослужбовців [15], вказують на поширеність коморбідних станів, зокрема поєднання вибухових травм із психологічними розладами, що значно ускладнює процес відновлення та реабілітації.

Наукові роботи [17, 21] також фіксують погіршення емоційної стабільності військовослужбовців, труднощі в їх адаптації та зростання потреби у психологічній підтримці, що вказує на обмеженість традиційних методів діагностики та терапії військових за умов високої інтен-

### Інформація про авторів:

**Корбило Ростислав Ярославович**, магістрант, кафедра програмного забезпечення. Email: rostyslav.korbylo.mpzip.2024@lpnu.ua

**Грицюк Юрій Іванович**, д-р техн. наук, професор, кафедра програмного забезпечення. Email: yurii.i.hrytsiuk@lpnu.ua;

<https://orcid.org/0000-0001-8183-3466>

**Цитування за ДСТУ:** Корбило Р. Я., Грицюк Ю. І. Система оцінювання психологічного стану військовослужбовців методами оброблення природної мови. Науковий вісник НЛТУ України. 2025, т. 35, № 6. С. 137–153.

**Citation APA:** Korbylo, R. Ya., & Hrytsiuk, Yu. I. (2025). System for assessing the psychological state of military personnel using natural language processing methods. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(6), 137–153. <https://doi.org/10.36930/40350617>

сивності ведення бойових дій.

У військовому середовищі проблема ускладнюється недостатньою доступністю спеціалізованих інструментів психологічної допомоги та відсутністю системи регулярного моніторингу психоемоційного стану персоналу Збройних сил. Аналітичні праці [14, 23] з надання психологічної підтримки в ЗСУ, вказують на потребу модернізації та цифровізації відповідних служб, а також впровадження інноваційних підходів до діагностики та профілактики психологічних порушень. За результатами проведеної роботи авторами цих праць було розроблено рекомендації щодо організації психологічної підтримки військовослужбовців в умовах тривалого перебування в зоні бойових дій.

У цьому контексті розроблення інтелектуальних вебплатформ на підставі методів оброблення природної мови NLP (англ. *Natural Language Processing*) для оцінювання психоемоційного стану військовослужбовців є логічним продовженням сучасних наукових тенденцій [7, 20]. Нейролінгвістичне програмування NLP – галузь штучного інтелекту, яка дає змогу машині розуміти, аналізувати та генерувати людську мову в голосових помічниках і перекладацях. Такі рішення здатні забезпечити автоматизований аналіз текстових відповідей, швидко виявляти ранні ознаки стресових і посттравматичних розладів військовослужбовців, підвищувати ефективність надання психологічної підтримки та здійснювати формування персоналізованих рекомендацій для фахівців. Все це загалом створює актуальну проблему, часткове вирішення якої й запропоновано в цьому дослідженні.

*Об'єкт дослідження* – автоматизоване інформаційно-технологічне оцінювання психологічного стану військовослужбовців.

*Предмет дослідження* – методи і засоби цифрової психодіагностики військовослужбовців, які дають змогу автоматизовано аналізувати їхні текстові відповіді, об'єктивно оцінювати психоемоційні стани та підвищувати точність первинного скринінгу.

*Мета роботи* – розробити вебсистему для оцінювання психологічного стану військових із використанням методів оброблення природної мови NLP, яка дасть можливість оперативно визначати рівень їхнього стресу, виявляти ризикові стани, формувати індивідуальні стрес-звіти та надавати рекомендації для психологічної підтримки.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі *основні завдання дослідження*:

- сформувати та підготувати корпус україномовних текстів для навчання моделі, враховуючи їхнє очищення, токенизацію, балансування класів та формування цільових значень рівня стресу й ППЕН;
- розробити та виконати процедуру донавчання моделі mBERT, що дасть можливість здійснювати одночасну класифікацію психоемоційного стану військових і прогнозувати інтегральний показник їхнього навантаження;
- провести експериментальне оцінювання моделі, визначивши її точність, узгодженість і стабільність за ключовими метриками, що уможливить здійснювати як класифікацію отриманих об'єктів, так і їхньої регресії, де потрібно визначити значення залежної змінної об'єкта на підставі значень інших змінних, що характеризують цей об'єкт;
- створити інференс-модуль для практичного використання, який забезпечує оброблення текстових відповідей

військовослужбовців у реальному часі та формує структурований психологічний висновок на підставі роботи моделі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасні дослідження у сфері автоматизованого визначення психоемоційного стану з текстів свідчать про стрімке поширення трансформерних моделей як ключового інструменту аналізу емоцій, тональності та стресових маркерів. Особливої актуальності ця тематика набуває у військовому контексті, де оперативність і точність оцінювання психологічного стану військовослужбовців може напряму впливати на боєздатність і безпеку підрозділів.

У роботі [9] доведено, що ефективність розпізнавання емоцій знаходиться від мовних особливостей і що багатомовні моделі типу Multilingual BERT здатні фіксувати універсальні емоційні патерни незалежно від мови. Автори відзначають, що модель mBERT демонструє високу стабільність навіть за умов обмеженості анотованих корпусів – проблема, характерна також для українських військових текстів. Дослідження підтверджує, що мова не є бар'єром для побудови якісних емоційних моделей, якщо використовують потужну контекстна архітектура.

У роботі [11] розглянуто механізми крослінгвального виявлення емоцій. Автори експериментально доводять, що трансформери здатні переносити знання між мовами, що особливо цінно для мов зі слабкою ресурсною базою. Трансформер mBERT показав високу узагальнювальну здатність на емоційних наборах даних, які відрізнялися за стилем, жанром і контекстом, що підтверджує його надійність за складних реальних умов, зокрема у разі військових психологічних комунікацій.

Згідно з даними дослідження [3], трансформерні моделі значно випереджають класичні алгоритми тонального аналізу. Автор вказує на те, що емоційний стан пацієнтів у тексті їхніх відповідей часто проявляється опосередковано – через ритм, структуру речень, зміну модальності – і саме трансформери здатні надійно фіксувати ці патерни. Це критично важливо для стресових описів військовослужбовців, де емоції можуть виражатися завуальовано.

Група науковців у своїй роботі [26] показала, що трансформери фактично є високоточними розпізнавачами структурних патернів у тексті. Автори наголошують, що моделі типу BERT аналізують мову не поверхнево, а через багатовимірне контекстне подання, що дає змогу виявляти складні психологічні сигнали. З огляду на це модель mBERT є досконалим інструментом для виявлення стресу, який не завжди виражено емоційно безпосередньо.

У роботі [29] запропоновано модель BERT-Fused, яка інтегрує інформацію з різних шарів трансформера для виявлення психологічного стресу. Автори експериментально довели, що глибші рівні подання тексту дають змогу точніше виявляти слабкі маркери стресу, які часто губляться в шумних або коротких повідомленнях – таких, які нерідко трапляються у військових звітах і записках.

У роботі [25] розглянуто побудову трансформерної системи для виявлення психологічного стресу пацієнтів на підставі комбінованих наборів текстових даних. Автори доводять, що моделі на підставі трансформерів за-

лишаються стабільними навіть у разі значного стилістичного розкиду текстів, що відповідає реальним умовам військової комунікації (рапорти, повідомлення, описи інцидентів, чергові записи).

Дослідники у своїй роботі [28] пропонують підхід до класифікації психологічного стресу на підставі BERT-подань, демонструючи здатність моделі вловлювати тонкі емоційні зсуви. Результати показали, що трансформери правильно ідентифікують зміни у стилі та ритмі тексту – ознаки, які часто сигналізують про зміну психоемоційного стану.

У роботі [19] показано, що ансамблі трансформерних моделей підвищують точність розпізнавання емоційних станів. Це особливо корисно для складних текстів, у яких емоційні прояви мінімальні або суперечливі. У військовому контексті це означає можливість виявляти ранні ознаки виснаження або тривоги.

У масштабному аналізі [1] систематизовано сучасні трансформерні методи емоційного аналізу. Автори зазначають, що багатомовні моделі демонструють високу стабільність навіть за умов різкого змішування стилістики, соціального контексту та жанру – властивість, яка безпосередньо співвідноситься з аналізом текстів військових.

У дослідженні [2] запропоновано багатозадачний підхід до виявлення емоцій. Автори довели, що одночасне навчання моделі на завданнях класифікації та регресії покращує її здатність уніфіковано інтерпретувати психологічні сигнали. Саме цей принцип знаходиться в основі моделі, яка одночасно прогнозує клас стресу та інтегральний показник ПЕН.

Автори роботи [8] застосували трансформерні ансамблі для визначення емпатії та дистресу, наголошуючи на важливості міжрівневого аналізу тексту для виявлення пригнічених або прихованих емоцій. Це співзвучно завданню ідентифікації ранніх ознак виснаження у військових текстах.

У роботі [4] наведено аналіз BERT-орієнтованих підходів у завданнях емоційного аналізу. Авторка вказує на те, що трансформери є найефективнішими моделями для розпізнавання психоемоційних маркерів, оскільки глибоко моделюють мовний контекст. Це узгоджується з потребами систем психоемоційного моніторингу військовослужбовців.

Попри значну кількість досліджень, в яких обґрунтовано виявлення емоцій та психологічного стресу за допомогою трансформерних моделей, проаналізована література засвідчує, що жодна з робіт не зосереджена на створенні спеціалізованих рішень для україномовних даних військового контексту. Більшість моделей тренувалися на цивільних, медичних або соціальних корпусах і не враховували специфіки мовних патернів, притаманних військовим звітам, описам бойових ситуацій та комунікації у стресових умовах. Отже, у сучасних дослідженнях існує істотний науково-практичний розрив, що обґрунтовує необхідність розроблення окремої методики та побудови моделі, здатної надійно й інтерпретовано оцінювати психоемоційний стан військовослужбовців на підставі їхніх текстових відповідей. Саме заповненню цієї прогалини й стосується ця робота.

**Матеріали та методи дослідження.** У межах дослідження використано корпус текстових відповідей військовослужбовців, що відображають різні рівні психоемоційного навантаження. Дані були попередньо анонімі-

зовані та структуровані для подальшого аналізу. Перед початком моделювання проведено повний цикл їхнього лінгвістичного передоброблення: здійснено нормалізацію тексту, очищення від шумових елементів, токенизацію за допомогою алгоритму WordPiece та формування маркованих наборів даних за рівнями стресу.

Основним інструментом моделювання виступила багатомовна трансформерна модель mBERT (англ. *Multilingual Bidirectional Encoder Representations from Transformers*), адаптована до української мови методом донавчання (fine-tuning) на завданні класифікації рівня стресу. Навчання моделі здійснювалося з використанням оптимізатора AdamW, кросентропійної функції втрат, регуляризації Dropout та мініпакетної подачі даних. Для забезпечення стабільності отримання результатів застосовано stratified-розподіл вибірки та валідацію на незалежному тестовому піднаборі. Оцінювання ефективності роботи моделі проводилося за класифікаційними метриками Accuracy, Precision, Recall та F1-score, що дають змогу визначити якість розподілу відповідей за рівнями стресу.

Для числового оцінювання психоемоційного навантаження військовослужбовців використано регресійні метрики MAE, MSE та коефіцієнт кореляції Пірсона (Pearson's r), які дають змогу проаналізувати точність прогнозування інтегрального емоційного показника. Для кількісного вимірювання психоемоційного стану військових розроблено метод зваженого агрегування вихідних ймовірностей класів, що дав можливість сформувати єдиний інтегральний показник психоемоційного навантаження (ПЕН). Значення ПЕН обчислювалося як лінійна комбінація прогнозованих ймовірностей, зважених відповідно до психологічної значущості кожного рівня стресу, що забезпечує плавне відображення емоційних переходів між класами.

Програмну реалізацію запропонованої системи здійснено з використанням мови програмування Python, фреймворків PyTorch та HuggingFace Transformers – для роботи з моделлю, а також інструментів Flask – для побудови серверної частини та Vue/Framework7 для клієнтського інтерфейсу. Така архітектура забезпечила інтеграцію моделі у вебплатформу для оперативного аналізу психоемоційного стану військовослужбовців у реальному часі. Додатково реалізовано модулі автоматизованого формування психологічних звітів, візуалізації результатів та взаємодії з базою даних, що забезпечує повний цикл оброблення текстових відповідей – від введення даних до отримання структурованих аналітичних висновків.

## Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

З мережі Інтернет відомо, що BERT (англ. *Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) – двоспрямовані подання кодерів від трансформаторів) – це методика машинного навчання, що ґрунтується на трансформері, призначена для попереднього тренування процедури оброблення природної мови (ОПМ). Водночас, mBERT (англ. *Multilingual BERT*) – це велика мовна модель, розширення оригінальної моделі BERT, попередньо навчена пошуковою системою Google на даних Вікіпедії (англ. *Wikipedia*) зі 104 мов, що дає змогу їй розуміти зв'язки між словами та реченнями різними

мовами без явного навчання перекладу. Вона чудово справляється з міжмовним трансферним навчанням, тобто користувач може точно налаштувати її на даних з однієї мови (наприклад, англійської) та застосувати до завдань іншими мовами (наприклад, французькою, іспанською чи українською) для таких завдань, як аналіз настроїв, розпізнавання іменованих сутностей та класифікація намірів, що робить його потужним для багатомовних застосувань NLP.

Методи оброблення природної мови (NLP) містять лінгвістичні підходи (морфологічний, синтаксичний, семантичний аналіз), статистичні моделі та сучасні методи глибокого навчання (нейронні мережі, контекстні моделі, трансформери) для розуміння, інтерпретації та генерування людської мови, даючи можливість моделям виконувати завдання від чат-ботів до машинного перекладу та аналізу настроїв.

**Особливості запропонованого методу.** Запропонований метод автоматизованого визначення рівня психоемоційного навантаження військовослужбовців ґрунтується на поєднанні трансформерної моделі mBERT та інтегрального числового показника ІПЕН (інтегральний показник психоемоційного навантаження), а також на чітко впорядкованій послідовності оброблення даних. Було створено комунікаційну діаграму, що відображає ключові етапи запропонованого підходу: підготовку набору даних у модулі `prep_dataset.py`, формування навчальних вибірок, запуск навчання моделі у `train_mbert.py`, оцінювання точності у `evaluate_model.py` та збереження найкращої версії моделі у сховище (рис. 1). Така структура процесу підготовки даних забезпечує прозорий і відтворюваний цикл роботи системи, у межах якого кожен етап безпосередньо впливає на якість роботи попереднього та наступного, формуючи замкнену логіку поступового вдосконалення моделі.

Ключовою особливістю методу є використання двоспрямованої трансформерної архітектури mBERT (англ. *Multilingual Bidirectional Encoder Representations from Transformers*), яка сприймає текст як контекстно пов'язану структуру, а не як набір окремих слів. Це дає змогу моделі ідентифікувати приховані семантичні зв'язки, непрямі емоційні маркери, зміни стилю висловлювання чи модальності – тобто ті характеристики, які часто сигналізують про психоемоційне напруження військовослужбовця. У діаграмі ця логіка відображена через етапи ініціалізації моделі, передачі гіперпараметрів, оброблення батчів тексту та оновлення ваг під час тренування (рис. 1). Після завершення навчання найкраща модель автоматично передається до сховища, звідки використовується для подальшого інференсу у PsychoZakhyst через API. Отже, метод не зводиться тільки до застосування архітектури mBERT, а містить структуровано організований процес навчання, контроль якості та використання моделі для аналізу психологічного стану військовослужбовців.

Важливою перевагою запропонованого методу є його адаптованість до реальних умов функціонування військових підрозділів, де дані можуть бути неповними, різноструктурованими або лінгвістично спотвореними внаслідок стресу. Завдяки використанню ІПЕН модель не тільки класифікує рівень стресу, але й формує безперервний показник, чутливий до дрібних змін у тексті, що дає змогу відстежувати динаміку психоемоційного стану окремого військовослужбовця. Окрім цього, підхід інтегрується з вебплатформою PsychoZakhyst, забезпечуючи можливість оброблення великої кількості текстів у реальному часі та автоматичного формування структурованих психологічних висновків. Сукупно це робить метод придатним для систематичного моніторингу, раннього попередження та підтримки прийняття рішень у сфері військової психологічної безпеки.

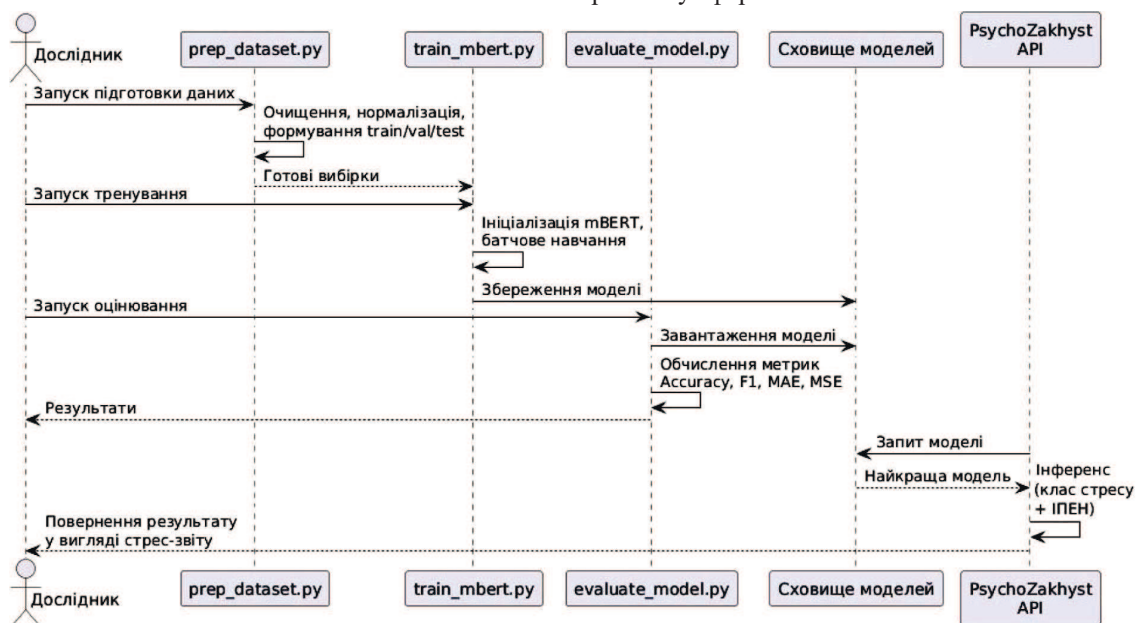


Рис. 1. Комунікаційна діаграма процесу підготовки даних, навчання та інференсу моделі mBERT / Communication diagram of the data preparation, training, and inference processes of the mBERT model

Важливою особливістю запропонованого підходу є те, що всі ці операції пов'язані між собою інформаційними потоками, які чітко відображені на діаграмі (рис. 1). Завдяки цьому підхід забезпечує контрольованість експериментів, можливість їх багаторазового від-

творення, а також створює передумови для подальшого розширення системи – наприклад, включення нових типів даних або інтеграції додаткових моделей. Заміщення старих моделей новими відбувається автоматично, що мінімізує втручання людини та пришвидшує розгор-

тання оновлень. Отже, діаграма не тільки відображає структуру процесу, а й вказує на логіку побудови моделі як цілісного конвеєра, де узгоджена робота всіх компонентів є необхідною умовою для точного аналізу психоємційного стану військовослужбовців.

Другою принциповою ознакою запропонованого методу є перехід від суто класової класифікації даних до кількісного оцінювання психоємційного стану. Після отримання від mBERT векторів ймовірностей  $P(c|x)$  для кожного рівня стресу, використовують метод зваженого агрегування, за яким інтегральний показник обчислюють за формулою [26], а саме

$$\text{ШЕН}(x) = \sum_{i=1}^M w_i P(i|x), \quad (1)$$

де:  $P(i|x)$  – ймовірність приналежності тексту до  $i$ -го класу;  $w_i$  – вагомість  $i$ -го рівня стресу, набуває таких значень  $\{0,0, 0,2, 0,45, 0,65, 0,8, 0,95\}$ .

Оскільки модель генерує як багатокласові ймовірності, так і неперервний числовий прогноз, валідація здійснюється у два етапи – за метриками класифікації та за метриками регресії. Такий комбінований підхід дає змогу комплексно оцінити якість моделі й гарантує, що вона однаково добре працює і як класифікатор, і як предиктор інтегрального індексу.

Для перевірки якості класифікації використовують набір метрик – Precision, Recall, F1-score та Accuracy. Дані метрики обчислюють на валідаційній та тестовій вибірках, що дає змогу оцінити узагальнювальну здатність моделі й уникнути перенавчання.

Для  $i$ -го класу існують:

- $TP_i$  – правильно передбачені зразки даних  $i$ -го класу;
- $FP_i$  – модель неправильно приписала зразок даних до  $i$ -го класу;
- $FN_i$  – модель не побачила зразок даних  $i$ -го класу;
- $TN_i$  – усі інші правильні віднесення зразків даних до  $i$ -го класу.

Формули для обчислення метрик мають такий вигляд [26]. Наприклад, точність (Precision) визначає, наскільки модель обережна та "акуратна" у своїх позитивних передбаченнях:

$$\text{Precision}_i = \frac{TP_i}{TP_i + FP_i}, \forall i \in M. \quad (2)$$

Метрика повнота (Recall) визначає міру того, наскільки модель "бачить" усі реальні приклади класу і не пропускає їх:

$$\text{Recall}_i = \frac{TP_i}{TP_i + FN_i}, \forall i \in M. \quad (3)$$

Гармонійне середнє значення (F1-score) показує, наскільки модель одночасно не хибить наперед і не пропускає важливе:

$$F_{1,i} = 2 \cdot \frac{\text{Precision}_i \cdot \text{Recall}_i}{\text{Precision}_i + \text{Recall}_i}, \forall i \in M. \quad (4)$$

Загальна точність (Accuracy) визначає частку правильних відповідей. У завданнях з дисбалансом класів її використовують тільки у поєднанні з F1-score, Precision та Recall, а саме

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}. \quad (5)$$

Для оцінювання якості прогнозування інтегрального показника психоємційного навантаження (ШЕН) застосовують комплекс регресійних метрик, який дає змо-

гу всебічно проаналізувати точність і стабільність моделі. Основними показниками є середньоквадратична помилка (MSE), середня абсолютна помилка (MAE) та кореляція між прогнозованими та фактичними значеннями ШЕН.

Середньоквадратична помилка (MSE) вимірює середнє значення квадратів різниць між фактичними ( $y_i$ ) та прогнозованими ( $\hat{y}_i$ ) значеннями [25]:

$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (6)$$

де:  $y_i$  – фактичне значення для  $i$ -го спостереження;  $\hat{y}_i$  – прогнозоване значення для  $i$ -го спостереження;  $N$  – кількість спостережень.

Показник MSE чутливий до великих відхилень, оскільки квадрати збільшують вплив великих помилок. Показник MAE менш чутливий до великих помилок порівняно з показником MSE, бо не використовує квадрати різниць.

Середня абсолютна помилка (MAE) вимірює середнє значення абсолютних відхилень між фактичними та прогнозованими значеннями [25]:

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|. \quad (7)$$

**Особливості підготовки наборів даних та анотації.** Підготовка наборів даних є одним із ключових етапів у розробленні моделі для автоматизованого визначення рівня психоємційного навантаження військовослужбовців. Якість навчальних вибірок безпосередньо впливає на здатність моделі розпізнавати стресові маркери, приховані емоційні патерни та зміни психологічного стану. З аналізу на специфіку військового дискурсу, процес формування набору даних потребує ретельно спроектованих етапів очищення, нормалізації та анотації.

Першим етапом є попереднє опрацювання текстів, що містить видалення артефактів, повторів, службових символів, шумових елементів, корекцію помилок, а також нормалізацію пунктуації та форматування. Це дає змогу забезпечити однорідність вхідних даних і підвищити здатність трансформерної моделі коректно інтерпретувати контекст. У військових відповідях часто трапляються емоційно забарвлені фрази, сленг, скорочення, еліптичні конструкції, що вимагає додаткової уваги під час лінгвістичного оброблення.

Другим важливим етапом є структурування та балансування класів стресу. Військові тексти нерівномірно розподілені за рівнем емоційного навантаження: значна частина відповідей може належати до помірнього або низького стресу, тоді як високоемоційні записи трапляються рідше. Для забезпечення стабільності навчання застосовувались методи балансування вибірки, що допомагає моделі уникати зміщення на користь частотніших класів.

Третьою складовою є анотація даних, що містить розмітку текстів двома типами міток:

- класовими рівнями стресу (багатокласова анотація);
- інтегральним числовим індексом ШЕН (регресійна анотація).

Для класової анотації використовувалась шкала, що відображає ступінь психоємційного напруження, сформована на підставі психологічних критеріїв та аналізу лінгвістичних маркерів стресу. ШЕН створювався як безперервний показник, який узгоджується з ймовірніс-

ними виходами моделі та дає змогу оцінювати психологічний стан не тільки категоріально, але й у динаміці.

Окрему увагу приділено перевірці узгодженості анотацій. Оскільки класифікація стресових станів може бути суб'єктивною, застосовувались методи ревізії міток, перехресної перевірки та стандартизації критеріїв оцінювання. Це дало змогу мінімізувати людську варіативність в анотаціях і забезпечити надійну основу для навчання моделі.

Завершальним етапом підготовки був поділ набору даних на train/validation/test вибірки. Кожна частина формувалась так, щоб зберегти репрезентативність класів та рівнів ШПЕН, забезпечуючи можливість коректного контролю якості моделі на всіх етапах навчання та оцінювання.

Сукупно ці процедури створюють високоякісний навчальний корпус, придатний для адаптації трансформерної моделі mBERT до специфіки психологічних текстів військового характеру та забезпечення достовірності прогнозування рівня психоемоційного навантаження.

**Розроблення системи оцінювання психологічного стану військовослужбовців.** Процес розроблення системи відбувався поетапно та охопив як серверну, так і клієнтську частини, модулі штучного інтелекту, роботу з базою даних, мобільну інтеграцію та безпекові компоненти. На першому етапі було створено повноцінний серверний застосунок на Flask із чіткою структурою директорій, налаштованою конфігурацією та основним запусковим файлом. Система містить авторизацію з розподілом на ролі, генерування та перевірку JWT-токенів, взаємодію з PostgreSQL через SQLAlchemy, підтримку анкет, звітів, ШПЕН-аналізу, критичних алертів, чатів, аналітики та керування користувачами. Сюди ж інтегровано оброблення медіафайлів, long-polling сервер для чату та серверну генерацію PDF-файлів.

Паралельно розроблено NLP-модуль, що працює на донавченій моделі mBERT для класифікації рівня стресу військових і обчислення ШПЕН. Він забезпечує токенизацію тексту, оброблення відповідей анкети та повернення необхідних показників, працюючи безперервно в пам'яті. Створено повний pipeline навчання моделі – від підготовки й балансування набору даних до fine-tuning та експорту їхніх вагомостей.

Було спроєктовано базу даних PostgreSQL із таблицями для користувачів, профілів, звітів, відповідей, алертів, чатів, аудиту та закріплення психологів. Усі зв'язки реалізовано через ForeignKey з каскадним видаленням, а вся структура оформлена міграціями Alembic.

Фронтенд системи реалізовано на Framework7 + Vue і охоплює весь інтерфейс її вебверсії та мобільного Cordova-додатку: авторизацію, анкетування, роботу зі звітами, перегляд ШПЕН і ймовірностей, чат з текстовими та аудіоповідомленнями, панель психолога з графіками й динамікою, а також адмін-панель з аналітикою та керуванням користувачами. Усе оптимізовано під мобільні екрани та великі обсяги даних.

Система чату реалізована як повноцінний real-time модуль із підтримкою тексту, аудіо, вкладень, логуванням та розмежуванням доступу за ролями. Для аналітичного модуля створено серверні обчислення середнього ШПЕН, розподілів ризиків, тенденцій, критичних випадків та статистики по користувачах – і відповідний фронтенд системи з візуалізаціями на Chart.js.

Для PDF-звітів забезпечено формування файлу на клієнті, включно з логотипом, даними військового, ШПЕН та рекомендаціями, із коректним рендерингом у Cordova та можливістю збереження у файлову систему Android. Значну увагу приділено забезпеченню безпеки, а саме: реалізовано JWT-авторизацію, рольове розмежування, контроль доступу до файлів, HTTPS-трафік, інтеграцію з Cloudflare для захисту мережових запитів і проксування API, а також детальне логування дій користувачів.

Для мобільної частини системи створено повноцінну Cordova-збірку Android-додатку з оптимізацією його продуктивності та доступом до сенсорів пристрою. Заключний етап охопив тестування API, інтерфейсу, роботи mBERT-модуля, аудіоповідомлень, а також оптимізацію швидкодії та пам'яті.

Після реалізації основних модулів було проведено комплексне тестування системи PsychoZakhyst задля перевірки коректності роботи серверної частини, клієнтського інтерфейсу, NLP-моделі та функціоналу мобільної збірки. Тестування виконувалося поетапно та охоплювало функціональні сценарії, навантажувальні перевірки, тестування безпеки, а також відлагодження роботи застосунку на Android-пристроях.

На рівні серверної частини Flask було протестовано маршрути авторизації, анкетування, створення звітів, генерації ШПЕН-показника, роботи з базою даних та модулів аналітики. Функції збереження текстів, ймовірностей моделі, алертів високого ризику та формування історичних звітів були перевірені шляхом багаторазового надсилання тестових даних, включаючи граничні та помилкові випадки. Окрему увагу приділено валідності JSON-відповідей, стабільності роботи моделі в оперативній пам'яті, а також коректності оброблення великих текстів.

Фронтенд-застосунок було протестовано на екранах анкетування, перегляді звітів, побудові графіків, роботі фільтрів, оновленні списків, навігації між сторінками та рендерингу PDF-файлів. Було відтестовано різні роздільні здатності й адаптивність інтерфейсу, коректність відображення даних після перезавантаження сторінки, а також оброблення помилок на клієнті у разі втрати мережі або неполадок сервера.

Окремо тестувався чат між військовослужбовцем і психологом. Перевірено надсилання текстів, зображень, аудіофайлів, повторні спроби відправлення за нестабільної мережі Інтернет, роботу long-polling-з'єднання, відображення статусів повідомлень, а також логування чатових подій. Для голосових повідомлень було протестовано запис, збереження, передачу, відтворення та fallback-механізми для Android-браузерів, де виникають обмеження MediaRecorder.

Мобільна Cordova-збірка проходила окреме тестування на реальному Android-середовищі. Перевірено доступ до мікрофона, камери, файлової системи, завантаження PDF-файлів, відтворення медіа через blob-URL, роботу InAppBrowser, а також поведінку за фонового згортання застосунку. Усунуто проблеми з CORS, Content Security Policy, кодуванням MIME-типів та відтворенням аудіо.

NLP-модель mBERT тестувалась на точність і стабільність роботи. Було створено набір перевірових текстів з різними рівнями стресу – від низького до кри-

тичного – для перевірки відповідності ПЕН-показника та прогнозованих класів відомим очікуванням. Усі виявлені помилки фіксувалися, класифікувалися за рівнем критичності та усувалися у міру релізів. Проведено фінальне регресійне тестування після інтеграції всіх модулів, що гарантує узгодженість роботи системи та коректну взаємодію між клієнтом і сервером (рис. 2).

```
PS C:\psychozakhyst\backend\backend> .venv\Scripts\python.exe -m pytest
platform win32 -- Python 3.13.7, pytest-8.3.3, pluggy-1.6.0
rootdir: C:\psychozakhyst\backend\backend
plugins: Faker-30.3.0, cov-5.0.0, flask-1.3.0, mock-3.14.0
collected 24 items

tests\temp_simple_test.py . [ 4%]
tests\test_auth_register.py . [ 8%]
tests\test_core_functionality.py .... [25%]
tests\test_ping_endpoints.py ..... [100%]

===== warnings summary =====
app.py:167
  C:\psychozakhyst\backend\backend\app.py:167: LegacyAPIWarning: The Query.get() method is considered legacy as of the 1.x series of SQLAlchemy and becomes a LegacyConstruct in 2.0. The method is now available as Session.get() (deprecated since: 2.0) (Background on SQLAlchemy 2.0 at: https://sqlalche.me/e/b8d9)
    cfg = SurveyConfig.query.get(1)

tests\test_auth_register.py::test_register_creates_user
  C:\Users\admin\Documents\projects\backend\tests\conf\test.py:35: LegacyAPIWarning: The Query.get() method is considered legacy as of the 1.x series of SQLAlchemy
```

Рис. 2. Тестування програми / Program testing

**Візуальний застосунок із графічним інтерфейсом (GUI) системи PsychoZakhyst.** Відповідні скріншоти наведено для трьох основних ролей: військовослужбовця, військового психолога та адміністратора системи. Наведені нижче зображення відображають реальні екрани ПЗ, побудованого на підставі технологій Framework–Vue, Cordova та Flask (Python).

1. **Інтерфейс системи для входу та реєстрації користувача** забезпечує авторизований доступ до системи PsychoZakhyst для всіх категорій користувачів (рис. 3). Інтерфейс адаптований під мобільний формат і має мінімалістичний дизайн у військовій стилістиці.

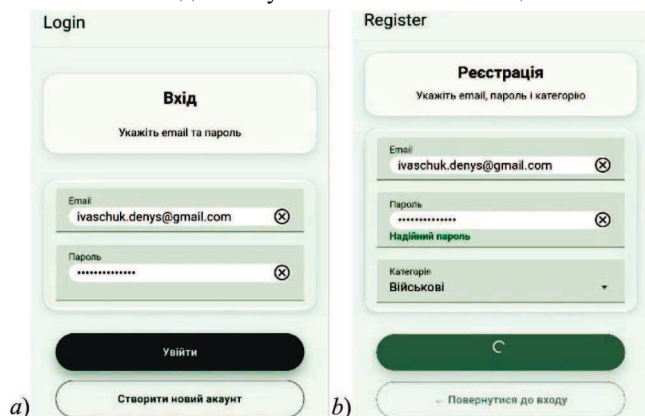


Рис. 3 Екран входу (a), реєстрація користувача (b) / Login screen (a), user registration (b)

2. **Інтерфейс системи для військовослужбовця** містить зображення та опис основних екранів графічного інтерфейсу системи PsychoZakhyst, призначених для використання військовослужбовцем, включно з головною сторінкою, профілем, опитуваннями, звітами, сповіщеннями та засобами комунікації.

Головна сторінка ролі військовослужбовця містить ключову інформацію про стан користувача та доступ до основних функцій системи (рис. 4,a). Якщо профіль не валідований адміністратором системи, то на головній сторінці буде тільки профіль військового (рис. 4,b).

Основні елементи інтерфейсу головної сторінки військовослужбовця:

- Верхня панель – Кнопка переходу до профілю, доступ до чату, назва системи.

- Блок "Мій психологічний стан" відображає: ризик-клас (0–5) з кольоровим маркуванням; останній ПЕН; короткий текстовий висновок щодо стану.
- Кнопки основних розділів подано у вигляді cards: Пройти опитування; Мої звіти; Чат із психологом; Мої сповіщення (Alerts).
- Історія останніх результатів – Коротка зведена інформація про попередні оцінювання, що дає змогу відстежувати зміни стану.

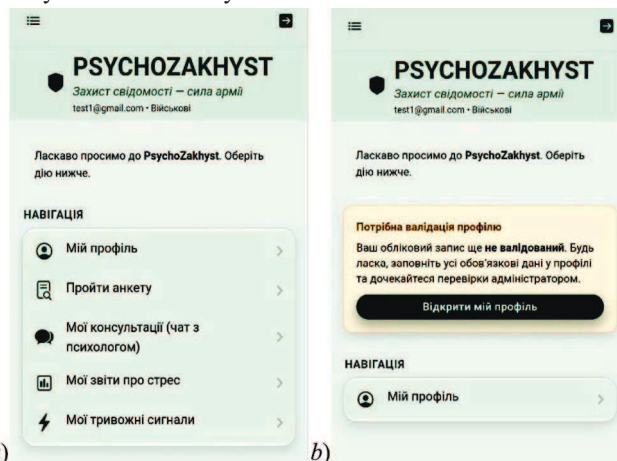


Рис. 4. Головна сторінка ролі військовослужбовця: валідована (a), невалідована (b) адміністратором / Main page of the military personnel role: validated (a), not validated (b) by the administrator

Сторінка "Мій профіль" містить персональні дані користувача, службову інформацію та ключові показники психологічного стану. Екран реалізовано як окремий розділ із вертикальною структурою та доступний через кнопку профілю у верхній панелі навігації (рис. 5). Цей блок слугує для швидкої ідентифікації військовослужбовця. Усі дії, пов'язані зі зміною налаштувань профілю, супроводжуються автоматичною перевіркою коректності введених даних від адміністратора системи. Тільки після валідації адміністратором сторінки військовослужбовця користувач зможе побачити всі функції системи.



Рис. 5. Мій профіль до (a) і після (b) редагування / My profile before (a) and after (b) editing

У верхній частині сторінки "Мій профіль" подають:

- аватар або стандартний значок профілю;
- прізвище, ім'я та по батькові користувача;
- позивний (якщо встановлено);
- військове звання;
- підрозділ або військова частина.

Сторінка "Пройти анкету тепер" призначена для оперативного запуску системи психоемоційного опитування військовослужбовця. Вона слугує швидким доступом до анкети без додаткових переходів по меню, забезпечуючи негайний початок оцінювання стану користувача (рис. 6,а).

Інтерфейс сторінки користувача містить:

- кнопку запуску системи опитування, стилізовану як основну дію та розміщену у центральній частині екрана;
- короткий опис мети анкети – збір текстових відповідей для подальшого визначення рівня стресу та інтегрального показника ШПЕН;

- індикатор мінімальних вимог до відповідей (довжина від 20 символів), що інформує користувача про правила заповнення;
- інформаційний блок із поясненням, що результати будуть автоматично збережені та передані для аналізу моделі mBERT.

Після натискання на кнопку користувач переходить безпосередньо до сторінки анкети, де послідовно заповнює усі запитання, сформовані відповідно до критеріїв оцінювання психоемоційного стану (рис. 6,б). Система обробляє відповіді в реальному часі, надсилаючи їх на сервер для подальшого аналізу, формування ШПЕН та створення персоналізованого стрес-звіту (рис. 6,с).

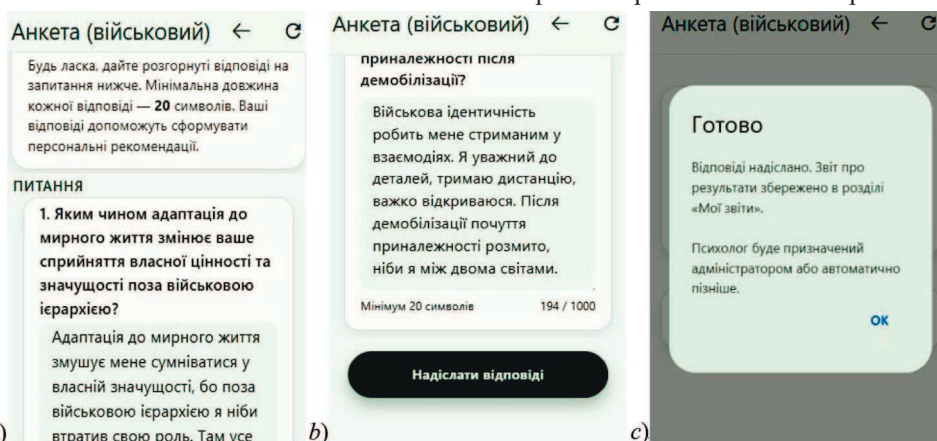


Рис. 6. Анкета для військового (а), надсилання відповідей (b,c) / Questionnaire for military personnel (a), sending answers (b, c)

Сторінка "Мої консультації" відображає всі активні та завершені консультації військовослужбовця із психологами. На ній подано перелік доступних діалогів із зазначенням психолога, дати останнього повідомлення та наявності непрочитаних звернень (рис. 7,а). Користувач може відкрити будь-яку консультацію та перейти до чату, де підтримуються текстові повідомлення, голосові записи та надсилання файлів. Інтерфейс також показує статус психолога (онлайн) та час останньої активності (рис. 7,б).

Сторінка "Мої звіти про стрес" відображає історію всіх стрес-звітів, сформованих на підставі відповідей військовослужбовця. У переліку для кожного звіту показуються дата створення, інтегральний показник ШПЕН та визначений рівень стресу (рис. 8,а). Користувач може відкрити будь-який звіт, щоб переглянути детальні результати: вектор ймовірностей, ризик-клас, коментарі системи та доступний PDF-варіант.

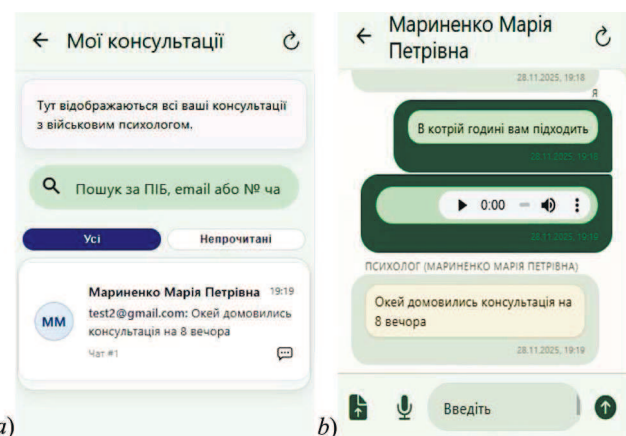


Рис. 7. Мої консультації із психологом (а), статус психолога (онлайн) та час останньої її активності (б) / My consultations with the psychologist (a), the psychologist's status (online) and the time of her last activity (b)

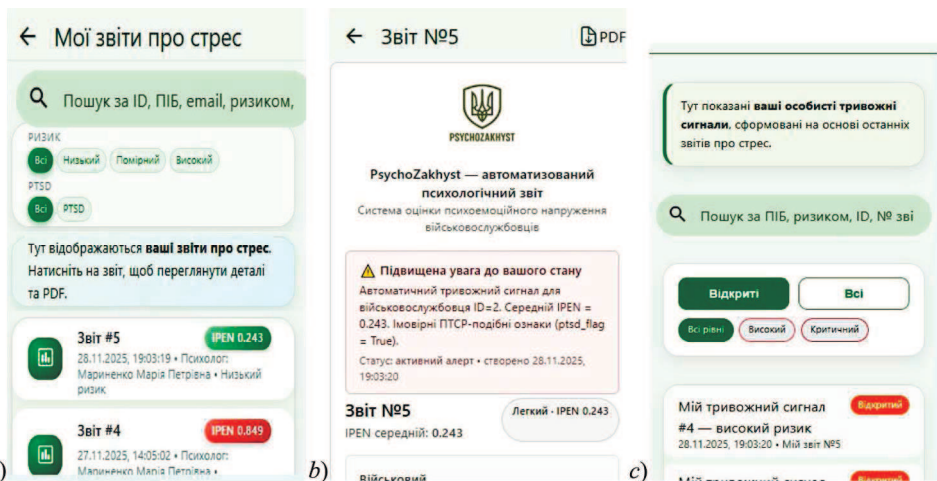


Рис. 8. Звіти для військового: рівень стресу (а), динаміка власного психоемоційного стану (б), тривожні сигнали (с) / Reports for the military: stress level (a), dynamics of personal psycho-emotional state (b), warning signs (c)

Сторінка також дає змогу стежити за динамікою власного психоемоційного стану та швидко повертатися до попередніх оцінювань (рис. 8, *b*). Користувач може відкрити будь-який сигнал, щоб переглянути деталі, рекомендації системи та дії, які вже виконали психолог або адміністратор системи. Якщо сигнал ще активний, на сторінці відображається його поточний статус та необхідні кроки реагування (рис. 8, *c*).

3. *Інтерфейс системи для психолога.* Візуальний інтерфейс психолога у системі PsychoZakhyst забезпечує доступ до ключових інструментів аналітики та взаємодії з військовослужбовцями. Його структура орієнтована на ефективну роботу фахівця, швидкий перегляд динаміки стану підопічних та оперативне реагування на критичні ситуації.

Сторінка "Профіль психолога" відображає основні персональні та професійні дані спеціаліста: фото, контактну інформацію, кваліфікацію, спеціалізацію, досвід, освіту, сертифікації та графік доступності. Профіль використовують для підтвердження компетентності психолога та забезпечує прозорість його роботи в системі. Валідація профілю психолога (рис. 9, *a*) проходить ідентично до валідації профілю військовослужбовця.

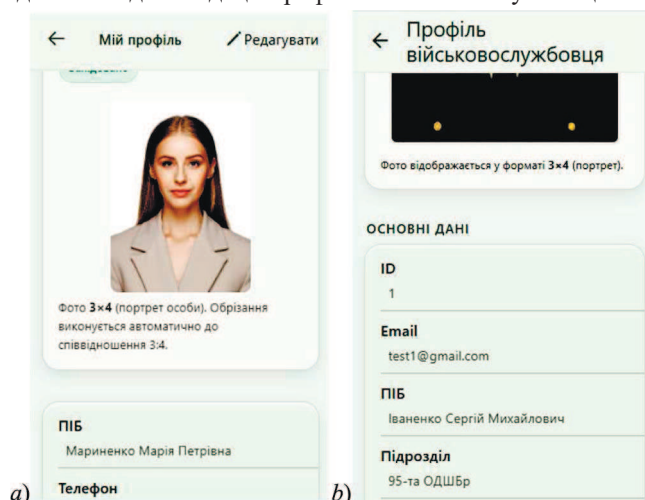


Рис. 9. Профіль психолога (а) та обраного військовослужбовця (b) / Profile of a psychologist (a) and a selected military serviceman (b)

Головна панель психолога містить зведену інформацію про стан підопічних: кількість активних військовослужбовців, нові тривожні сигнали, непрочитані консультації та загальні зміни рівнів стресу. Розміщені тут віджети дають змогу швидко переходити до потрібних розділів (рис. 9, *b*).

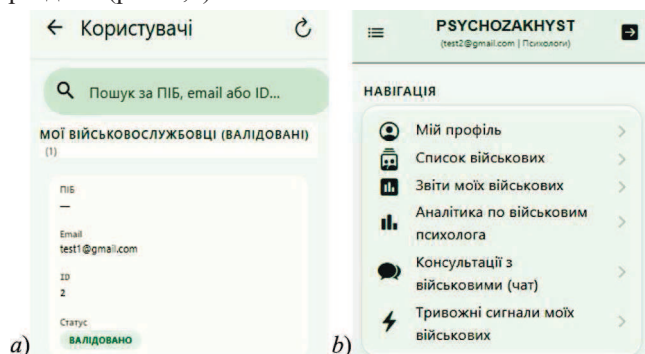


Рис. 10. Перелік військовослужбовців (а) та їх тривожні сигнали (с) / List of military personnel (a) and their distress signals (c)

Екран військовослужбовців відображає перелік підопічних військових із короткими характеристиками:

ім'я або ID, останній рівень стресу, дату звіту та індикатор ризику (рис. 10, *a*). Психолог може швидко знайти потрібну людину за фільтрами або пошуком і зайти на профіль військовослужбовця (рис. 10, *b*).

Розділ "Звіти військових" надає психологу доступ до всіх стрес-звітів підопічних. Для кожного відображаються дата, ШПЕН, рівень стресу та зміни показників. Психолог може відкривати деталі, переглядати вектор ймовірностей, порівнювати динаміку та використовувати дані звітів під час консультацій і реагування на тривожні сигнали (рис. 11, *a*).

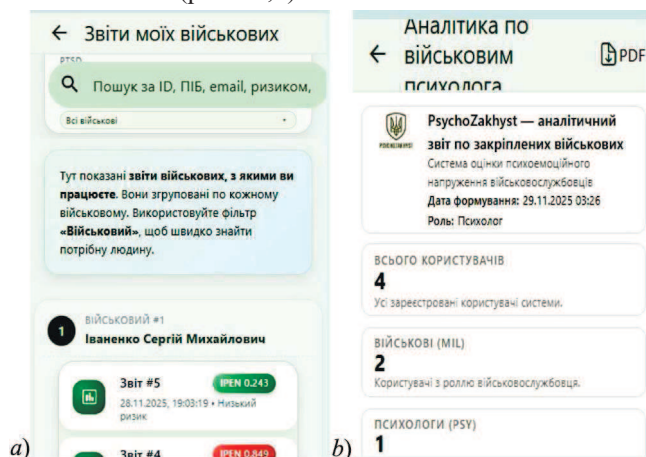


Рис. 11. Звіти військового (а) та аналітичний модуль (b) / Military reports (a) and analytical module (b)

Аналітичний модуль надає психологу узагальнену статистику щодо стану підопічних: динаміку ШПЕН, розподіл ризик-класів та тенденції змін. Графіки та показники дають змогу швидко оцінити ситуацію та виявити критичні випадки (рис. 11, *b*).

У консультаційному чаті психолог веде спілкування з військовослужбовцями в режимі повідомлень (рис. 12, *a*). Підтримуються текст, голосові записи та вкладення. Чат забезпечує персональну взаємодію та супровід військового (рис. 12, *b*).

Розділ "Тривожні сигнали військових" містить перелік автоматично згенерованих системою попереджень про критичні зміни у стані військових. Психолог може переглядати деталі сигналів, стежити за їх статусом та реагувати відповідно до рівня ризику (рис. 12, *c*).

4. *Інтерфейс системи для адміністратора.* Графічний інтерфейс адміністратора призначений для керування системою PsychoZakhyst, контролю користувачів, модерації даних та моніторингу загального стану платформи. Інтерфейс містить основні службові інструменти: перегляд реєстрацій, керування ролями, перевірку профілів психологів, перегляд анонімного аудиту консультацій й оброблення технічних подій.

Головна сторінка адміністратора системи містить роль користувача та основне меню навігації. Інтерфейс побудований як простий перелік ключових розділів, що забезпечують доступ до керування системою (рис. 13, *a*).

Розділ "Налаштування питань (анкета)" дає адміністратору можливість керувати переліком запитань психоемоційної анкети. Інтерфейс дає змогу здійснювати налаштування анкети (рис. 13, *b*), додавати нові запитання (рис. 13, *c*), редагувати наявні та змінювати їх порядок у переліку (рис. 13, *d*). Усі оновлення автоматично застосовуються у військовій та психологічній версіях системи.

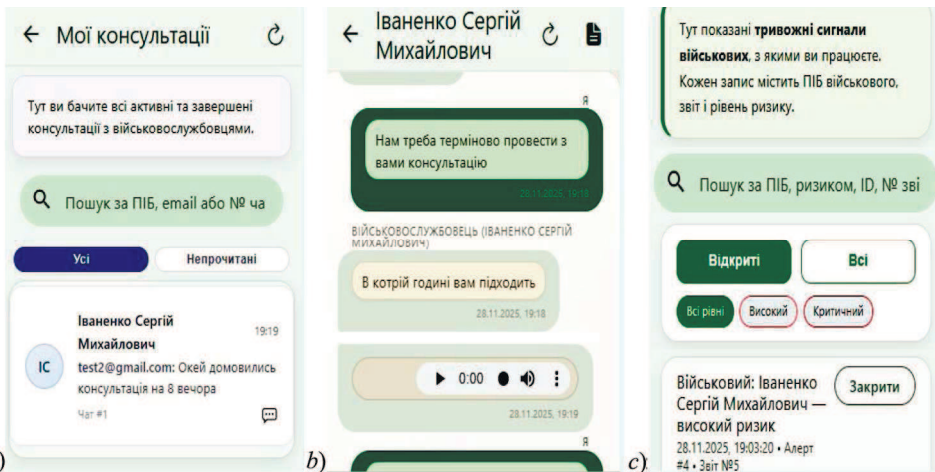


Рис. 12. Консультаційні чати психолога (a), персональна взаємодія та супровід військового (b), його тривожні сигнали (c) /  
Psychologist consultation chats (a), personal interaction and support from military personnel (b), their warning signs (c)

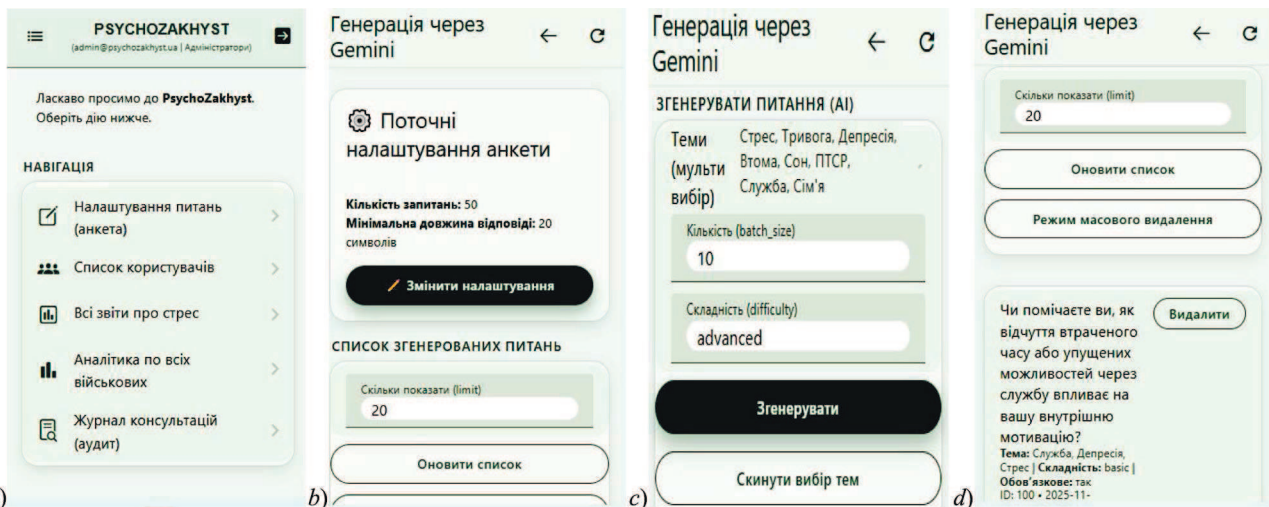


Рис. 13. Головна сторінка адміністратора (a), поточні налаштування анкети (b), генерування запитань через Gemini (c) та згенеровані питання (d) / Administrator home page (a), current questionnaire settings (b), question generation via Gemini (c) and generated questions (d)

Розділ "Перелік користувачів" містить повний перелік зареєстрованих у системі користувачів: військових, психологів та адміністраторів (рис. 14,a). Адміністратор системи може переглядати профілі, контролювати ролі, блокувати або активувати облікові записи та стежити за їх статусом (рис. 14,b).

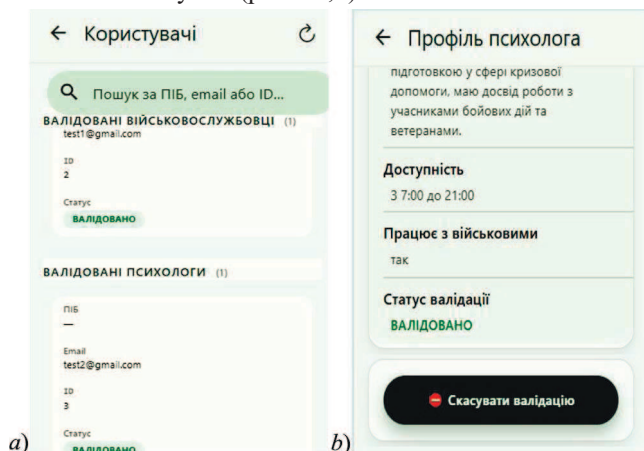


Рис. 14. Перелік користувачів (a) та профіль психолога (b) /  
List of users (a) and psychologist profile (b)

У розділі "Всі звіти про стрес" надає доступ до всіх стрес-звітів, створених на платформі. Всі звіти про стрес підтверджують, що стрес військового – це фізі-

ологічна та психологічна реакція організму на будь-які значущі зміни або вимоги (стресори), що може бути як корисним (еустрес, мотивує), так і шкідливим (дистрес, виснажує), проявляючись на фізичному (серцебиття, піт) та емоційному рівнях, і вимагає адаптації, що при тривалості може призводити до серйозних розладів здоров'я. Адміністратор системи може переглядати дату звіту, ПЕН, рівень стресу, відповідального користувача та відкривати детальну інформацію по кожному запису (рис. 15,a). Розділ використовують для технічної перевірки повноти й коректності даних, а також отримання висновку, що стрес – це двосічний меч, який залежно від інтенсивності та тривалості може бути як рушієм, так і руйнівником, і його розуміння є ключовим для збереження здоров'я військових.

Розділ "Аналітика по всіх військових" відображаються узагальнені показники системи: динаміка ПЕН, розподіл рівнів стресу, кількість активних користувачів та інші агреговані метрики. Аналітика дає змогу оцінити загальний стан у системі та контролювати зміни на глобальному рівні (рис. 15,b). Водночас, аналітика про стрес військових – це вивчення фізіологічних та психологічних реакцій, які виникають у них під впливом екстремальних умов ведення війни, охоплюючи такі аспекти, як причини (вибухи, втрати), прояви (тремор, тривога), наслідки (ПТСР, недієздатність) та методи протидії

(профілактика, психологічна допомога), щоб підтримувати їхню боездатність і психічне здоров'я.

Розділ "Журнал консультацій (аудит)" призначений для перегляду повної історії консультацій між військовими та психологами. Він містить насамперед інформацію про технічні події: час повідомлення, учасника в анонімному поданні, тип події та службову інформацію. Цей журнал використовують для аудиту, контролю роботи психологів та вирішення спірних ситуацій (рис.

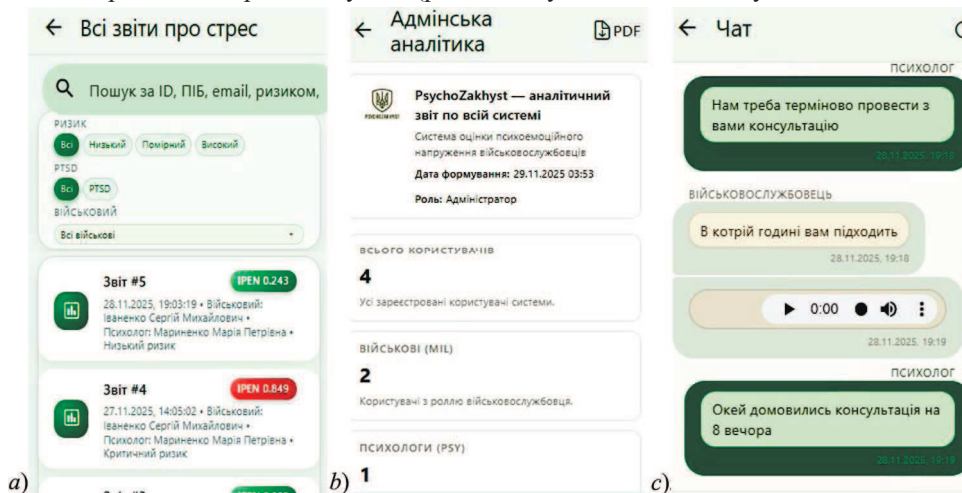


Рис. 15. Всі звіти про стрес (а), аналітика по всіх військових (b) та журнал консультацій (с) / All stress reports (a), analytics on all military personnel (b) and consultation log (c)

**Аналіз результатів тренування та валідації моделі машинного навчання.** У процесі розроблення системи PsychoZakhyst було проведено комплексне експериментальне дослідження роботи трансформерної моделі mBERT, адаптованої для автоматизованого визначення рівня психоемоційного навантаження військовослужбовців. Основну увагу було зосереджено на оцінюванні точності класифікації рівнів стресу та здатності моделі коректно прогнозувати інтегральний показник ШЕН, що відображає загальну психоемоційну напруженість у текстових відповідях військових.

Для тренування та валідації моделі було сформовано спеціальний набір даних military\_K.csv обсягом 10 284 текстових записів, що містять природні та синтетично згенеровані описи психологічних станів. Кожен запис містить текст відповіді, мітку класу стресу (0–5), назву стану та цільове значення ШЕН, сформоване за відповідною формулою на підставі імовірнісних виходів моделі. Розподіл даних між класами був збалансованим так, що забезпечило відсутність зміщення під час тренування моделі. Особливу увагу було приділено підготовці синтетичних відповідей військових щодо їхнього психологічного стану, які доповнювали реальні приклади та відтворювали широкий спектр психологічних станів – від нормального до критичного.

Загалом, оброблення відповідей (реакцій) військових на психологічні виклики – це процес аналізу та розуміння їхніх емоційних станів, стресових реакцій та потреб за допомогою інструментів типу клінічних інтерв'ю та опитувальників, що дає можливість розробляти індивідуальні програми їхньої підтримки і реабілітації, а також морально-психологічне забезпечення (МПЗ), спрямовані на формування стійкості, подолання травм та повернення до нормального функціонування, щоб підтримувати їхню боездатність. На підставі отриманих даних підбираються індивідуальні методики психоло-

гічної реабілітації військових та їхньої підготовки (корекційної, відновлювальної).

Водночас, журнал консультацій військових – це офіційний документ для систематичного обліку індивідуальних бесід з ними, психологічних консультацій та інших питань, що стосуються військовослужбовців, який ведеться психологами, командами чи відповідальними особами задля контролю їхнього морально-психологічного стану, виявлення проблем та надання підтримки, що забезпечує бойову готовність та ефективну роботу особового складу.

гчної реабілітації військових та їхньої підготовки (корекційної, відновлювальної).

У процесі навчання було проведено чотири повні епохи, упродовж яких спостерігалася характерна для трансформерних моделей динаміка збіжності. Уже після першої епохи модель продемонструвала істотне зниження значення Train Cross-Entropy Loss, що свідчить про швидке захоплення базових закономірностей у даних. Надалі зменшення помилки сповільнилося, але залишалось стабільним упродовж усіх епох, що вказує на коректне налаштування гіперпараметрів та відсутність неконтрольованого росту помилки або нестабільності оптимізатора (рис. 16).

гчної реабілітації військових та їхньої підготовки (корекційної, відновлювальної).

У процесі навчання було проведено чотири повні епохи, упродовж яких спостерігалася характерна для трансформерних моделей динаміка збіжності. Уже після першої епохи модель продемонструвала істотне зниження значення Train Cross-Entropy Loss, що свідчить про швидке захоплення базових закономірностей у даних. Надалі зменшення помилки сповільнилося, але залишалось стабільним упродовж усіх епох, що вказує на коректне налаштування гіперпараметрів та відсутність неконтрольованого росту помилки або нестабільності оптимізатора (рис. 16).

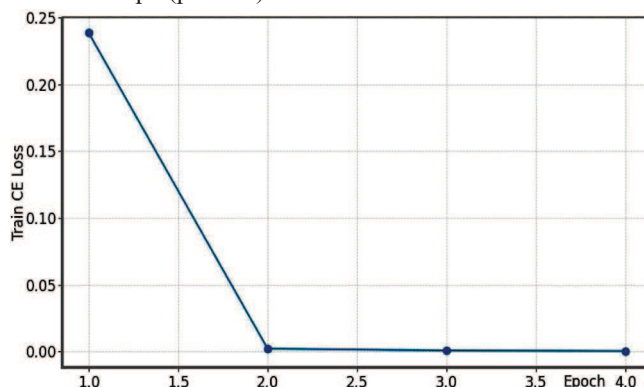


Рис. 16. Лінійний графік глобальних класифікаційних метрик моделі mBERT/ Line chart of the global classification metrics of the mBERT model

На початковій епісі значення втрат становить приблизно 0.24, що свідчить про початкову невпевненість моделі у правильному прогнозуванні класів. Уже на другій епісі значення різко зменшується майже до нуля, що означає швидке пристосування моделі до структури тренувальних даних. На третій та четвертій епохах втрати практично дорівнюють нулю, що відображає

майже ідеальне відтворення моделлю тренувальних прикладів.

Під час валідації модель було оцінено за показниками assigasy, macro-F1, а також за метриками для прогнозування ІПЕН: MSE, MAE і коефіцієнтом кореляції Пірсона. Таке поєднання класифікаційних та регресійних метрик дало змогу комплексно оцінити роботу моделі як інструмента подвійного призначення. На цьому етапі було зафіксовано, що модель найкраще розпізнає крайні класи – "0" (нормальний стан), "4" (високий стрес) та "5" (критичний стрес/ПТСР), що узгоджується з природою військових текстів, де крайні емоційні стани описуються більш виразно. Натомість проміжні класи (1–3) частіше змішуються через слабше виражені семантичні відмінності та варіативність їх лінгвістичного оформлення (рис. 17).

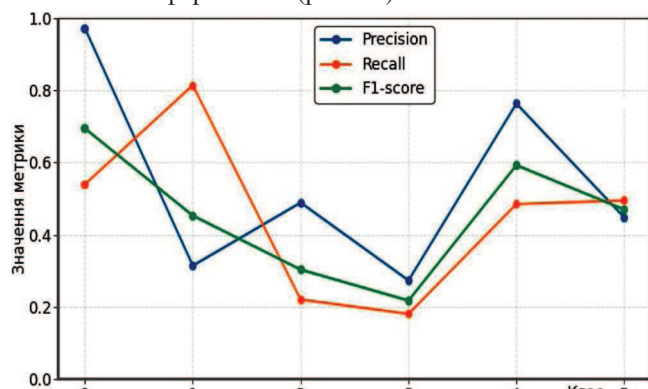


Рис. 17. Лінійний графік глобальних класифікаційних метрик моделі mBERT/ Line chart of the global classification metrics of the mBERT model

Оцінювання моделі на незалежному тестовому наборі military\_K\_hold.csv, що містив 1200 абсолютно нових текстів (по 200 на кожен клас), дало змогу визначити фактичну здатність системи працювати з даними, які не траплялися під час навчання. Holdout-набір було побудовано на підставі семантичних патернів військової комунікації, що забезпечило його реалістичність і коректність. Результати тестування показали значення assigasy = 0.4558 та macro-F1 = 0.4553, що є типовим значенням для завдання багатокласової класифікації із тонкими емоційними переходами. Додатковий аналіз матриці плутанини підтвердив, що модель стабільно визначає низькі та високі рівні стресу, тоді як помірні стани мають тенденцію перетинатися.

Регресійна частина моделі продемонструвала значно кращу стабільність: отримано MAE = 0.2000, MSE = 0.0816 та кореляцію Пірсона  $r = 0.5892$  між прогнозованими та фактичними значеннями ІПЕН. Це свідчить про те, що навіть у разі невпевненої класифікації модель здатна адекватно відтворити загальну тенденцію психоемоційного стану та оцінити його числову інтенсивність. Саме ІПЕН виступає найінформативнішим параметром у практичному застосуванні – психолог може швидко оцінити не категорію, а реальний рівень психоемоційного навантаження, що значно підвищує корисність системи за реальних умов служби.

**Аналіз отриманих результатів дослідження.** Отримані результати дослідження дають змогу комплексно оцінити ефективність застосування трансформерної моделі mBERT для автоматизованого визначення рівня психоемоційного навантаження військовослужбовців на

підставі текстових відповідей. Модель демонструє швидку збіжність під час тренування: Train Cross-Entropy Loss знижується до майже нульових значень уже після другої епохи, що свідчить про високу здатність моделі вивчати патерни синтетичних і структурованих психоемоційних текстів. Така динаміка підтверджує коректність побудованого пайплайна навчання та використання гіперпараметрів, однак вказує на можливість перенавчання – типову ситуацію для потужних моделей із великим числом параметрів, що працюють з обмеженими наборами даних.

Результати тестування на незалежному holdout-наборі відображають складність завдання та високу варіативність психологічних текстів військових. Показники assigasy  $\approx 0.4558$  та macro-F1  $\approx 0.4553$  є характерними для мультикласових класифікацій емоційних станів, де межі між сусідніми класами не мають чіткого лінгвістичного відображення, а семантичні прояви емоцій часто перекриваються. Модель найкраще розрізняє нормальний стан, високий стрес і критичний стрес, що є важливою перевагою в реальних військових сценаріях, оскільки саме ці класи найбільше впливають на ухвалення рішень психологами та командирами підрозділів.

Регресійна частина моделі демонструє значно стабільніші результати: значення MAE = 0.2000, MSE = 0.0816 та кореляція Пірсона  $r \approx 0.5892$  свідчать, що модель ефективно оцінює загальний рівень психоемоційного навантаження навіть у разі, коли класифікація точного рівня стресу є ускладненою. Така інваріантність до семантичної варіативності текстів підтверджує, що інтегральний індекс ІПЕН виконує роль надійного додаткового аналітичного показника, який може компенсувати похибки класифікації та давати більш узагальнене уявлення про стан військовослужбовця.

Порівняння результатів тренування і тестування показує, що модель демонструє ознаки перенавчання, що є очікуваним явищем під час роботи з синтетичними або стилістично однотипними текстами. Проте, ця ситуація не знецінює результатів; навпаки, вона вказує на реальні напрями подальшого покращення: використання додаткових джерел природних військових текстів, збільшення стилістичного розмаїття даних, застосування data augmentation, регуляризації (dropout, weight decay) та адаптації моделі до військового дискурсу методом додаткового domain-specific pretraining.

Загалом, результати дослідження свідчать про те, що створена система PsychoZakhyst є працездатною, практично корисною та здатною виконувати завдання первинного скринінгу психоемоційного стану військовослужбовців. Модель демонструє високу чутливість до критичних станів і достатню точність у прогнозуванні інтегрального показника навантаження, що робить її перспективною основою для розвитку дедалі масштабнішої системи цифрової психодіагностики військових у Збройних силах України.

**Обговорення результатів дослідження.** У роботі [14] наведено результати удосконалення психологічної підготовки військовослужбовців, а саме – сучасні підходи, системні оцінювання та практичні рекомендації. Автори вважають, що рівень бойової готовності, враховуючи психологічну підготовку військовослужбовців, має вирішальне значення для мобілізації фізичних, розумових та психологічних ресурсів, що дає змогу їм де-

монструвати відповідну поведінку за стресових ситуацій. Їхнє дослідження має на меті критично проаналізувати сучасні підходи до психологічної підготовки військовослужбовців, визначивши як сильні сторони, так і напрями для їх вдосконалення. Результати дослідження свідчать про те, що навчання за умов, що точно імітують реальні бойові сценарії, значною мірою сприяє розвитку емоційної стійкості, перетворюючи стрес на мотивізаційний фактор, а не на руйнівний. Регулярні вправи та тренування для покращення емоційного інтелекту мають вирішальне значення для того, щоб допомогти військовослужбовцям справлятися зі стресом, залишатися мотивованими та зберігати самовладання за умов тиску, покращуючи когнітивну гнучкість і командну роботу. Окрім цього, інтеграція технології біологічного зворотного зв'язку в психологічну підготовку пропонує додаткові переваги, допомагаючи військовослужбовцям контролювати фізіологічні реакції та розвивати механізми подолання.

У роботі [6] наведено результати важкого повернення військовослужбовців, а саме – мистецтво реабілітації та їхнє соціальне здоров'я. Автор вважає, що багата історія мистецтва реабілітації, психічного здоров'я та військової роботи сягає часів першої світової війни. Він описує чотирирічний дослідницький проєкт, що базується на мистецтві реабілітації, зосередженому на роботі з військовослужбовцями, що повертаються з війни, та їхніми сім'ями, які стикаються з проблемами психічного здоров'я. Проєкт "Важке повернення", що фінансується грантом Австралійської дослідницької ради Discovery, складався з трьох окремих заходів: онлайн-кампанії з підвищення обізнаності про психічне здоров'я; документальної вистави, розробленої для мотивації військової аудиторії звертатися за допомогою; та десятиденної інтенсивної психотерапевтичної програми з використанням інсценізацій. У дослідженні окреслено ключові концепції, методи, підхід та наслідки для виконання подальших етапів дослідження. Автор стверджує, що проєкти психічного здоров'я, засновані на мистецтві реабілітації, повинні поєднувати міждисциплінарні підходи, які охоплюють складні парадигми, і що різноманітні інтегровані мистецькі підходи можуть бути ефективними у створенні спільнот за інтересами, які, водночас, можуть взаємодіяти, робити внесок та співпрацювати разом для побудови доброго психічного здоров'я військовослужбовців.

У роботі [12] наведено результати інтегративного лікування ПТСР, а саме – аналіз конвенційних та комплементарних підходів, що використовуються для профілактики та лікування ПТСР, з акцентом на військовослужбовців. Автор вважає, що посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) може бути найактуальнішою проблемою, з якою стикаються американські військові сьогодні. Фармакологічні та психологічні втручання зменшують тяжкість деяких симптомів ПТСР, проте ці традиційні підходи мають обмежену ефективність. Ця проблема ускладнюється високим рівнем супутньої черепно-мозкової травми (ЧМТ) та інших медичних і психіатричних розладів у ветеранів з діагнозом ПТСР, а також невирішеними проблемами на системному рівні в межах служб охорони здоров'я Адміністрації у справах ветеранів та Міністерства оборони, які перешкоджають належному та оперативному догляду за ветеранами та

військовослужбовцями, що перебувають на дійсній військовій службі. Це дослідження пропонується як основа для міждисциплінарного діалогу та співпраці між експертами з біомедицини та комплементарної та альтернативної медицини, що охоплюють три основні сфери потреб: навчання стійкості у військових групах високого ризику, профілактика ПТСР після пережитої травми в бойових діях та ефективне лікування встановлених випадків ПТСР.

У роботі [7] наведено результати інтеграції психофізіологічних технологій для управління стресом, а саме – проблеми та рішення в українській системі охорони здоров'я. Автори вважають, що зростання стресу та розладів психічного здоров'я військовослужбовців в Україні вказує на необхідність ефективних психофізіологічних втручань у систему охорони здоров'я. Методологія дослідження містила всебічний аналіз доступної наукової літератури та аналіз експериментальних даних, що дало змогу визначити ключові підходи до використання біологічного зворотного зв'язку, медитації та технік релаксації під час розроблення нової концептуальної моделі. Мобільні застосунки, що поєднують методи релаксації з інтерактивним зворотним зв'язком, зроблять їх значно доступнішими. Такі інформаційні технології, що використовуються з фармакологічним лікуванням військовослужбовців, можуть зменшити дозування фармацевтичних препаратів, побічні ефекти та ефективність лікування. Міждисциплінарні команди психологів, фізіологів та лікарів лікуватимуть психосоматичні захворювання комплексно. Ці дії покращать психічне здоров'я населення та узгодять систему охорони здоров'я зі світовими нормами.

У роботі [13] наведено результати дистанційного розпізнавання людських емоцій за допомогою глибокого машинного навчання штучних нейронних мереж. Автори вважають, що в суспільстві існує потреба у використанні цифрових і кібернетичних методів дистанційної діагностики психічного стану людини, насамперед військовослужбовців. Використання цифрової або кіберфізичної системи у процесі дистанційного розпізнавання їхнього психічного стану дає змогу підвищити ефективність розпізнавання фактичного психоемоційного стану пацієнта, як у режимі консультування і тестування, так і в режимі динамічного спостереження. Для дистанційного оцінювання психічного стану військових широко використовуються методи, засновані на розпізнаванні мімічної активності, яка рефлексивно пов'язана з проявом психоемоційного стану.

У роботі [18] наведено результати розроблення ітеративної моделі, що містить mBERT, CSLM та ADAN для багатомовного аналізу настроїв дописувачів з перемиканням коду. Автори вважають, що глобальне поширення контенту з перемиканням коду та багатомовного контенту в Twitter вказує на важливість ефективного аналізу їхніх настроїв. Однак, наявні алгоритми часто ігнорують регіональні та багатомовні твіти, що призводить до зниження продуктивності системи. Щоб вирішити цю проблему, їхнє дослідження представляє модель, яка інтегрує mBERT, CSLM та ADAN для покращення аналізу настроїв дописувачів. Трансформер mBERT, навчений на великому двомовному наборі даних, фіксує складні контекстні вбудовування як з англійських, так і з маратхі твітів. CSLM розроблено для

оброблення складнощів перемикання коду в контенті змішаною мовою, тоді як ADAN використовує змагальне навчання для зменшення упередженостей та покращення інваріантності домену в політичних, соціальних та комерційних твітах. Комбінована модель mBERT-CSLM-ADAN досягає точності 89 %, перевершуючи базові моделі mBERT та CSLM. Запропонований авторами підхід пропонує більш узагальнене, надійне та гнучке до домену рішення для класифікації настроїв відвідувачів у соціальних мережах, особливо в його багатомовному середовищі.

У роботі [16] наведено результати дослідження моделі mBERT для уточнення запитів для розпізнавання значення слів мовою маратхі. Автори вважають, що розшифрування змісту слова передбачає визначення відповідного його значення в заданому контексті. Оброблення природної мови NLP продовжує стикатися з проблемами, пов'язаними з неоднозначністю. Зменшення цих неоднозначностей для таких застосувань, як машинний переклад, вилучення даних, пошук інформації, системи відповідей на запити. У своїй роботі вони запропонували модель mBERT для розшифрування слів в уточненні запитів мовою маратхі, що демонструє хорошу продуктивність з точністю 92,5 %. Ця точність демонструє здатність моделі правильно інтерпретувати передбачувані значення неоднозначних слів у запитах мовою маратхі. З точністю 91,2 % модель ефективно мінімізує хибнопозитивні результати, гарантуючи, що уточнені запити залишаються релевантними та змістовними, а показник повноти 90,8 % демонструє її здатність отримувати найрелевантнішу інформацію з контексту запиту. Збалансована продуктивність моделі додатково визначена високим показником F1 91,0 %, що відображає гармонійне поєднання точності та повноти.

У роботі [27] наведено результати розкриття користувачького досвіду використання системи оцінювання психічного здоров'я військових на підставі штучного інтелекту з доказами на підставі симптомів. Автори вважають, що системи онлайн-оцінювання психічного здоров'я пропонують військовослужбовцям можливість оцінювати своє психічне здоров'я без соціальної стигми. Завдяки останнім досягненням ці системи розвинулися за межі попередньо визначених анкет для виявлення станів психічного здоров'я з тексту, створеного користувачами. Однак, наявні дослідження зосереджувалися на точності моделі, приділяючи обмежену увагу досвіду користувачів. Щоб подолати ці прогалини, автори досліджують намір користувачів використовувати системи оцінювання психічного здоров'я пацієнтів на підставі штучного інтелекту та досліджують як підходи, засновані на симптомах, впливають на досвід користувачів. Вони розробили систему оцінювання психічного здоров'я, використовуючи оброблення природної мови NLP, та провели внутрішньосуб'єктне дослідження з 30 учасниками проекту. Результати показали, що пояснення, засновані на симптомах, покращують розуміння користувачами свого психічного здоров'я, до того ж більшість учасників висловили намір їх використовувати. Хоча доступність, анонімність і саморефлексія позитивно вплинули на намір використання розробленої системи, узагальнений результат та відсутність детального пояснення були обмежувальним фактором. Отримані результати свідчать про те, що системи оцінюван-

ня психічного здоров'я військових на підставі штучного інтелекту є допоміжними інструментами для оцінювання на ранніх стадіях, наголошуючи на важливості персоналізованого оцінювання.

У роботі [10] наведено результати дослідження особливостей сприйняття кризи психічного здоров'я серед наставників-ветеранів військової служби США та потенціал мобільних інтервенцій з підтримки однолітків. Автори вважають, що ветерани військової служби США стикаються з підвищеним ризиком самогубства або прояву суїцидальної поведінки. Втручання взаємодопомоги довели свою ефективність для ветеранів завдяки їхньому спільному досвіду та спільноті. Однак, оскільки ветерани можуть зіткнутися з кризою психічного здоров'я в будь-який час, вкрай важливо, щоб наставники могли достатньо рано виявити попереджувальні ознаки кризи у своїх колег. Мобільні технології мають потенціал для сприяння та покращення комунікації між колегами. Розуміння того, як ветеранська спільнота сприймає симптоми кризи, а також їхні цінності та технологічні потреби, має першорядне значення у створенні будь-якого інструменту чи прийнятті будь-якої стратегії. Тому автори провели дослідження з використанням змішаних методів за участю дванадцяти військових ветеранів-наставників. Їхнє дослідження пропонує глибоке розуміння нюансів уявлень ветеранів-наставників про ранні попереджувальні сигнали та симптоми гострої кризи психічного здоров'я, а також аспектів технологій, які можуть допомогти цій спільноті розпізнати та впоратися з цими симптомами.

В результаті обговорення результатів дослідження було виявлено, що різні науковці в різних країнах по-різному вирішували проблему розроблення системи оцінювання психологічного стану військовослужбовців, отримуючи при цьому як позитивні, так і часткового негативні результати. Запропоноване нами вирішення цієї проблеми здатне забезпечити автоматизований аналіз текстових відповідей, швидко виявляти ранні ознаки стресових і посттравматичних розладів військовослужбовців, підвищувати ефективність надання психологічної підтримки та здійснювати формування персоналізованих рекомендацій для фахівців.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна результатів дослідження* – отримала подальший розвиток методика розроблення системи оцінювання психологічного стану військовослужбовців методами оброблення природної мови, яка, на відміну від наявної, враховує класифікацію рівня їхнього стресу та інтегральний показник психоемоційного навантаження (ПЕН), що поєднує аналіз текстових відповідей опитуваних українською мовою, здійснює класифікацію їхніх станів і виявляє ризикові серед них, а також дає змогу формувати індивідуальні стрес-звіти та надавати рекомендації для психологічної підтримки.

*Практична значущість результатів дослідження* – створену цифрову систему можна використати для оперативного виявлення ПТСР серед військовослужбовців ЗСУ, їхню тривогу та виснаження, компенсувати брак швидких інструментів психічного скринінгу та забезпечувати автоматизований аналіз їхніх текстових відповідей методами NLP і штучного інтелекту.

## Висновки / Conclusions

Розроблено вебсистему для оцінювання психологічного стану військових із використанням методів оброблення природної мови NLP, яка дала змогу оперативно визначати рівень їхнього стресу, виявляти ризикові стани, формувати індивідуальні стрес-звіти та надавати рекомендації для психологічної підтримки. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. На підставі трансформерної архітектури mBERT розроблено методу, що поєднує багатокласову класифікацію рівнів стресу та прогнозування інтегрального показника психоемоційного навантаження (ІПЕН), що дає змогу оцінити стан військових як у дискретному, так і в безперервному форматах.
2. Сформовано збалансований набір даних, який містить як реальні, так і синтетичні тексти, що відображають психоемоційні прояви військовослужбовців різних рівнів стресу. Проведено очищення даних, їхню токенизацію та розподіл на train/validation/test вибірки, а також сформовано незалежний holdout-набір для фінальної перевірки моделі, що забезпечило об'єктивність і відтворюваність експериментів.
3. Унаслідок тестування fine-tuning моделі mBERT отримано такі ключові результати: macro-F1  $\approx$  0.455, accuracy  $\approx$  0.456, що є типовими показниками для багатокласових психологічних задач з тонкими семантичними відмінностями між класами. З'ясовано, що регресійна частина моделі продемонструвала стабільну якість прогнозування інтегрального показника ІПЕН: MAE = 0.2000, MSE = 0.0816, Pearson r = 0.5892. Це засвідчує про те, що навіть у разі нечіткої класифікації модель здатна надійно оцінювати загальний рівень психоемоційного навантаження.
4. Порівняльний аналіз результатів тренування та тестування моделі mBERT виявив характерний ефект перенавчання: модель дуже добре відтворює тренувальні дані, тоді як на незалежному наборі даних показує нижчі метрики. Це свідчить про потребу в подальшому її удосконаленні, зокрема – у розширенні реальних наборів даних, підсиленні процедури регуляризації, використанні data augmentation та методів domain adaptation для військового текстового дискурсу. Проте, навіть за таких умов, модель демонструє здатність коректно розпізнавати крайні (нормальні та критичні) стани військовослужбовців, що є особливо важливим для практичних військових застосувань.
5. Запропонований метод автоматизованого аналізу текстових відповідей військовослужбовців має як наукову новизну, так і практичну значущість. Він дає змогу підвищити об'єктивність їхнього психологічного скринінгу, забезпечує можливість раннього виявлення ознак виснаження, тривоги та ПТСР, формує підґрунтя для створення цифрових інструментів підтримки психологічних служб та командирів підрозділів. Інтеграція методу у вебсистему PsychoZakhyst підтвердила його ефективність, відтворюваність і здатність працювати за реальних умов, забезпечуючи автоматичне формування психологічних звітів і метрик.
6. Розроблену вебсистему можна використати для оперативного виявлення ПТСР серед військовослужбовців ЗСУ, їхню тривогу та виснаження, компенсувати брак швидких інструментів психічного скринінгу, що дасть змогу забезпечити автоматизований аналіз їхніх текстових відповідей методами NLP і штучного інтелекту.

Отже, поставлені в роботі цілі досягнуто повністю. Розроблений метод та створена інфраструктура становлять основу для подальших етапів дослідження у галузі

NLP-аналізу психоемоційних станів військовослужбовців, а також відкривають перспективи масштабування, удосконалення та впровадження у практику військової психологічної підтримки.

## References

1. Acheampong, F. A., Nunoo-Mensah, H., & Chen, W. (2022). A review of transformer models for emotion recognition in text. *IEEE Access*, 34 p. URL: <https://arXiv.org/pdf/2004.12765>
2. Akhtar, M. S., Chauhan, D., Ekbal, A., & Bhattacharyya, P. (2021). A multitask approach for multilingual emotion detection using BERT. *Cognitive Computation*, 14 p. URL: <https://arXiv.org/pdf/1907.08729>
3. Almalki, S. S. (2025). Sentiment analysis and emotion detection using transformer-based models in multilingual social media. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 21(3), 10 p. URL: [https://thesai.org/Downloads/Volume16No3/Paper\\_32-Sentiment\\_Analysis\\_and\\_Emotion\\_Detection.pdf](https://thesai.org/Downloads/Volume16No3/Paper_32-Sentiment_Analysis_and_Emotion_Detection.pdf)
4. Asland, Z. (2024). Emotion detection using BERT-based approaches in natural language processing tasks. *DergiPark*, 20 p. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/4105316>
5. Romanyak, O., & Levus, Ye. (2025). Methods and means for managing autonomous and semi-autonomous robotic logistics devices on the battlefield: analysis and possible solutions. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 355(4), 506–519. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-72>
6. Balfour, M. (2019, February). The difficult return: The arts and social health of returning military personnel. *The Arts in Psychotherapy*, vol. 62, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2018.11.003>
7. Boltivets, S., Furman, A. V., Furman, Oksana, Korolchuk, V., & Korolchuk, M. (2025, December). Integrating psychophysiological technologies for stress management: Challenges and solutions in the Ukrainian healthcare system. *European Journal of Trauma & Dissociation*, vol. 9, issue 4, article ID 100603. <https://doi.org/10.1016/j.ejtd.2025.100603>
8. Chavan, T., Deshpande, K., & Sonawane, S. (2023). Empathy and distress recognition using transformer ensemble models. *arXiv Preprint*, 11 p. URL: <https://arXiv.org/pdf/2312.02578>
9. De Bruyne, L., Singh, P., De Clercq, O., Lefever, E., & Hoste, V. (2022). How does emotion detection depend on language? Evidence from Multilingual BERT. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Multilingual Representation Learning (MRL)*, 10 p. URL: <https://aclanthology.org/2022.mrl-1.7.pdf>
10. Haque, Md R., Franco, Z., Hossain, Md F., Frydrychowicz, W., et al. (2023). Perceptions of Mental Health Crisis among U.S. Military Veteran Peer Mentors and Potential of Mobile-Based Peer-Support Interventions. *CSCW '23 Companion: Companion Publication of the 2023 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, pp. 33–38. <https://doi.org/10.1145/3584931.3607009>
11. Hassan, S., Shaar, S., & Darwish, K. (2022). Cross-lingual emotion detection. *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2022)*, 11 p. URL: <https://aclanthology.org/2022.lrec-1.751.pdf>
12. Lake, J. (2015, April). The integrative management of PTSD: A review of conventional and CAM approaches used to prevent and treat PTSD with emphasis on military personnel. *Advances in Integrative Medicine*, vol. 2, issue 1, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2014.10.002>
13. Lebedev, G., Zhovnerchuk, E., Zhovnerchuk, I., & Moskoventko, A. (2020). Remote Recognition of Human Emotions Using Deep Machine Learning of Artificial Neural Networks. *Procedia Computer Science*, vol. 176, 1517–1522. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.162>
14. Lokyan, A., Baghdasaryan, S., & Hovhannisyanyan, H. (2025, April). Enhancing psychological training in military personnel: Modern approaches, systemic assessments and hands-on recommendations. *Asian Journal of Psychiatry*, vol. 106, article ID 104442. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2025.104442>

15. Luzik, E. V., Shvydchenko, V. O., & Hrybun, N. S. (2024). Post-traumatic stress disorder in servicemen during wartime: diagnostic challenges and intervention needs. *Visnyk of the National Aviation University: Psychology and Pedagogy*, 2(5), 45–53. URL: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/VisnikPP/article/view/19358>
16. Manwar, V. A., & Manwar, A. B. (2025). mBERT: A Query Refinement Model for Marathi Word Sense Disambiguation. 2025 *IEEE International Students Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*, Bhopal, India, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/SCEECS64059.2025.10940800>
17. Portnytska, N. (2023). Challenges to mental health in Ukraine. Zhytomyr Ivan Franko State University Working Papers, Special Issue, 1–7. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/37249/7/portnytska-2023-challenges-to-mental-health-in-ukraine.pdf>
18. Sable, K. P., & Satarkar, S. L. (2024). Design of an Iterative Model Incorporating mBERT, CSLM, and ADAN for Multilingual and Code-Switched Sentiment Analysis. 2024 *International Conference on Distributed Systems, Computer Networks and Cybersecurity (ICDSCNC)*, Bengaluru, India, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICDSCNC62492.2024.10939421>
19. Sharma, E., Patel, A., Singh, R., & Chandra, D. (2023). Transformer-based models for stress detection in social media text. *Expert Systems with Applications*, 15 p. URL: <https://arxiv.org/pdf/2303.11315>
20. Shevchenko, A. I., Panok, V. G., Shevtsov, A. G., Slyusar, V. I., Malyi, R. I., Yeroshenko, T. V., & Nazar, M. M. (2024). Development of a virtual psychological assistant with artificial intelligence in the healthcare sector. *Clinical and Preventive Medicine*, 8(38), 15–27. <https://doi.org/10.31612/2616-4868.8.2024.02>
21. Shkvarok, A. K., Korost, Y. V., Turchak, D. V., Tedoradze, G., & Tatvidze, K. (2025, May). Impact of the full-scale invasion on the mental health of the population of the country in a state of military conflict: a study of regional trends in anxiety, depression, acute stress disorder and post-traumatic stress disorder. *Wiadomości Lekarskie Medical Advances*, 78(5), 967–973. URL: <https://www.wiadomoscilekarskie.pl/pdf-205354-126021>
22. Shvets, V. O., Marushchenko, O. V., Poliukhovych, O. M., & Pudáilo, O. V. (2024). Features of the information factor influence on mental health characteristics of servicemen after participation in combat actions. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 4(1), 54–63. URL: <https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/416/321>
23. Shykovets, S., & Karamushka, T. (2024, March). Mental health support of personnel in the Armed Forces of Ukraine: characteristics of the current situation and prospects for improvement. *Kyiv Journal of Modern Psychology and Psychotherapy*, 7, 102–116. <https://doi.org/10.48020/mppj.2024.01.07>
24. Shynkaruk, O. V., Bishevets, N. S., Dutchak, M. V., Kozlova, I. M., Kryvonos, R. I., & Petrenko, V. O. (2024). Mental health and post-traumatic stress disorder in military personnel depending on participation in active combat operations. *Physical education, sport and health culture in modern society*, 2(66), 39–51. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2024-02-39-51>
25. Suhartono, D., Saputra, I. F., Pratama, A. R., & Nathanael, G. (2024). Psychological stress detection using transformer-based models. *ResearchGate Preprint*, 12 p. URL: <https://www.researchgate.net/publication/382323820>
26. Tang, R., Kempinski, A., & Lin, J. (2023). Generative language models are pattern recognizers. *arXiv Preprint, arXiv:2311.12373v2*, 18 p. URL: <https://arxiv.org/pdf/2311.12373v2>
27. Won, H., Kang, M., Kim, M., Lee, D., Choi, H., Kim, Y., Choi, D., Ko, M., & Han, J. (2025). "Show Your Mind": Unveiling User Experience on an AI-based Mental Health Assessment System with Symptom-based Evidences. CHI EA 25: *Proceedings of the Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 26, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1145/3706599.3719735>
28. Yan, S., Kim, J., & Kim, H. (2022). Psychological stress detection from text using BERT-based representations. *Proceedings of the CLPsych Workshop, ACL 2022*, 9 p. URL: <https://aclanthology.org/2022.clpsych-1.7.pdf>
29. Zhuang, M., Chen, D., Lu, S., & Tan, S. (2024). Psychological stress detection in social networks using a BERT-fused model. *PLOS ONE*, 19 p. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0312264&type=printable>

**R. Ya. Korbylo, Yu. I. Hrytsiuk**

*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

## **SYSTEM FOR ASSESSING THE PSYCHOLOGICAL STATE OF MILITARY PERSONNEL USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS**

The study investigates the application of deep learning and natural language processing methods for automated assessment of the psycho-emotional load of military personnel based on their textual responses. The research demonstrates that combining the multilingual transformer model mBERT with the developed integral indicator IPEN enables effective simultaneous stress-level classification and prediction of a unified numerical measure of psychological state. A specialized dataset, *military\_K.csv*, containing 10,284 texts—including anonymized real responses and synthetically generated stress-related descriptions—was created and carefully balanced across six stress categories. The system incorporates modules for data preprocessing, tokenization, batch-based training, fine-tuning of mBERT, generation of class and IPEN predictions, and automated construction of individualized psychological reports. Optimization was performed using the AdamW algorithm, a linear warmup schedule, and systematic hyperparameter tuning, while validation on both a held-out subset and an independent test set (*military\_K\_hold.csv*) ensured reliability and robustness of the results. The achieved performance metrics—accuracy = 0.4558, macro-F1 = 0.4553, MAE = 0.2000, MSE = 0.0816, and Pearson r = 0.5892—indicate stable behavior of the model and adequate generalization capability. The system demonstrates the highest accuracy in identifying extreme psychological states ("normal," "high stress," and "critical stress"), which is particularly important in operational military settings. Intermediate stress levels remain more challenging due to natural linguistic overlap between them, yet the model consistently captures key emotional cues. The proposed approach has proven effective for automated psychological screening, enabling early detection of risk conditions, supporting decision-making for mental health professionals, and offering strong potential for integration into real-time monitoring platforms within the Armed Forces of Ukraine. To further enhance operational applicability, the system architecture allows seamless integration with external analytical modules, enabling continuous model improvement and adaptive monitoring under evolving military conditions and provides a scalable foundation for future multisource psychological assessment systems capable of incorporating speech signals.

**Keywords:** Multilingual Bidirectional Encoder Representations from Transformers (mBERT); psycho-emotional state of military personnel; Natural Language Processing (NLP); stress-level classification; integral indicator of psycho-emotional stress IPEN; machine learning models; psychological assessment of the condition of military personnel.