

О. В. МАЗУРЕЦЬ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Хмельницький національний університет
ORCID: 0000-0002-8900-0650

І. А. ТИМОФІЄВ

студент кафедри комп'ютерних наук
Хмельницький національний університет
ORCID: 0009-0006-4610-5889

В. І. КЛІМЕНКО

викладач кафедри комп'ютерних наук
Хмельницький національний університет
ORCID: 0000-0001-5869-4269

О. О. ТИЩЕНКО

викладач кафедри комп'ютерних наук
Хмельницький національний університет
ORCID: 0009-0005-9945-8090

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ДЕПРЕСИВНОГО СТАНУ ПОВ'ЯЗАНОГО ІЗ НАВЧАННЯМ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖІ ДУАЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ

У статті визначено актуальність проблеми автоматизованого виявлення депресивного стану, пов'язаного із навчанням у закладах освіти актуальність, в сучасному соціальному та академічному середовищі, коли тиск, стрес і тривожність стали розповсюдженими явищами, що можуть сприяти розвитку депресії. Це особливо актуально в умовах інтенсивного навчального процесу, високих вимог і обмеженого часу для відпочинку та саморегуляції. Виявлення депресивних станів на ранніх етапах може суттєво вплинути на своєчасну підтримку та профілактику більш серйозних психічних розладів, тому дана проблематика з області ментальне здоров'я знайшла широке поширення у наукових дослідженнях й корелює із цілями сталого розвитку ПРООН.

У роботі пропонується метод виявлення депресивного стану, пов'язаного із навчанням у закладах освіти із використанням нейромережі дуальної архітектури, що призначений для перетворення вхідних даних у вигляді тексту та навченої нейромережевої моделі у вихідні дані у вигляді числової оцінки наявності депресивного стану. Запропонований метод відрізняється від аналогів тим, що поєднує двопоточну архітектуру, яка базується на використанні двох паралельних нейронних мереж архітектури трансформер, кожна з яких спеціалізується на аналізі різних аспектів тексту – синтаксичного та семантичного. Потік синтаксичного аналізу спрямований на виявлення синтаксичної структури тексту, а потік семантичного аналізу – на розуміння змісту та контексту тексту.

Проведене дослідження ефективності розробленого методу у формі програмної реалізації виявило, що у порівнянні з відомими аналогами, наведеними у попередніх дослідженнях, було досягнуто значення площі ROC-кривої 0.98, що є на 0.1 вище від аналогової реалізації нейромережі BERT та на 0.12 вище від аналогової реалізації нейромережі RedditBERT.

Імплементация методу виявлення пов'язаного з навчанням депресивного стану за допомогою нейромережі дуальної архітектури сприяє реалізації Цілей сталого розвитку № 3 та № 4. Це дозволяє забезпечити здоровий спосіб життя та добробут учасників навчального процесу (Ціль № 3) через своєчасне втручання в їх психічний стан, а також сприяє забезпеченню якісної, всеохоплюючої та справедливої освіти (Ціль № 4) шляхом створення підтримуючого навчального середовища.

Ключові слова: нейромережі трансформери, NLP, BERT, дуальна нейромережева архітектура.

О. V. MAZURETS

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Computer Science Department
Khmelnitskyi National University
ORCID: 0000-0002-8900-0650

I. A. TYMOFIIEV

Student of Computer Science Department
Khmelnyskyi National University
ORCID: 0009-0006-4610-5889

V. I. KLIMENKO

Lecturer at the Computer Science Department
Khmelnyskyi National University
ORCID: 0000-0001-5869-4269

O. O. TYSCHENKO

Lecturer at the Computer Science Department
Khmelnyskyi National University
ORCID: 0009-0005-9945-8090

METHOD FOR DETERMINING DEPRESSIVE STATES ASSOCIATED WITH LEARNING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS USING DUAL ARCHITECTURE NEURAL NETWORK

Article identifies the problem relevance of automated detection of depressive states associated with learning in educational institutions, relevance in the modern social and academic environment, when pressure, stress and anxiety have become widespread phenomena that can contribute to the development of depression. This is especially relevant in conditions of intensive educational process, high demands and limited time for rest and self-regulation. Detection of depressive states at early stages can significantly affect the timely support and prevention of more serious mental disorders, therefore this issue in the mental health field has become widespread in scientific research and correlates with the sustainable development goals of UNDP.

Paper proposes a method for detecting depressive states associated with learning in educational institutions using a dual architecture neural network, which is designed to convert input data in the form of text and a trained neural network model into output data in the form of a numerical assessment of the presence of a depressive state. The proposed method differs from analogues in that it combines a dual-stream architecture, which is based on the use of two parallel neural networks of the transformer architecture, each of which specializes in the analysis of different aspects of the text – syntactic and semantic. The syntactic analysis stream is aimed at identifying the syntactic structure of the text, and the semantic analysis stream is aimed at understanding the content and context of text.

Research of developed method effectiveness in the form of revealed software implementation, in comparison with the known analogues given in previous studies, the ROC curve area value of 0.98 was achieved, which is 0.1 higher than the analogue implementation of the BERT neural network and 0.12 higher than the analogue implementation of the RedditBERT neural network.

The implementation of the method for detecting a depressive state associated with learning using dual-architecture neural network contributes to the implementation of Sustainable Development Goals SDG3 and SDG4. This allows for a healthy lifestyle and well-being of participants in the educational process SDG3 through timely intervention in their mental state, and also contributes to ensuring high-quality, inclusive and equitable education SDG4 by creating supportive learning environment.

Key words: neural networks transformers, NLP, BERT, dual neural network architecture.

Постановка проблеми

В умовах сучасного цифрового середовища, де щодня генеруються великі обсяги даних через соціальні мережі та онлайн-платформи, необхідні ефективні інструменти для виявлення психічних розладів, таких як депресія [1, с. 16-28].

Згідно з проведеними дослідженнями Всесвітньої організації охорони здоров'я, загалом у світі від проявів депресивного стану страждає близько 322 мільйонів людей, що в свою чергу становить 4,4% від загального населення планети [2]. Сумарна кількість хворих у світі перевищує сумарне населення Німеччини, Італії, Британії та Франції. Депресія є однією з найпоширеніших хвороб і основною причиною втрати працездатності серед дорослих. Згідно з даними німецької страхової компанії DAK, депресія є основною причиною пропусків семінарів і лекцій серед студентів. Товариство допомоги студентам повідомляє, що в період 2022-2023 років щонайменше 4,5% студентів у німецьких університетах страждали від депресії. Депресія часто проявляється в письмових формах, і з огляду на зростання онлайн-спілкування, інтелектуальне виявлення депресії в текстах стає важливою сферою IT. Рання діагностика та лікування депресії допомагають покращити якість життя та запобігти ускладненням.

У зв'язку з цим постає необхідність розробки нових підходів, які б поєднували сучасні технології аналізу тексту з високими показниками точності для своєчасної підтримки студентів. Запропонований метод виявлення депресивного стану за допомогою нейромережі дуальної архітектури спрямований на подолання цих викликів та сприяє досягненню Цілей сталого розвитку № 3 та № 4 Програми розвитку ООН.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день депресія є загальновідомою проблемою, яка широко притягує увагу науковців, оскільки може знижувати продуктивність і призводити до суїцидальних думок або спроб [3, с. 101-106].

У дослідженні [4] використано набір даних із Reddit, де коментарі та пости, що містять суїцидальні наміри, аналізувалися за допомогою NLP. Це дозволило підтвердити, що субредити є корисними онлайн-ресурсами для виявлення психічного стану людей. Використано алгоритми машинного навчання, такі як Naïve Bayes, SVM, логістична регресія та випадковий ліс. Результати показали точність 77,29% і f1-оцінку 0,77 для логістичної регресії, що підтверджує ефективність цих методів у виявленні осіб групи ризику.

Стаття [5] присвячена аналізу настроїв [6, с. 200-206] на основі даних з мікроблогів, зокрема з Twitter. Дослідники збирають дані в режимі реального часу та використовують алгоритми, такі як TF-IDF, BOW і MNB, для оцінки позитивних та негативних почуттів у твітах. Експериментальні результати демонструють, що ці методи є доволі точними і можуть бути використані як додатковий інструмент для діагностики депресії.

У [7] розглядається покращення діагностики депресії за допомогою інструментів і методів машинного навчання та обробки природної мови [8, с. 197-204]. Автори підкреслюють труднощі виявлення депресії, зокрема у випадках наявності інших розладів, таких як посттравматичний стресовий розлад. Використовуються різні методи для очищення та попередньої обробки даних, а також підбір функцій і алгоритмів для класифікації за допомогою ML. Проведено тематичний аналіз, що порівнює різні класифікатори ML з точки зору таких етапів, як очищення даних, попередня обробка, вибір функцій, налаштування параметрів і підбір моделі. Це дослідження ґрунтується на наборі даних Distress Analysis Interview Corpus – Wizard-of-Oz, створеному для підтримки діагностики психічних розладів, зокрема депресії, тривоги та ПТСР.

Основні результати дослідження показують, що моделі Random Forest і XGBoost досягають точності близько 84%, що значно вище порівняно з результатами літератури, де точність моделей SVM становила 72%. Ці результати демонструють ефективність запропонованих підходів у покращенні діагностики психічних розладів.

Результати дослідження [9, с. 2255-222] для раннього виявлення депресії серед онкологічних пацієнтів виявили, що моделі BERT та RedditBERT продемонстрували найвищі оцінки AUROC (0,88 і 0,86 відповідно), перевершивши логістичну регресію та SVM. Пацієнти, чиї повідомлення були класифіковані як тривожні, частіше отримували діагнози депресії, рецепти на антидепресанти або направлення до психоонколога. Моделі BERT виявили різницю в продуктивності за демографічними характеристиками, що підкреслює необхідність усунення можливих упереджень. Дослідження демонструє потенціал використання моделей BERT для виявлення депресії серед онкологічних пацієнтів, що може зменшити клінічне навантаження та покращити догляд за пацієнтами.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є розробка методу виявлення депресивного стану, пов'язаного з навчанням у закладах освіти, з використанням нейромережі дуальної архітектури, яка відрізняється від існуючих аналогів двопоточною архітектурою, що поєднує дві паралельні нейронні мережі. Кожна з цих мереж спеціалізується на аналізі різних аспектів тексту: одна – на синтаксичному, інша – на семантичному.

Викладення основного матеріалу дослідження

Метод виявлення депресивного стану пов'язаний із навчанням у закладах освіти із використанням нейромережі дуальної архітектури призначений для автоматизації процесу ідентифікації депресивного стану за текстами учасників навчального процесу. Цей метод використовує двопоточну архітектуру з двома паралельними нейронними мережами, кожна з яких спеціалізується на аналізі окремих аспектів тексту – синтаксичному та семантичному [10, с. 147-151]. Потік синтаксичного аналізу фокусується на визначенні синтаксичної структури тексту, тоді як потік семантичного аналізу зосереджується на розумінні змісту та контексту. Після обробки тексту кожним потоком результати об'єднуються на вищому рівні, що дозволяє врахувати як мовну структуру, так і загальний зміст для точнішого визначення депресивного стану. Схема та етапи методу представлено рис. 1.

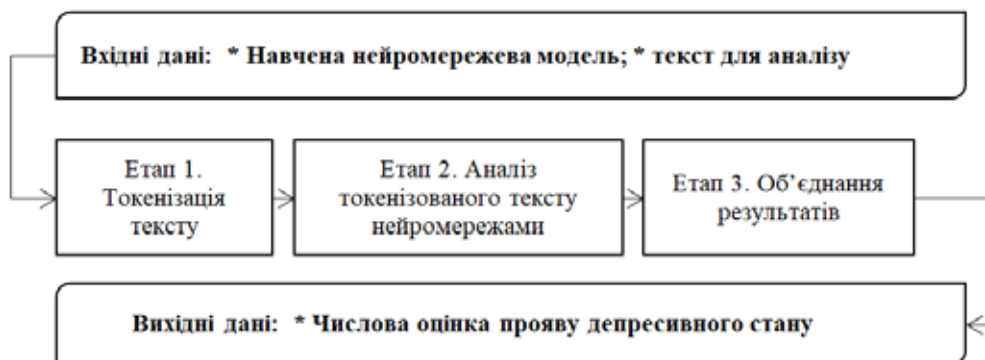


Рис. 1. Етапи роботи методу виявлення депресивного стану

Вхідними даними є нейромережева модель дуальної архітектури трансформер, що поєднує моделі BERT та GPT2, призначені для аналізу синтаксичного та семантичного контексту тексту користувача. Для синтаксичного аналізу використовується модель BERT, а для семантичного – модель GPT2.

Першим етапом виступає токенизація користувацького тексту відповідними токенизаторами моделей BERT та GPT2. Наступним етапом є аналіз токенизованого тексту відповідними нейромережами BERT та GPT2, який проводиться паралельно [11, с. 84-88]. Третім етапом відбувається об'єднання результатів обох потоків за допомогою спеціалізованого шару злиття. В результаті буде отримано числову оцінку прояву депресивного стану. Вихідними даними буде числова оцінка прояву депресивного стану у користувацькому тексті.

Схема формування та навчання типової нейромережі дуальної архітектури наведена на рис. 2.

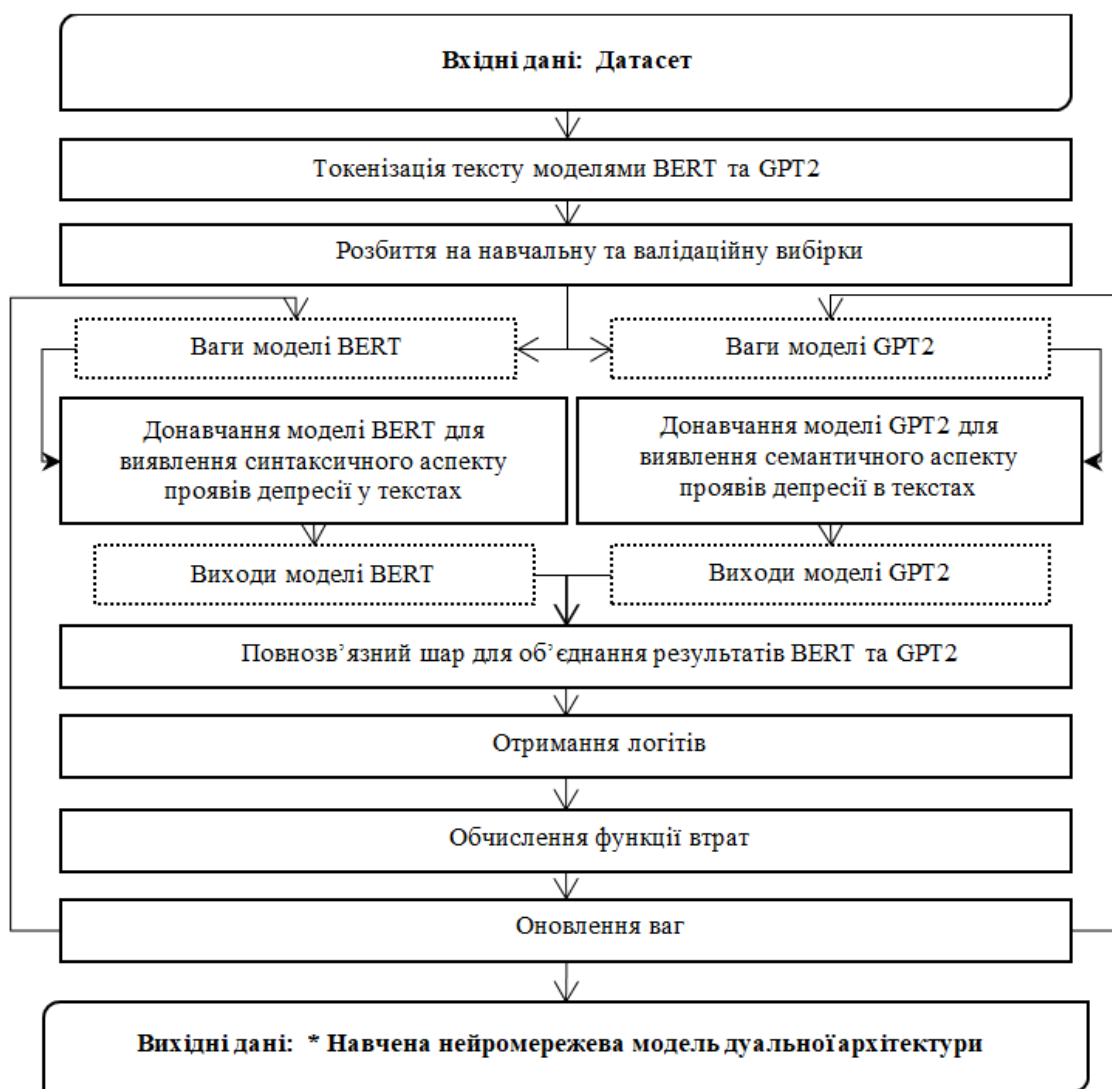


Рис. 2. Схема формування та навчання нейромережі дуальної архітектури

Вхідними даними є датасет, що складається з 2-х класів: текстів, які містять прояви депресії, пов'язаної з навчанням у навчальних закладах, та текстів без ознак депресії. Використовуватиметься набір «Student-Depression-Text», що містить близько 7489 даних у форматі «Excel», зібраних із соціальних мереж, коментарів у «Facebook» та інших джерел. Цей анотований англійськомовний набір даних був створений з дописів студентів віком від 15 до 17 років, які добре володіють англійською мовою [12]. Набір містить: текст, мітку, вік, вікову категорію та стать. У текстових стовпцях наявний текст «Нормальний стан» і «депресія», а стовпець мітки вказує, чи позначає відповідний текст тривогу чи депресію.

Спершу відбувається токенизація всього вмісту датасету моделями BERT та GPT2. Токенизовані тексти перетворюються у вибірку, у поділі 20% валідаційні дані, 80% – навчальні.

Токенізовані тексти передаються на вхід попередньо навченим моделям BERT та GPT2 для подальшого навчання. Обидві моделі працюють паралельно, і після отримання вихідних векторів їх результати об'єднуються у повнозв'язному шарі. Цей шар обробляє комбінований вектор і генерує фінальний вектор логітів, який використовується для обчислення функції втрат і прогнозування результатів. Після обчислення функції втрат відбувається оновлення ваг нейромереж шляхом виконання зворотного поширення для зменшення помилки.

Для дослідження ефективності запропонованого методу було розроблено програмний комплекс, що складається із ноутбука реалізованого у хмарному середовищі «Google Colab» для навчання нейромережі та вебінтерфейса, що використовує навчену нейромережеву модель дуальної архітектури. Вебінтерфейс реалізовано з використанням середовища програмування «PyChart» та використанням мікрофреймворка «Flask».

Нейромережа навчалась протягом 1-3 епох за браком обчислюваних потужностей (для більшої кількості епох потрібно понад 40 ГБ оперативної пам'яті). Однак, результати навчання свідчать про достатність проведених епох. Результат значення функції втрат по епохам наведено на рис. 3.

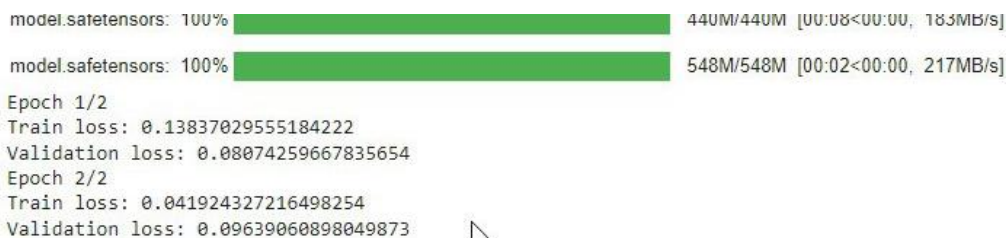


Рис. 3. Метрики навчання нейромережі дуальної архітектури

Для проведення експериментів із навченою моделлю було створено вебінтерфейс, приклад використання якого наведено на рис. 4.



Рис. 4. Вебінтерфейс для виявлення депресивного стану пов'язаного із навчанням у закладах освіти

Досліджено вплив параметрів на здатність нейромережевих моделей до навчання. Результати для 4-х альтернативних моделей дуальної архітектури представлені в таблиці 1, а параметри навчання, на яких отримано ці значення, наведені в таблиці 2.

Таблиця 1

Результат навчання нейромережевих моделей за метриками

Метрики	Gpt_Bert1	Gpt_Bert2	Gpt_Bert3	Gpt_Bert4
Accuracy:	0.95	0.96	0.99	0.98
Precision:	0.94	0.95	0.98	0.97
Recall:	0.96	0.96	0.98	0.98
F1:	0.95	0.96	0.98	0.98

Результати таблиці 1 наведені на рис. 5. Як видно з таблиці 1 та рис. 5, найкращі результати отримала модель Gpt_Bert3, яка навчалась з параметрами кількість епох 2, швидкість навчання 2e-5, розмір батча 16 та довжиною вхідної послідовності 128.

Таблиця 2

Використані параметри навчання НМ моделей

Параметри:	Gpt_Bert1	Gpt_Bert2	Gpt_Bert3	Gpt_Bert4
К-сть епох	1	3	2	2
Швидкість навчання	7e-5	3e-4	2e-5	1e-3
Розмір батча	4	8	16	32
Довжина вхідної послідовності	512	256	128	64

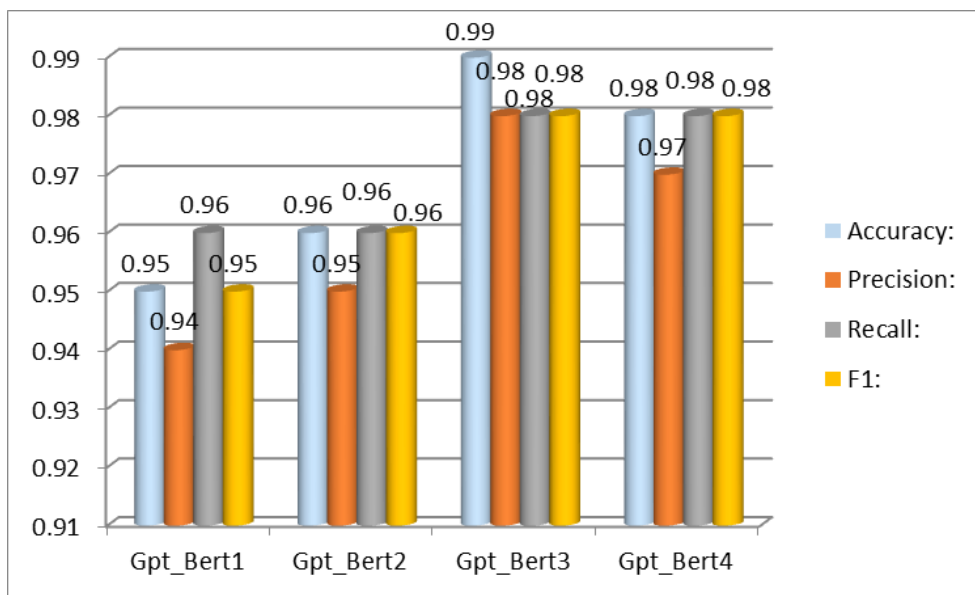


Рис. 5. Результати навчання НМ моделей за метриками

Однак, решта результатів також є доволі високими, що говорить про можливість всіх навчених моделей до коректної ідентифікації депресивного стану, що пов'язаний із навчанням у закладах освіти.

Для найкращої моделі також було проведено тестування на розміченій вибірці з понад 7000 текстових зразків, результат наведено на рис. 6 у вигляді матриці сплутування.



Рис. 6. Матриця сплутувань моделі Gpt_Bert3

Також, виконуючи порівняння з відомими аналогами, у [9, с. 2255-2262] було досягнуто значень 0.88 і 0.86 нейромережами BERT та RedditBERT відповідно за метрикою площі ROC-кривої, у той же час запропонована архітектура цей показник має 0.98, що є на 0.1 вище від BERT в чистому вигляді та на 0.12 вище від RedditBERT.

Висновки

У статті виконано огляд сучасного стану наукових публікацій у галузі виявлення депресивного стану в текстових даних. На основі аналізу актуальних наукових досягнень запропоновано метод виявлення депресії, пов'язаної з навчанням у навчальних закладах, що використовує нейронну мережу дуальної архітектури. Цей метод перетворює вхідні текстові дані на вихідну числову оцінку наявності депресивного стану, використовуючи навчену нейромережеву модель. Особливістю запропонованого методу є застосування двопоточної архітектури з двома паралельними нейронними мережами на основі трансформерів, кожна з яких спеціалізується на аналізі окремих аспектів тексту: синтаксичному та семантичному. Потік синтаксичного аналізу фокусується на виявленні синтаксичної структури тексту, тоді як потік семантичного аналізу орієнтований на розуміння змісту та контексту.

Для навчання та валідації нейромережевої моделі був застосований набір даних «Student-Depression-Text», що представлений у форматі «Excel» і містить близько 7489 записів з соціальних мереж, зокрема коментарів у «Facebook». Цей анотований англійський набір охоплює студентів віком від 15 до 17 років.

Проведене дослідження ефективності розробленого методу у вигляді програмної реалізації, яке продемонструвало, що порівняно з відомими аналогами, зазначеними в попередніх роботах, було досягнуто значення площі під ROC-кривою 0.98. Це на 0.1 більше, ніж у реалізації нейронної мережі BERT, та на 0.12 більше, ніж у реалізації RedditBERT.

Список використаної літератури

1. Krak I., Zalutka O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. *CEUR Workshop Proceedings*. 2024. Vol. 3688. С. 16-28 <https://doi.org/10.31110/COLINS/2024-3/002>.
2. Як це жити та навчатися з депресією. DW. 2019. URL: <https://www.dw.com/uk/як-це-жити-та-навчатись-з-депресією/a-50137399> (дата звернення: 24.11.2024).
3. Молчанова М. О., Мазурець О. В., Собко О. В., Біт Р. В., Назаров В. В. Алгоритм виявлення аб'юзивного вмісту в українському аудіоконтенті для імплементації в об'єктно-орієнтовану інформаційну систему. *Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету»*. Технічні науки. 2024. № 1 (331). С. 101-106 <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-17>.
4. Jain P., Srinivas K. R., Vichare A. Depression and suicide analysis using machine learning and NLP. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2161 (1). С. 012034 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2161/1/012034>
5. Mali A., Sedamkar R. R. Prediction of Depression Using Machine Learning and NLP Approach. In: Balas V. E., Semwal V. B., Khandare A. (eds) *Intelligent Computing and Networking. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 301. Springer https://doi.org/10.1007/978-981-16-4863-2_15.
6. Молчанова М. О., Мазурець О. В., Собко О. В., Кліменко В. І., Андрощук В. І. Метод нейромережевого виявлення кібербулінгу з використанням хмарних сервісів та об'єктно-орієнтованої моделі. *Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету»*. Технічні науки. 2024. № 2 (333). С. 200-206 <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-32>.
7. Lorenzoni G., Tavares C., Nascimento N., Alencar P., Cowan D. Assessing ML Classification Algorithms and NLP Techniques for Depression Detection: An Experimental Case Study. *arXiv preprint arXiv:2404.04284*. 2024 <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.04284>
8. Мазурець О. В., Молчанова М. О., Кліменко В. І., Собко О. В., Супрун П. К. Даталогічна модель бази даних для виявлення гендерної приналежності за SVM-аналізом дописів інтернет-мереж з використанням об'єктно-орієнтованого проектування. *Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету»*. Технічні науки. 2024. № 3, Т. 2 (337). С. 197-204. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-29>.
9. van Buchem M. M., de Hond A. A., Fanconi C., Shah V., Schuessler M., Kant I. M., ... & Hernandez-Boussard T. Applying natural language processing to patient messages to identify depression concerns in cancer patients. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2024. Vol. 31, No. 10, С. 2255-2262 <https://doi.org/10.1093/jamia/ocae188>.
10. Mazurets O., Tymofiev I., Dydo R. Approach for Using Neural Network BERT-GPT2 Dual Transformer Architecture for Detecting Persons Depressive State. *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realtà domestiche. Raccolta di articoli scientifici con gli atti della VI Conferenza scientifica e pratica internazionale*. 2024. С. 147-151 <https://doi.org/10.36074/logos-15.11.2024.036>.
11. Tymofiev I., Mazurets O., Hardysh D., Molchanova M. Neural Network Dual Architecture for Depression Detection Using Cloud Services. *Scientific Research in the Era of Digital Technologies: Challenges and Opportunities*. 2024. С. 84-88. <https://doi.org/10.70286/ISU-06.11.2024>

12. Student Depression Text Dataset. Kaggle. 2024. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/nidhiy07/student-depression-text> (дата звернення: 24.11.2024).

References

1. Krak, I., Zalutska, O., Molchanova, M., Mazurets, O., Bahrii, R., Sobko, O., & Barmak, O. (2024). Abusive speech detection method for Ukrainian language used recurrent neural network. *CEUR Workshop Proceedings*, 3688, pp. 16-28. <https://doi.org/10.31110/COLINS/2024-3/002>
2. DW. (2019). Yak tse zhyty ta navchatysya z depresiyeyu [How it is to live and study with depression]. DW. <https://www.dw.com/uk/як-це-жити-та-навчатись-з-депресією/a-50137399> (Accessed: November 24, 2024) [in Ukrainian].
3. Molchanova, M. O., Mazurets, O. V., Sobko, O. V., Vit, R. V., & Nazarov, V. V. (2024). Alhorytm vyavlennia abyuzyvnoho vmistu v ukrajinomovnomu audiokontenti dlya implementatsiyi v ob'ektno-orientovanu informatsiynu systemu [Algorithm for abusive content detection in Ukrainian audio content for implementation in an object-oriented information system]. *Naukovyi zhurnal «Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu»*, *Tekhnichni nauky*, 1, pp. 101-106. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-17> [in Ukrainian].
4. Jain, P., Srinivas, K. R., & Vichare, A. (2022). *Depression and suicide analysis using machine learning and NLP. Journal of Physics: Conference Series*, 2161, pp. 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2161/1/012034>
5. Mali, A., & Sedamkar, R. R. (2022). Prediction of depression using machine learning and NLP approach. In *V. E. Balas, V. B. Semwal, & A. Khandare (Eds.), Intelligent Computing and Networking. Lecture Notes in Networks and Systems (Vol. 301)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4863-2_15
6. Molchanova, M. O., Mazurets, O. V., Sobko, O. V., Klimenko, V. I., & Androshchuk, V. I. (2024). Metod neyromerezhovoho vyavlennya kyberbulinhu z vykorystanniam khmarnykh servysiv ta ob'ektno-orientovanoi modeli [Method of neural network detection of cyberbullying using cloud services and object-oriented model]. *Naukovyi zhurnal «Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu»*, *Tekhnichni nauky*, 2, pp. 200-206. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-32> [in Ukrainian].
7. Lorenzoni, G., Tavares, C., Nascimento, N., Alencar, P., & Cowan, D. (2024). Assessing ML classification algorithms and NLP techniques for depression detection: An experimental case study. *arXiv preprint arXiv:2404.04284*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.04284>
8. Mazurets, O. V., Molchanova, M. O., Klimenko, V. I., Sobko, O. V., & Suprun, P. K. (2024). Datalohichna model bazy danykh dlya vyavlennya hendernoi prynalezhnosti za SVM-analizom dopysiv internet-merezh z vykorystanniam ob'ektno-orientovanoi proiektuvannya [Data model of the database for detecting gender affiliation through SVM analysis of internet network posts using object-oriented design]. *Naukovyi zhurnal «Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu»*, *Tekhnichni nauky*, 3, pp. 197-204. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-29> [in Ukrainian].
9. van Buchem, M. M., de Hond, A. A., Fanconi, C., Shah, V., Schuessler, M., Kant, I. M., ... & Hernandez-Boussard, T. (2024). Applying natural language processing to patient messages to identify depression concerns in cancer patients. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31, pp. 2255-2262. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocae188>
10. Mazurets, O., Tymofiiiev, I., & Dydo, R. (2024). Approach for using neural network BERT-GPT2 dual transformer architecture for detecting persons depressive state. *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realtà domestiche. Raccolta di articoli scientifici con gli atti della VI Conferenza scientifica e pratica internazionale*, pp. 147-151. <https://doi.org/10.36074/logos-15.11.2024.036>
11. Tymofiiiev, I., Mazurets, O., Hardysh, D., & Molchanova, M. (2024). Neural network dual architecture for depression detection using cloud services. In *Scientific Research in the Era of Digital Technologies: Challenges and Opportunities*, pp. 84-88. <https://doi.org/10.70286/ISU-06.11.2024>
12. Student Depression Text Dataset. (2024). Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/nidhiy07/student-depression-text> (Accessed: November 24, 2024)