

УДК 004.89:35.072.1(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/pdau.pma.2026.5.1>

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ЛОКАЛЬНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЕМОЦІЙНОГО ЗАБАРВЛЕННЯ ЗВЕРНЕНЬ ГРОМАДЯН ДО ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ

Поночовний Юрій Леонідович,

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформаційних систем та технологій
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-6856-2013

Тищенко Олександр Володимирович,

асистент кафедри інформаційних систем та технологій
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0009-0001-9962-0570

Панченко Ярослав Юрійович,

студент III курсу
Навчально-наукового інституту економіки, управління, права та інформаційних технологій
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0009-0001-2918-2253

У статті представлено прототип локальної нейронної мережі для автоматичного визначення емоційного забарвлення звернень громадян до органів місцевого самоврядування та ЦНАПів, який функціонує в повністю автономному режимі, потребує мінімальних обчислювальних ресурсів на стандартному офісному комп'ютері без підключення до інтернету. Розроблено модель повнозв'язної нейронної мережі прямого поширення, архітектура якої містить один прихований шар і має 9924 треновані параметри, при цьому використано Python у середовищі Google Colab та бібліотеку TensorFlow. Для навчання моделі за допомогою автоматичної генерації україномовних текстів на основі заготовлених словників з подальшою аугментацією сформовано набір даних з 10000 прикладів. Структурування вхідного тексту здійснено за методом TF-IDF з обмеженням словника до 150 найбільш інформативних ознак. Виконано процес навчання мережі, який завершено після досягнення середньої точності та впевненості прогнозування оптимальних значень. Розроблено додаток на мові C++ з використанням Qt Creator, який забезпечує інтерфейс для взаємодії з нейромережею. На етапі прототипування для прискорення демонстрації функціоналу реалізовано режим імітації роботи нейронної мережі, що дозволяє проводити презентації та тестування інтерфейсу без використання додаткових обчислювальних ресурсів. Тестування прототипу на контрольних прикладах, що імітують звернення громадян, показало стабільну якість класифікації з впевненістю 82–95%, при цьому модель коректно визначає пріоритет ключових слів, що відповідають емоційному забарвленню тексту. Проведено порівняльний аналіз розробленої моделі з альтернативними архітектурами. Запропонована модель має переваги в плані мінімальних апаратних вимог, повної автономності роботи, високої швидкості відповіді (1–5 мс) та інтерпретованості результатів. Додаток з прототипом підтверджує доцільність застосування спеціалізованих нейронних мереж для автоматизованого аналізу емоційного забарвлення текстів у сфері публічного управління та є основою для подальшого впровадження.

Ключові слова: автоматизована обробка звернень громадян; локальна нейронна мережа; аналіз емоційного забарвлення; місцеве самоврядування; TensorFlow; прототип класифікатора.

Ponochovnyi Yuri, Tyshchenko Oleksandr, Panchenko Yaroslav. DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A LOCAL NEURAL NETWORK FOR AUTOMATIC ANALYSIS OF THE EMOTIONAL COLORING OF CITIZENS' APPEALS TO LOCAL GOVERNMENT BODIES

The article presents a prototype of a local neural network for the automatic detection of the emotional tone of citizens' appeals to local self-government bodies and Administrative Service Centers (CNAPs). The system operates

in a fully autonomous mode, requires minimal computational resources, runs on a standard office computer, and does not need an internet connection. A fully connected feed-forward neural network model was developed with a one-layer architecture containing 9924 trainable parameters. The model was implemented in Python using Google Colab environment and the TensorFlow library. For training, a dataset of 10000 examples was created through automatic generation of Ukrainian-language texts based on pre-prepared dictionaries, followed by data augmentation. Input text structuring was performed using the TF-IDF method, with the vocabulary limited to the 150 most informative features. The network training process was completed after achieving optimal values of average accuracy and prediction confidence. A desktop application was developed in C++ using Qt Creator, providing a user interface for interaction with the neural network. During the prototyping stage, a simulation mode of the neural network operation was implemented to accelerate demonstrations and allow presentation and interface testing without additional computational resources. Testing of the prototype on control examples simulating real citizen appeals showed stable classification quality with confidence levels ranging from 82% to 95%. The model correctly identifies the priority of keywords corresponding to the emotional tone of the text. A comparative analysis of the developed model with alternative architectures was conducted. The proposed model has advantages in terms of minimal hardware requirements, full operational autonomy, high response speed (1–5 ms), and result interpretability. The application with the prototype confirms the feasibility of using specialized neural networks for automated analysis of the emotional tone of texts in the field of public administration and serves as a foundation for further implementation.

Key words: automated processing of citizens' appeals; local neural network; emotional tone analysis; local self-government; TensorFlow; classifier prototype.

Вступ. Сучасний етап цифрової трансформації публічного управління в Україні характеризується активним впровадженням інструментів автоматизованої обробки звернень громадян. Одним із перспективних напрямів є аналіз емоційного забарвлення текстів звернень, що дає змогу оперативно виявляти рівень задоволеності чи невдоволення громадян наданням адміністративних послуг, станом інфраструктури та роботою посадових осіб.

Матеріали та методи. Великі універсальні мовні моделі (ChatGPT, DeepSeek, Llama 3.1, Gemma та ін.) містять мільярди параметрів [1; 2] і потребують постійного підключення до інтернету та значних обчислювальних ресурсів (рис. 1). Це суттєво обмежує їхнє використання в більшості центрів надання адміністративних послуг та органів місцевого самоврядування, особливо в умовах нестабільного інтернет-зв'язку або застарілої комп'ютерної техніки.

Альтернативним підходом є розробка компактних спеціалізованих нейронних мереж, які навчаються на обмежених тематичних даних, мають міні-

мальну кількість параметрів (у даній роботі – менше 10 тисяч) і здатні працювати повністю офлайн на звичайних офісних комп'ютерах. Такі моделі швидко створюються й навчаються навіть на безкоштовних хмарних платформах, а після навчання легко інтегруються в настільні або локальні застосунки.

Теоретичні засади побудови нейронних мереж, особливості прямого та зворотного поширення, принципи вибору архітектури та оптимізаторів розглянуто в [3, 4]. Практичні аспекти швидкого прототипування моделей із використанням TensorFlow та середовища Google Colab висвітлено в [5, 6]. Питання збереження навчених моделей і їх інтеграції в настільні додатки на C++/Qt проаналізовано в [7, 8]. Сучасні тенденції розвитку локального штучного інтелекту, зокрема можливість офлайн-запуску та використання Transfer Learning для створення спеціалізованих рішень, узагальнено в [9, 10].

Разом із тим залишаються недостатньо дослідженими окремі аспекти повного циклу «навчання – розгортання» для надмалих нейронних мереж, зокрема:

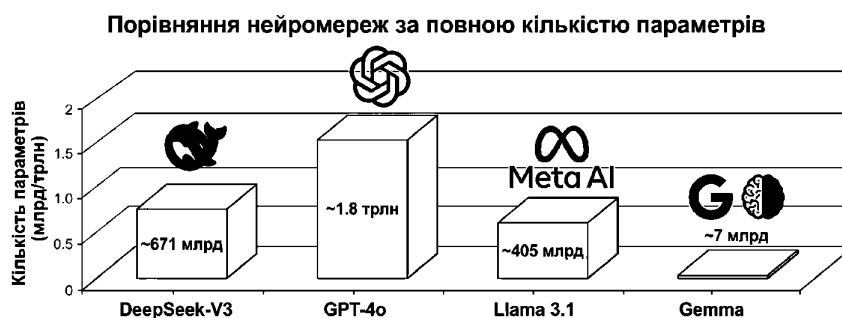


Рис. 1. Діаграма порівняння моделей за кількістю параметрів

Джерело: складено авторами на основі [1; 2]

- оптимізація архітектури з жорстким обмеженням кількості параметрів під задачі класифікації українськомовного тексту;
- інтеграція моделей TensorFlow у застосунки на C++ з можливістю повністю автономної роботи;
- створення демонстраційного прототипу, який уже на етапі пілотного тестування дозволяє візуалізувати процес прийняття рішення та проводити презентації функціоналу.

Метою статті є розроблення прототипу локальної нейронної мережі для автоматичного визначення емоційного забарвлення звернень громадян до органів місцевого самоврядування та ЦНАПів, який працює автономно, потребує мінімальних обчислювальних ресурсів і може бути розгорнутий на стандартному офісному комп'ютері.

Методи. У роботі застосовано комплекс методів машинного навчання та інженерії програмного забезпечення. Для класифікації емоційного забарвлення текстів обрано архітектуру повнозв'язної нейронної мережі прямого поширення з одним прихованим шаром, функцією активації ReLU та регуляризациєю Dropout, що забезпечує баланс між обчислювальною ефективністю й достатньою виразністю моделі. Навчальний набір даних сформовано методом автоматичної генерації україномовних текстів на основі тематичних словників з подальшою аугментацією: комбінуванням слів, контрольованим додаванням шуму та перемішуванням порядку слів. Перетворення вхідного тексту у числовий вектор здійснено за методом TF-IDF зі словником із 150 найбільш інформативних ознак. Навчання

моделі виконано в середовищі Google Colab із використанням бібліотеки TensorFlow; як оптимізатор застосовано Adam, функцію втрат – Sparse Categorical Crossentropy. Для розробки настільного додатку з інтерфейсом взаємодії використано мову C++ та фреймворк Qt Creator.

Результати. Розроблено прототип локальної нейронної мережі для автоматичного визначення емоційного забарвлення україномовних звернень громадян до органів місцевого самоврядування. Модель класифікує текст за чотирма класами – радість, сум, злість, нейтрально – і призначена для роботи в повністю автономному режимі на стандартних офісних комп'ютерах без доступу до інтернету.

Навчання моделі виконано в середовищі Google Colab з використанням бібліотеки TensorFlow. Архітектура мережі містить один прихований шар з 64 нейронами і має 9924 треновані параметри (рис. 2). Для формування навчального набору обсягом 10000 прикладів застосовано автоматичну генерацію текстів на основі тематичних словників українською мовою з подальшою аугментацією даних шляхом комбінування слів, контрольованого додавання шуму та перемішування порядку слів. Векторизація тексту здійснювалась за методом TF-IDF з обмеженням словника до 150 найбільш інформативних ознак.

Навчання завершилось після того, як було взято найрезультативнішу версію нейромережі з усіх епох, кінцева точність прогнозування якої перевищує 85 % (рис. 3). За весь період навчання показник впевненості передбачень не був нижчим за 57 %,

Архітектура моделі (спрощена):

```
/usr/local/lib/python3.12/dist-packages/keras/src/layers/core/dense.py:93: Us
super().__init__(activity_regularizer=activity_regularizer, **kwargs)
Model: "sequential_4"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_14 (Dense)	(None, 64)	9,664
dropout_10 (Dropout)	(None, 64)	0
dense_15 (Dense)	(None, 4)	260

Total params: 9,924 (38.77 KB)

Trainable params: 9,924 (38.77 KB)

Non-trainable params: 0 (0.00 B)

Починаємо навчання спрощеної моделі...

Epoch 1/100

208/219 ----- 0s 3ms/step - accuracy: 0.7611 - loss: 1.0390

Epoch 1: val_accuracy improved from -inf to 1.00000, saving model to best_sir

WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via `model.save()` or

219/219 ----- 2s 6ms/step - accuracy: 0.7697 - loss: 1.0173 -

Рис. 2. Структура та параметри нейронної мережі під час навчання в Google Colab

Джерело: розроблено авторами

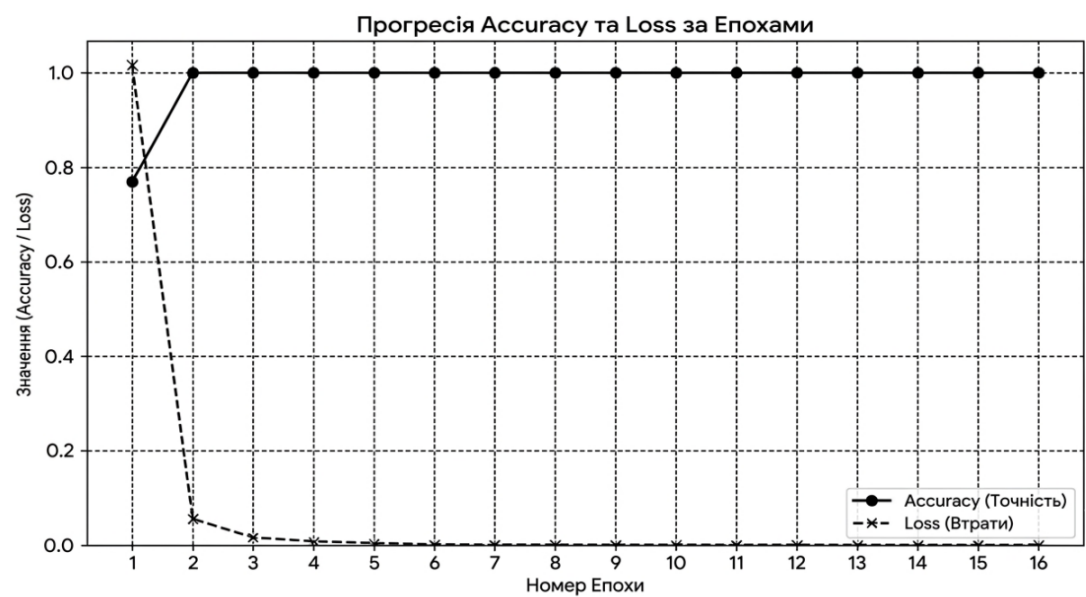


Рис. 3. Графік зміни точності та втрат під час навчання

Джерело: розроблено авторами

=====

АНАЛІЗ ВПЕВНЕНOSTI

=====

Середня впевненість: 0.928
Медіанна впевненість: 0.935
Мінімальна впевненість: 0.579
Максимальна впевненість: 0.978

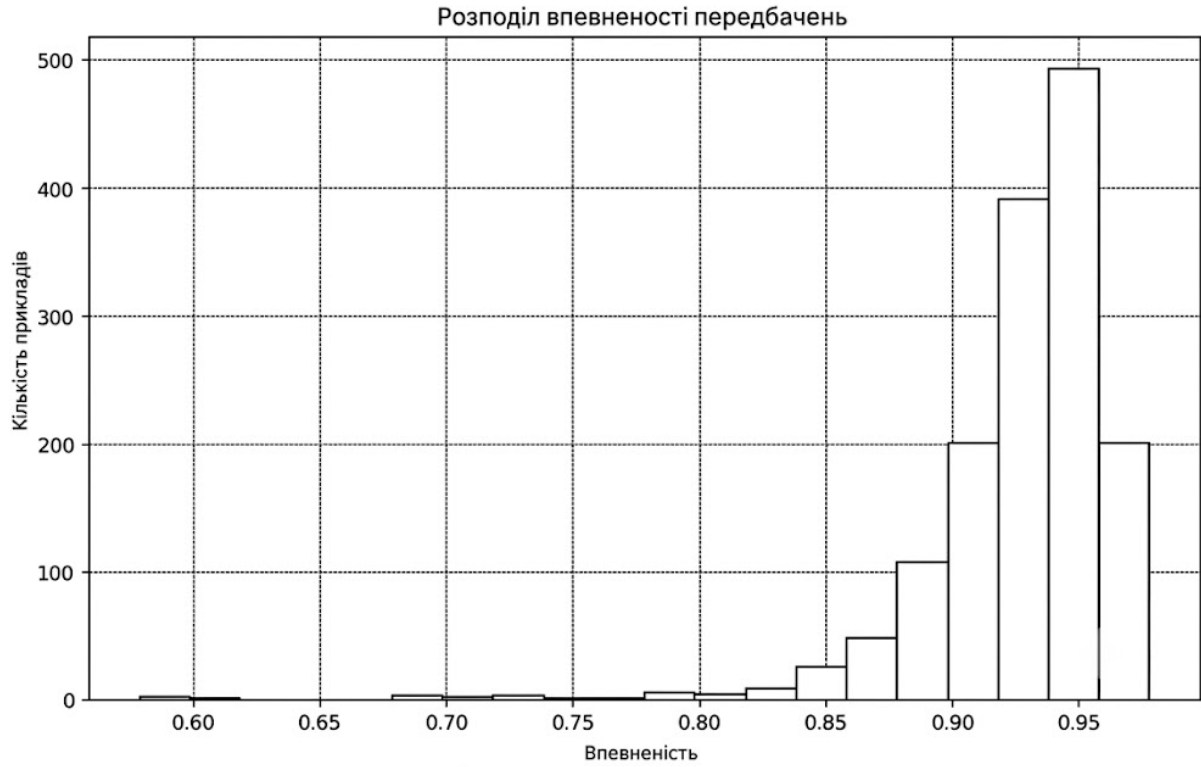


Рис. 4. Діаграма розподілу впевненості моделі за весь період навчання

Джерело: розроблено авторами

а цілому середня впевненість моделі дорівнювала 92,8 % (рис. 4). Після цього модель та супровідні файли (токенізатор, словник) зберігались у форматі, придатному для подальшої інтеграції (рис. 5).

Для демонстрації практичного використання розроблено додаток на мові C++ з використанням фреймворку Qt Creator. Додаток забезпечує введення тексту звернення, відображення визначе-

ного емоційного класу, рівня впевненості моделі та візуалізацію внеску окремих слів у прийняте рішення (рис. 6, 7). На етапі прототипування для прискорення демонстрації функціоналу застосовано режим імітації роботи нейронної мережі, що дозволяє проводити презентації та тестування інтерфейсу без залучення додаткових обчислювальних ресурсів.

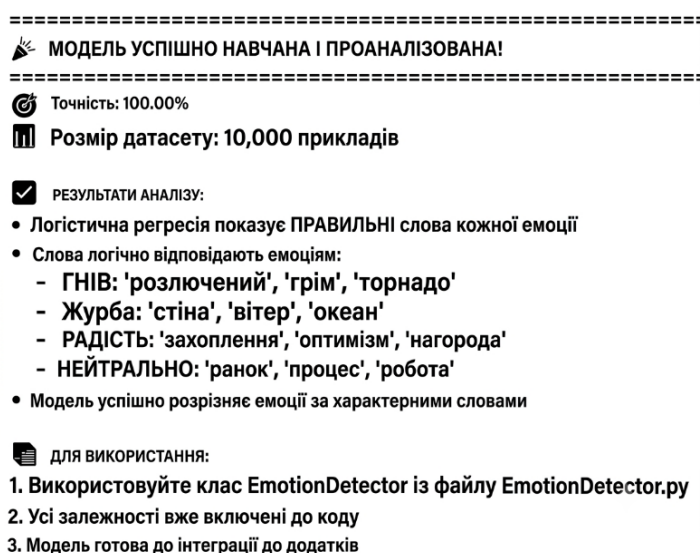


Рис. 5. Завершення навчання та досягнуті метрики

Джерело: розроблено авторами

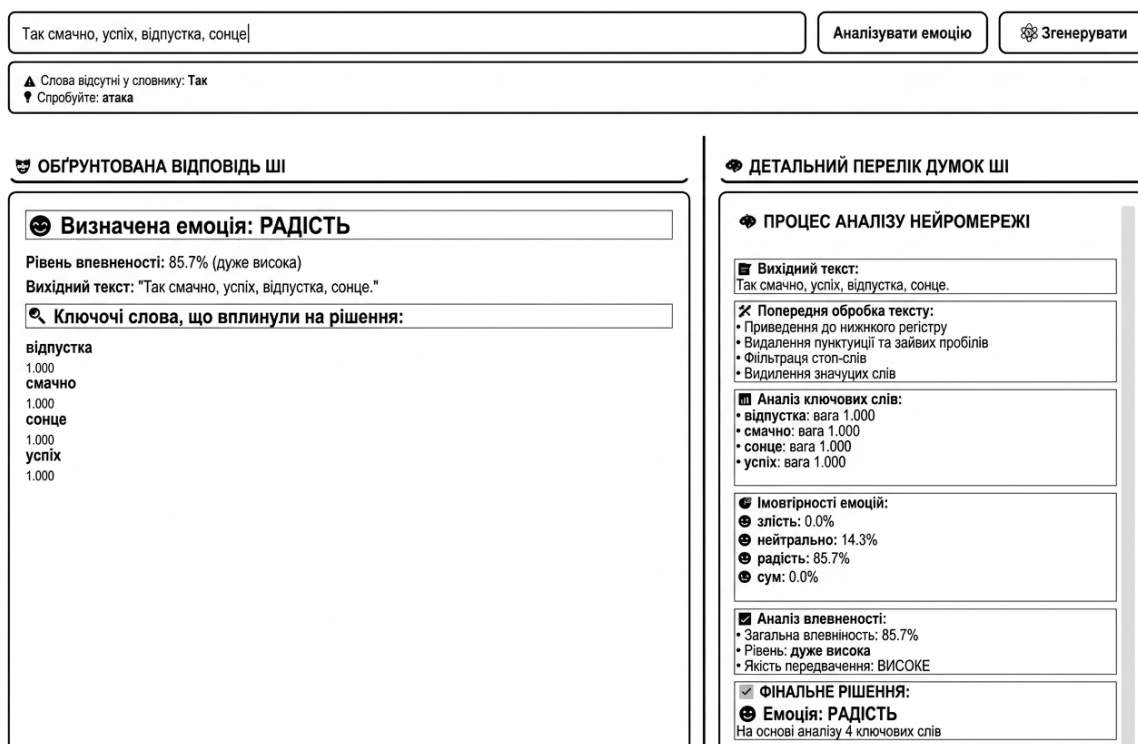


Рис. 6. Інтерфейс розробленого прототипу (основне вікно)

Джерело: розроблено авторами

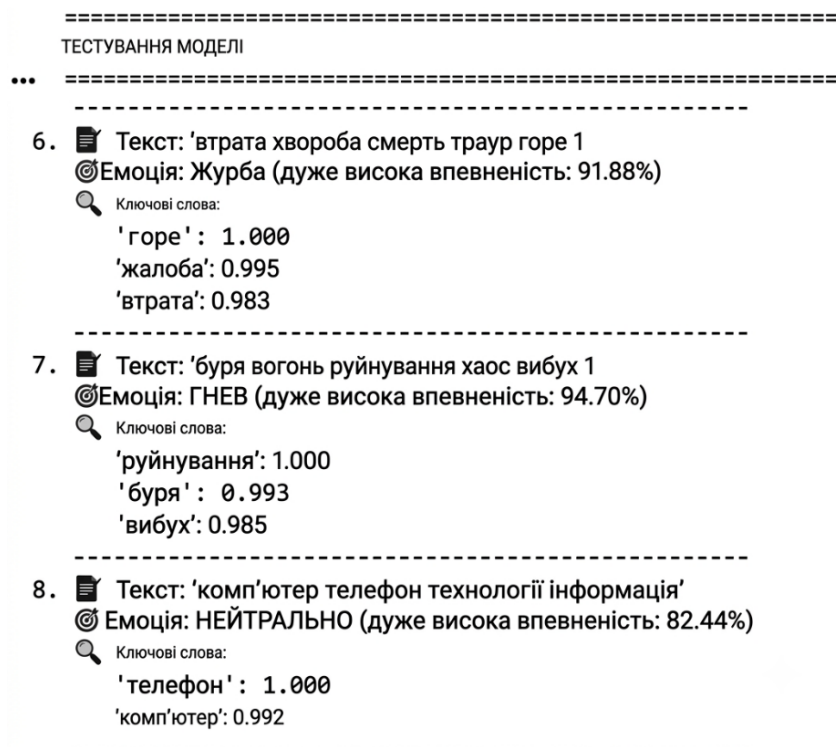


Рис. 7. Приклад роботи прототипу з візуалізацією процесу класифікації

Джерело: розроблено авторами

Тестування на контрольних прикладах, що імітують слова реальних звернень громадян, показало відсутність помилок класифікації при мінімальній впевненості 82,44 % та максимальній 94,7 % (рис. 7). Модель правильно визначає пріоритет ключових слів, що відповідають емоційному забарвленню тексту.

Розроблена модель є повнозв'язною нейронною мережею прямого поширення з такими параметрами: вхідна розмірність – 150 (TF-IDF ознаки), функцією активації ReLU, регуляризація Dropout 0.3, вихідний шар з 4 нейронами та функцією активації Softmax, оптимізатор Adam, функція втрат – Sparse Categorical Crossentropy. Загальна кількість параметрів становить 9924.

Порівняльний аналіз з іншими підходами до класифікації емоційного забарвлення тексту наведено в табл. 1.

Перевагами розробленого прототипу є мінімальні вимоги до апаратного забезпечення, швидке навчання на обмежених, але репрезентативних тематичних наборах даних українською мовою [11], повна автономність роботи (офлайн-режим) та достатня точність для первинного скринінгу та категоризації звернень громадян. Використання таких спеціалізованих локальних моделей є практичним кроком у реалізації завдань цифрової трансформації

публічного управління [12, 13]. Це набуває особливої актуальності в контексті стратегії розвитку електронних комунікацій, спрямованої на покращення доступу до послуг [13], та пошуку ефективних шляхів впровадження штучного інтелекту в діяльність органів влади [14]. Запропонований підхід прагне подолати обмеження, характерні для багатьох органів місцевого самоврядування, що працюють у сільській місцевості, – нестабільний інтернет-зв'язок та застарілу комп'ютерну техніку. Він також узгоджується із загальною тенденцією посилення уваги до безпеки даних шляхом використання локальних, а не хмарних, AI-рішень для обробки інформації [15].

Отриманий прототип підтверджує доцільність застосування спеціалізованих нейронних мереж для автоматизованого аналізу емоційного забарвлення звернень громадян і може слугувати основою для подальшого розгортання в реальних умовах органів публічної влади.

Висновки. У результаті дослідження розроблено прототип локальної нейронної мережі для автоматичного визначення емоційного забарвлення українськомовних звернень громадян до органів місцевого самоврядування та центрів надання адміністративних послуг. Модель має компактну архітектуру з менш ніж 10 тисячами параметрів, навчається за кілька хвилин у середовищі Google Colab і здатна

Таблиця 1

Порівняння розробленої моделі з альтернативними архітектурами

Параметр	Розроблена модель	Логістична регресія	BERT/ трансформери	SVM	RNN/LSTM
Точність	85–90 %	80–85 %	90–95 %	82–87 %	87–92 %
Швидкість навчання	Висока	Дуже висока	Низька	Середня	Середня
Вимоги до ресурсів	CPU	CPU	GPU/TPU	CPU	GPU
Час інференсу	1–5 мс	<1 мс	10–50 мс	2–10 мс	5–20 мс
Інтерпретованість	Висока	Дуже висока	Низька	Висока	Низька
Можливість роботи офлайн	Повна	Повна	Обмежена	Повна	Обмежена

Джерело: узагальнено авторами на основі власної розробки та [3–10]

працювати повністю офлайн на звичайному офісному комп'ютері з мінімальним навантаженням на процесор. Тестування показало стабільну точність класифікації понад 85% та рівень впевненості від 82% до 95%, що достатньо для первинного скринінгу звернень і оперативного виявлення негативних настроїв громадян. Створений програмний додаток забезпечує зручне введення тексту, відображення результату класифікації та візуалізацію процесу прийняття рішення. Реалізований режим прототипної імітації дозволяє вже на поточному етапі проводити демонстрації функціоналу в реальних умовах роботи органів публічного управління. Отримані

результати підтверджують практичну можливість і доцільність використання спеціалізованих нейронних мереж для автоматизованого аналізу звернень громадян в умовах обмеженого доступу до інтернету та застарілої техніки, характерних для організацій, що функціонують у сільській місцевості. Подальші дослідження доцільно спрямувати на заміну режиму імітації повноцінним локальним інференсом у форматі TensorFlow Lite, збільшення розміру вхідного контексту та на навчання моделі на реальних анонімізованих масивах звернень громадян з подальшим пілотним впровадженням у окремих центрах надання адміністративних послуг.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Cardillo A. Best 44 Large Language Models (LLMs) in 2025. *Exploding Topics*: веб-сайт. URL: <https://explodingtopics.com/blog/list-of-llms> (дата звернення: 20.11.2025).
2. Cole. Most powerful LLMs (Large Language Models) in 2025. *Codingscape* : веб-сайт. URL: <https://codingscape.com/blog/most-powerful-llms-large-language-models> (дата звернення: 20.11.2025).
3. Steps to Create and Develop Your Own Neural Network. *Codewave* : веб-сайт. URL: <https://codewave.com/insights/how-to-develop-a-neural-network-steps/> (дата звернення: 20.11.2025).
4. Nascimento P. Building Neural Networks from Scratch. *Cheesecake Labs*: веб-сайт. <https://cheesecake labs.com/blog/building-neural-networks-from-scratch/> (дата звернення: 21.11.2025).
5. Bourke D. Building and Training TensorFlow Models to Create a Neural Network. *Zero To Mastery* : веб-сайт. URL: <https://zerotomastery.io/blog/how-to-make-a-neural-network/> (дата звернення: 21.11.2025).
6. Izchak E. How does a neural network work? Implementation and 5 examples. *Mize.Tech*: веб-сайт. URL: <https://mize.tech/blog/how-does-a-neural-network-work-implementation-and-5-examples/> (дата звернення: 21.11.2025).
7. Hammad M. H. How to use a trained model in an application using tensorflow. *Medium*: веб-сайт. URL: <https://medium.com/@hammad.ai/how-to-use-a-trained-model-in-an-application-using-tensorflow-cd8b4024bb28> (дата звернення: 21.11.2025).
8. Shubham P. Creating Desktop Apps For TensorFlow Models With Qt. *Medium*: веб-сайт. URL: <https://medium.com/geekculture/creating-desktop-apps-for-tensorflow-with-qt-7b23d57c6557> (дата звернення: 21.11.2025).
9. Implementing Local AI: A Step-by-Step Guide. *DockYard*: веб-сайт. URL: <https://dockyard.com/blog/2025/03/20/implementing-local-ai-step-by-step-guide> (дата звернення: 21.11.2025).
10. Build AI Apps With Transfer Learning. *App Academy*: веб-сайт. URL: <https://www.appacademy.io/blog/transfer-learning-to-build-ai-applications-a-guide-for-software-developers/> (дата звернення: 21.11.2025).
11. Dementieva D., Babakov N., Fraser A. EMOBENCH-UA: A Benchmark Dataset for Emotion Detection in Ukrainian. *ACL Anthology*. URL: <https://aclanthology.org/2025.findings-emnlp.107.pdf> (дата звернення: 20.11.2025).
12. Про звернення громадян. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/393/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 20.11.2025).
13. Про схвалення Стратегії розвитку сфери електронних комунікацій України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/546-2025-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.11.2025).

14. Магиляс Ю., Корсун В., Миргородська М. Пріоритетні напрямки впровадження штучного інтелекту в публічне управління. *Public administration aspects*. 2023. Т. 11, № 4. С. 97–103. URL: <https://doi.org/10.15421/152358> (дата звернення: 01.12.2025).

15. Слюсар В. Локальні великі мовні моделі для обробки конфіденційної інформації. *Озброєння та військова техніка*. 2024. №4(44). С. 79–91. URL: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.4\(44\).79-91](https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.4(44).79-91) (дата звернення: 20.11.2025).

REFERENCES:

1. Cardillo, A. (2025). *Best 44 Large Language Models (LLMs) in 2025*. Exploding Topics. <https://explodingtopics.com/blog/list-of-llms>
2. Cole. (2025). *Most powerful LLMs (Large Language Models) in 2025*. Codingscape. <https://codingscape.com/blog/most-powerful-llms-large-language-models>
3. *Steps to Create and Develop Your Own Neural Network*. CodeWave. (2023). <https://codewave.com/insights/how-to-develop-a-neural-network-steps/>
4. Nascimento, P. (2023). *Building Neural Networks from Scratch*. Cheesecake Labs. <https://cheesecakelabs.com/blog/building-neural-networks-from-scratch/>
5. Bourke, D. (2023). *Building and Training TensorFlow Models to Create a Neural Network*. Zero To Mastery. <https://zerotomastery.io/blog/how-to-make-a-neural-network/>
6. Izchak, E. (2023). *How does a neural network work? Implementation and 5 examples*. Mize.Tech. <https://mize.tech/blog/how-does-a-neural-network-work-implementation-and-5-examples/>
7. Hammad, M. H. (2023). *How to use a trained model in an application using tensorflow*. Medium. <https://medium.com/@hammad.ai/how-to-use-a-trained-model-in-an-application-using-tensorflow-cd8b4024bb28>
8. Shubham, P. (2023). *Creating Desktop Apps For TensorFlow Models With Qt*. Medium. <https://medium.com/geekculture/creating-desktop-apps-for-tensorflow-with-qt-7b23d57c6557>
9. *Implementing Local AI: A Step-by-Step Guide*. DockYard. (2025, March 20). <https://dockyard.com/blog/2025/03/20/implementing-local-ai-step-by-step-guide>
10. *Build AI Apps With Transfer Learning*. App Academy. (2023). <https://www.appacademy.io/blog/transfer-learning-to-build-ai-applications-a-guide-for-software-developers/>
11. Dementieva, D., Babakov, N., & Fraser, A. (2025). *EMOBENCH-UA: A Benchmark Dataset for Emotion Detection in Ukrainian*. ACL Anthology. <https://aclanthology.org/2025.findings-emnlp.107.pdf>
12. *Pro zvernennia hromadian*. Ofitsiyny vebportal parlamentu Ukrayiny. (1996). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/393/96-%D0%B2%D1%80#Text>
13. *Stratehiia rozvytku sfery elektronnykh komunikatsii Ukrainy na period do 2030 roku*. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2025). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/546-2025-%D1%80#Text>
14. Mahylias, Y., Korsun, V., & Myrhorodska, M. (2023). *Priority Areas for the Implementation of Artificial Intelligence in Public Administration*. *Public administration aspects*. 11(4), 97–103. <https://doi.org/10.15421/152358>
15. Slyusar, V. (2024). *Local large language models for confidential information processing*. *Armament and military equipment*. 4(44), 79–91 [https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.4\(44\).79-91](https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.4(44).79-91)

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 03.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 03.09.2026