https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-68
УДК 004.8

ПОХИТУН АНДРІЙ
Хмельницький національний університет
e-mail: pokhytun.andrii@gmail.com
МАЗУРЕЦЬ ОЛЕКСАНДР
Хмельницький національний університет
https://orcid.org/0000-0002-8900-0650
e-mail: exe.chong@gmail.com
ДИДО РОСТИСЛАВ
Хмельницький національний університет
e-mail: rostyslav728@gmail.com
МОЛЧАНОВА МАРИНА
Хмельницький національний університет
https://orcid.org/0000-0001-9810-936X
e-mail: m.o.molchanova@gmail.com

ПРОГРАМНА АРХІТЕКТУРА ДЛЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ВИЯВЛЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ ФОТОГРАФІЙ ОБЛИЧ ЛЮДЕЙ

У статті розглянуто сучасний стан наукового напрямку, що стосується нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей. Аналізуючи актуальні методи, автори запропонували новий підхід, який дозволяє не лише виявляти наявність модифікації обличчя, але й визначати спосіб її походження. Основна ідея запропонованого методу полягає в перетворенні вхідних даних у вигляді фотозображення за допомогою трьох окремих нейромережевих моделей. Перша модель відповідає за виявлення облич на фотографії, друга визначає наявність модифікацій, а третя класифікує види модифікацій, їхню складність і алгоритми, за допомогою яких були створені ці модифікації. Вихідні дані представлені у вигляді результату класифікації, що включає тип, складність та алгоритм модифікації.

У межах дослідження було створено програмну архітектуру, що автоматизує процес виявлення модифікованих зображень облич людей за допомогою нейромережевих методів. Ця архітектура сприяє створенню більш безпечних вебсередовищ, дозволяючи автоматично ідентифікувати та класифікувати модифіковані фотографії.

Для оцінки ефективності запропонованих нейромережевих моделей було проведено експерименти, в яких аналізувався вплив параметрів навчання на значення метрик виявлення модифікацій облич. Тестування проводилося на вибірці з 200 зображень, які не входили у навчальний набір. Результати експерименту показали, що найкращі результати були досягнуті при параметрах Batch size 16 та Epochs 10, де час навчання нейромережі склав 152 секунди. Метрики: Accuracy – 0.98, Precision – 0.97, Recall – 0.97, F1 – 0.97.

Подібні дослідження були проведені для оцінки нейромережевої моделі, яка відповідає за виявлення видів модифікацій. Результати також підтвердили ефективність при тих самих параметрах Batch size 16 та Epochs 10. Час навчання у цьому випадку склав 172 секунди, а метрики: Accuracy – 0.98, Precision – 0.97, Recall – 0.97, F1 – 0.97.

Висновки дослідження показують, що запропонований метод є ефективним для виявлення та класифікації модифікованих зображень облич. Подальші експерименти з архітектурою нейромереж можуть покращити результати. Такий підхід сприятиме підвищенню рівня інформаційної безпеки та захисту приватності у цифровому просторі.

Ключові слова: нейромережа, виявлення модифікованих фотографій облич людей.

POKHYTUN ANDRII, MAZURETS OLEKSANDR, DYDO ROSTYSLAV, MOLCHANOVA MARYNA
Khmelnytskyi National University

SOFTWARE ARCHITECTURE FOR NEURAL NETWORK DETECTION OF HUMAN FACES MODIFIED PHOTOS

The article reviews the current state of the scientific direction related to neural network detection of modified photos of human faces. Analyzing current methods, the authors proposed a new approach that allows not only to detect the presence of facial modification, but also to determine the method of its origin. The main idea of the proposed method is to transform the input data in the form of a photo image using three separate neural network models. The first model is responsible for detecting faces in a photograph, the second determines the presence of modifications, and the third classifies the types of modifications, their complexity and the algorithms by which these modifications were created. The output data is presented in the form of a classification result, which includes the type, complexity and algorithm of the modification.

As part of the research, a software architecture was created that automates the process of detecting modified images of human faces using neural network methods. This architecture contributes to the creation of safer web environments, allowing for the automatic identification and classification of modified photographs.

To assess the effectiveness of the proposed neural network models, experiments were conducted to analyze the impact of training parameters on the values of the metrics for detecting facial modifications. Testing was performed on a sample of 200 images that were not included in the training set. The results of the experiment showed that the best results were achieved with the parameters Batch size 16 and Epochs 10, where the neural network training time was 152 seconds. Metrics: Accuracy – 0.98, Precision – 0.97, Recall – 0.97, F1 – 0.97.

Similar studies were conducted to evaluate the neural network model responsible for detecting types of modifications. The results also confirmed the effectiveness with the same parameters Batch size 16 and Epochs 10. The training time in this case was 172 seconds, and the metrics: Accuracy – 0.98, Precision – 0.97, Recall – 0.97, F1 – 0.97.

The findings of the study show that the proposed method is effective for detecting and classifying modified facial images. Further experiments with neural network architecture can improve the results. This approach will contribute to increasing the level of information security and privacy protection in the digital space.

Keywords: neural network, detection of modified photos of people's faces.

Стаття надійшла до редакції / Received 15.05.2025
Прийнята до друку / Accepted 29.05.2025

Аналіз предметної області

Сучасний світ відзначається швидким розвитком цифрових технологій, особливо в галузі обробки зображень. Разом із цим зростанням виникли проблеми, пов'язані з поширенням фальшивої інформації та необхідністю її виявлення. Зокрема, методи створення модифікованих зображень облич, такі як морфінг, deep fake та різні алгоритми генерації штучних зображень, застосовуються не тільки для розваг, але й у злочинних цілях. Ці технології дозволяють створювати реалістичні, але фальшиві зображення, що можуть використовуватися для шахрайства, шантажу та дезінформації. Тому розробка ефективних методів виявлення модифікованих зображень є важливим завданням для забезпечення інформаційної безпеки та захисту приватності.

Водночас, розвиток методів штучного інтелекту відкриває нові можливості для автоматизації процесів виявлення модифікованих зображень. Сучасні алгоритми глибокого навчання, такі як конволюційні нейронні мережі, генеративно-змагальні мережі та автокодери, здатні аналізувати великі обсяги даних і виявляти найменші ознаки підробки. Це значно підвищує ефективність і точність виявлення фальшивих зображень [1].

Відповідно, автоматизація процесу виявлення модифікованих зображень облич людей нейромережевими методами сприятиме створенню безпечних вебсередовищ.

Сучасний стан досліджень

Розвиток цифрових технологій призвів до створення програм, які можуть становити загрозу для демократії, національної безпеки та конфіденційності, зокрема через технології deepfake. Контент типу "deepfake", особливо у вигляді зображень, поширюється з небаченою швидкістю. Такий фальшивий контент створюється за допомогою передових алгоритмів глибокого навчання, таких як генеративно-змагальні мережі (GAN), автокодери та варіаційні автокодери. Це явище сприяє поширенню дезінформації, що суттєво впливає на суспільство, знижуючи рівень довіри до контенту в соціальних мережах. Тому ця тема привертає значну увагу науковців, які працюють над розробкою ефективних методів виявлення та протидії таким загрозам. Наприклад, дослідження [2] присвячене аналізу різних методів виявлення deep fake, які навчаються на малих вибірках даних. Запропонована робота демонструє ефективну модель CNN та три попередньо навчені моделі CNN, які використовують метод переносу навчання на великому наборі даних з Kaggle, що містить 140 тисяч зображень облич. Запропонована модель CNN досягла точності 96%, в той час як DenseNet121 – 97%.

Дослідження [3] надає огляд літератури щодо методів виявлення deep fake за допомогою DL-алгоритмів, категоризуючи їх за застосуваннями: відео, зображення, аудіо та гібридні мультимедійні методи. Метою є допомогти читачам краще зрозуміти, як генеруються та виявляються deep fake, останні досягнення в цій сфері, слабкі місця існуючих методів безпеки та напрямки для подальших досліджень. Результати показують, що найбільш поширеним методом у публікаціях є використання згорткових нейронних мереж.

У дослідженні [4] було застосовано унікальну активну судово-експертну стратегію на основі архітектури Compact Ensemble-дискримінаторів з використанням глибоких умовних генеративних суперечливих мереж (CED-DCGAN) для виявлення deep fake в реальному часі під час відеоконференцій. DCGAN зосереджується на виявленні deep fake у відео, яке розбивається по кадрам, аналізуючи характеристики, оскільки технології створення переконливих підробок швидко розвиваються.

Аналіз сучасних надбань вчених, пов’язаних із виявленням модифікованих фотографій облич людей, зосереджується на кількох ключових напрямках, які показують як розвиток технологій так і нові виклики та проблеми в даній галузі. Процес розпізнавання обличчя стикається із багатьма проблемами, такими як варіації поз обличчя, зміна освітлення, більшість алгоритмів значно піддаються впливу цих змін [5, 6].

Мета дослідження полягає в створенні програмної архітектури для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей.

Основна частина

Метод нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей відрізняється від існуючих тим, що дозволяє виявляти не лише наявність модифікації обличчя, а і спосіб її походження й призначений для перетворення вхідних даних у вигляді фотозображення, навченої нейромережевої моделі для виявлення видів модифікацій, навченої нейромережевої моделі для виявлення наявності модифікацій та навченої нейромережевої моделі для виявлення наявності облич у вихідні дані у вигляді результату класифікації, а саме тип, складність та алгоритм за допомогою якого було модифіковане фото. Схема та кроки методу наведені на рис. 1.

Процес виявлення модифікованого зображення обличчя можна розділити на декілька кроків: попередня обробка фотографії, оцінка виявлення та виокремлення обличчя на фотографії, оцінка наявності модифікації, виявлення типу модифікації [7].

Перший крок – попередня обробка фотографій. На цьому етапі фото, завантажене

користувачем, проходить попередню обробку, включаючи зміну розмірності до 224x224, нормалізацію та конвертацію у тензор [8, 9]. Другий крок – виявлення та виокремлення облич на фото. На цьому етапі перевіряється, чи присутнє обличчя на фотографії, що визначає доцільність подальшої перевірки на модифікації. Третій крок – оцінка наявності модифікації на фото. На цьому етапі визначається, чи піддавалось фото будь-яким модифікаціям. Завершальний крок – виявлення типу модифікації. Це включає аналіз складності та алгоритму, за допомогою якого фото було модифіковане.

Вихідними даними методу виявлення модифікованих зображень облич є результат у вигляді ймовірності належності зображення до конкретної модифікації, а також оцінка наявності модифікації.

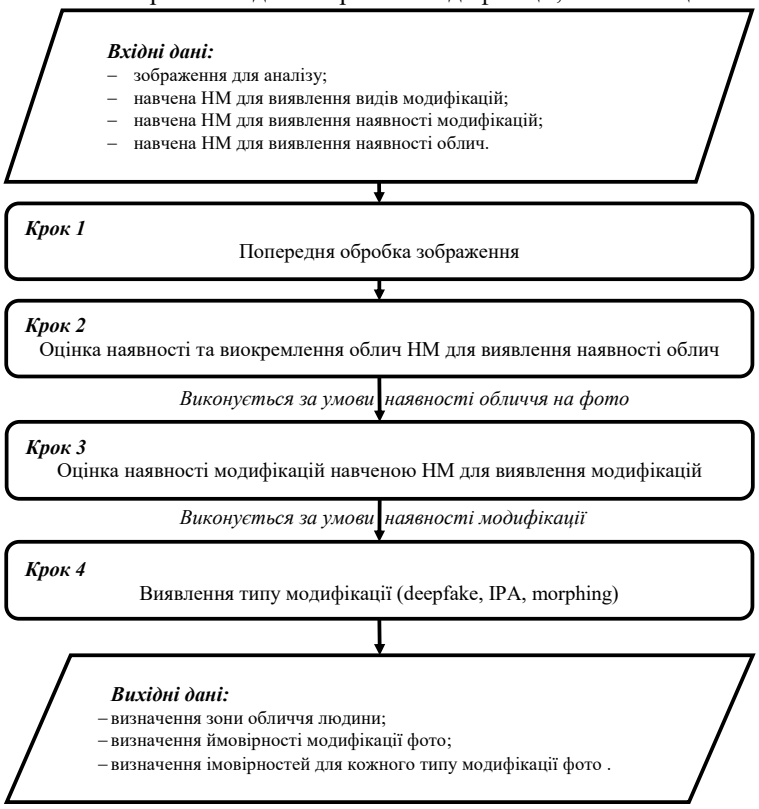

Рис. 1. Схема та кроки методу виявлення модифікованих зображень облич людей

Архітектура нейромережі для виявлення наявності модифікації, що є частиною вхідних даних методу, наведена на рис. 2.

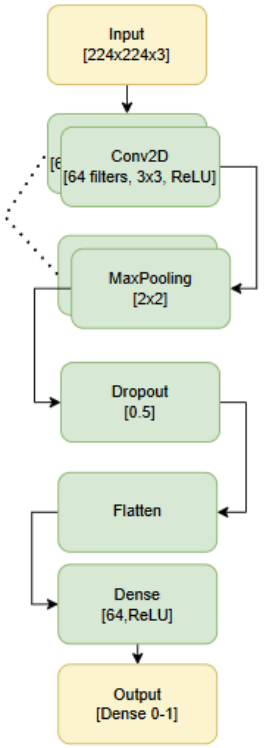

Рис. 2. Архітектура нейромережі для виявлення наявності модифікації

Вхідний шар приймає вхідні дані у вигляді зображення розмірністю 224x224x3, для можливості роботи із кольоровими зображеннями.

Згорткові шари містять 64 фільтри розміром 3x3, та функцію активації ReLU. Після операції згортки, на вихід отримується тензор розмірністю 224x224x64, оскільки кількість фільтрів замінює кількість каналів. Функція активації ReLU додає нелінійність у модель, що допомагає прибрати негативні значення [10].

Шари пулінгу отримують на вхід тензор розмірністю 224x224x64, після чого відбувається зменшення розмірності вдвічі, завдяки ядру 2x2. Тобто на вихід передається тензор розмірністю 112x112x64. Шар dropout виконує функції випадкового відключення, щоб запобігти перенавчанню моделі. Тобто на даному етапі відбувається відключення 50% нейронів (обрано випадково). Шар flatten перетворю тривимірний тензор у одновимірний вектор, оскільки вихідний шар dense, приймають на вхід лише одновимірні вектори. Вихідний шар dense, повертає один нейрон 0-1, для отримання результату класифікації, тобто даний шар визначає чи модифіковане зображення.

Архітектура нейромережі для виявлення наявності модифікації, що є також частиною вхідних даних методу, наведена на рис. 3.

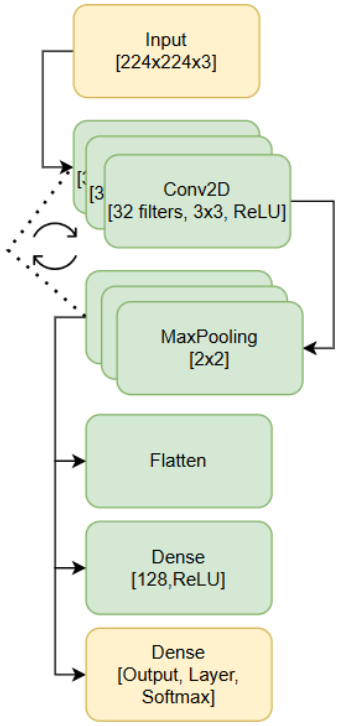

Рис. 3. Архітектура нейромережі для виявлення для виявлення типу модифікації

Вхідний шар (Input) отримує зображення розміром 224x224 пікселі, із трьома каналами, оскільки зображення кольорові. Згорткові шари (Conv2D), містять 32 фільтри розмірністю 3x3, що обробляють зображення. За допомогою даних шарів, модель навчається виявляти базові ознаки(краї, текстури). Шари пулінгу (MaxPooling), використовують філбтри 2x2, які зменшують розмірність вхідного зображення вдвічі, отримуючи найважливіші ознаки, що знижує обчислювальну складність нейромережевої моделі. Наступний шар перетворює багатомірний масив, отриманий із попередніх шарів, у одновимірний вектор даних, для того щоб підготувати дані для обробки у повнозв'язних шарах. Повнозв'язний шар (Dense), обробляє отриманий вектор, що дає змогу виявляти складніші ознаки. Шар містить 128 нейронів, кожен із яких запускає функцію активаці.

Вихідний шар (Output), створює ймовірності для кожного із можливих класів модифікацій зображення та повертає той, де сума ймовірностей найбільша. Вихідний шар містить 9 виході відповідно до кожного класу, а саме deepfake, ipa (easy), ipa (mid), ipa (hard), morphing (amsl), morphing (facemorfer), morphing (opencv), morphing (webmorpher), morphing (stylefan2).

Описані архітектури імплементовані у програмну архітектуру для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей, ланцюжок послідовних дій від завантаження датасету до отримання результатів класифікації якої наведено на рис. 4. Початок процесу відбувається після того як користувач завантажує вхідний набір даних – датсет [11]. Після чого відбувається перетворення зображень у тензор.

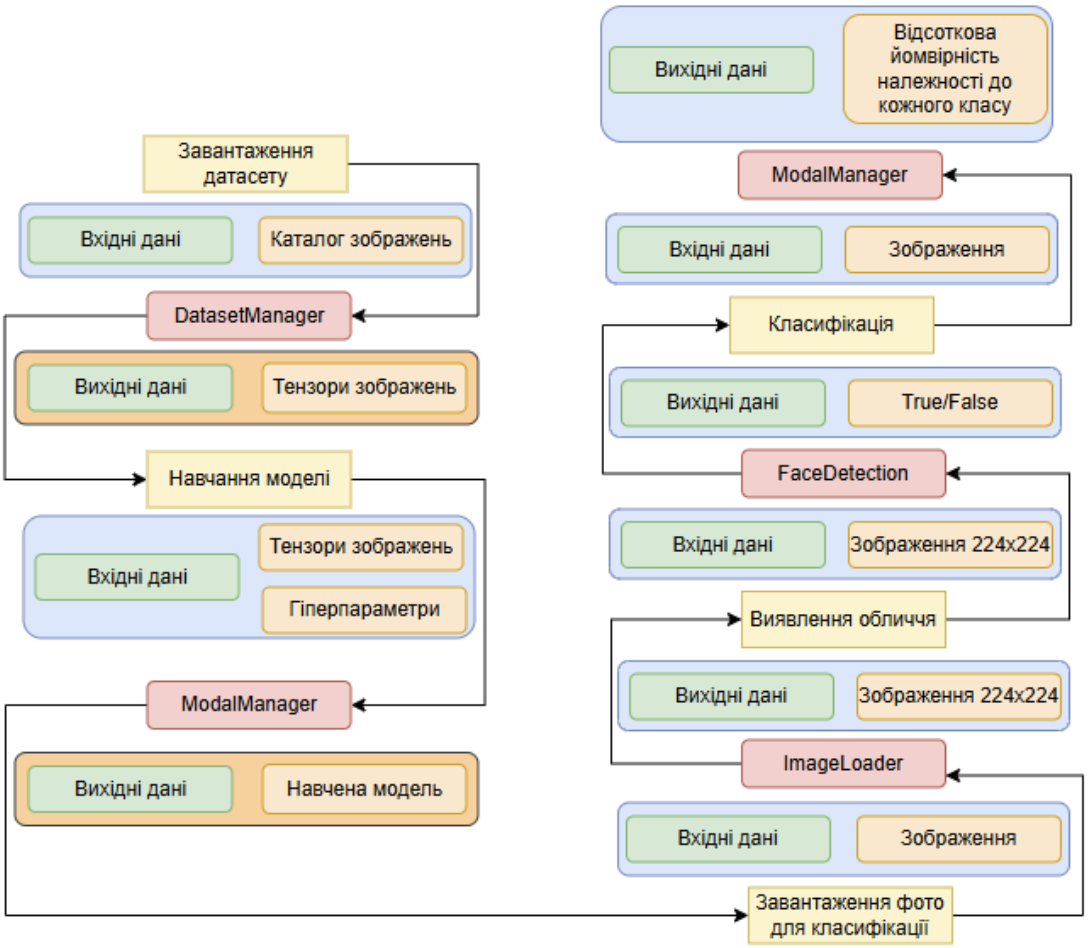

Рис. 4. Програмна архітектура системи

Наступним етапом є навчання моделі, куди подаються тензори зображень та гіперпараметри за замовчуванням або ж ті, які вказав користувач. В якості вихідних даних отримана навчена нейромережева модель.

Після того, як модель готова до класифікації, користувач завантажує зображення, після чого відбувається зміна розміру фото (якщо потрібно) до 224x224.

Після приведення до потрібного розміру, виконується посередник (blazeface) для виявлення та виокремлення обличчя на зображені. Якщо результат позитивний (зображення містить обличчя) запускається процес класифікації та виведення результатів у вигляді відсоткової ймовірності належності до всіх класів. Якщо ж обличчя не виявлено користувачу отримує сповіщення, що обличчя не знайдено та прохання завантажити друге фото.

Приклад роботи створеного програмного забезпечення для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей наведено на рис. 5.

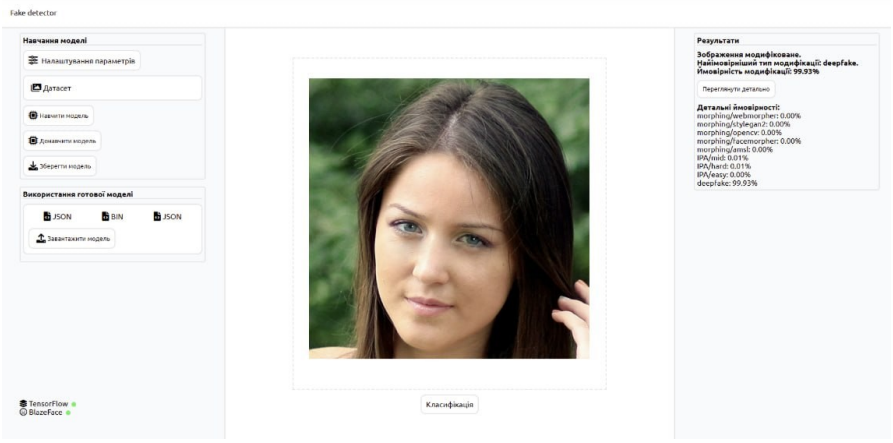

Рис. 5. Приклад роботи програмного системи

Отже, наведено програмну архітектуру системи для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей, яка є програмною реалізацією запропонованого методу, що

дозволяє автоматизувати процес виявлення ймовірності модифікацій із зазначенням її виду.

Експерименти та дискусія

В ході дослідження ефективності нейромереж було досліджено вплив параметрів навчання на отримані значення метрик. Тестування проводились на відносно невеликій вибірці зображень (200 екземплярів), результати наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив параметрів навчання на виявлення наявності модифікацій

Batch size	Epochs	Час навчання (с)	Accuracy	Precision	Recall	F1
20	16	187	0.96	0.96	0.96	0.96
16	10	152	0.98	0.97	0.97	0.97
12	8	136	0.95	0.962	0.962	0.962

Результати експерименту з таблиці 1 відображені на рис.6.

Рис. 6. Вплив параметрів навчання на виявлення наявності модифікацій

Як видно з рис.6 та з таблиці 1, найкращі результати навчання досягнуті при параметрах Batch size 16 та Epochs 10. Для таких параметрів час навчання нейромережі для виявлення модифікацій склав 152 секунди. При цьому отримані метрики Accuracy = 0.98, Precision = 0.97, Recall = 0.97, F1 = 0.97.

Аналогічно як і з нейромережею для виявлення наявності модифікації, проведено дослідження впливу параметрів навчання на виявлення видів модифікації. Отримані результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив параметрів навчання на виявлення видів модифікацій

Batch size	Epochs	Час навчання (с)	Accuracy	Precision	Recall	F1
20	16	237	0.95	0.94	0.94	0.94
16	10	172	0.98	0.97	0.97	0.97
12	8	156	0.94	0.943	0.943	0.943

Результати з таблиці 2, відображені на рис. 7.

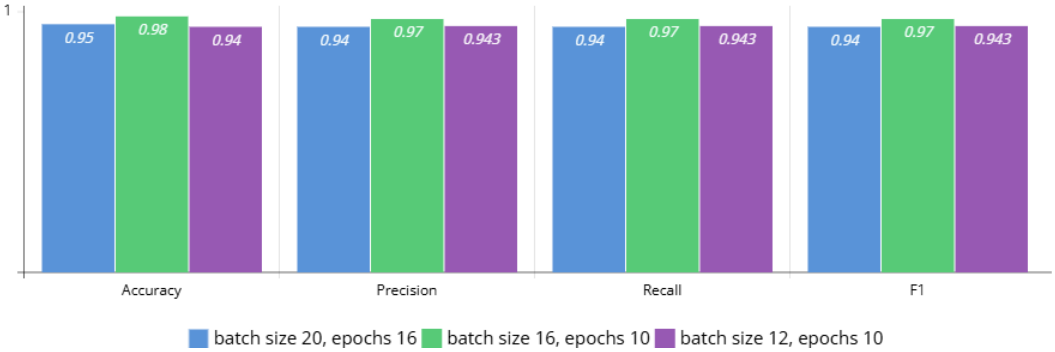

Рис. 7. Вплив параметрів навчання на виявлення видів модифікацій

Провівши аналіз отриманих результатів, наведених на рис.7, можна зробити висновок, що оптимально вказувати наступні параметри навчання: batch size 16 та epochs 10. Із даними параметрами навчання нейромережа для виявлення видів модифікацій отримала такі результати: accuracy = 0.98, precision = 0.97, recall = 0.97, f1 = 0.97.

Однак, результати розробленого методу можна покращити шляхом експериментів над архітектурами нейромереж, на що і будуть спрямовані подальші дослідження.

Висновки

У статті розглянуто актуальний стан наукового напрямку нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей. На базі опрацьованого матеріалу запропоновано метод нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей, що відрізняється від існуючих тим, що дозволяє виявляти не лише наявність модифікації обличчя, а й спосіб її походження.

Розроблений метод призначений для перетворення вхідних даних у вигляді фотозображення за допомогою навченої нейромережевої моделі для виявлення видів модифікацій, навченої нейромережевої моделі для виявлення наявності модифікацій, та навченої нейромережевої моделі для виявлення наявності облич. Вихідні дані представлені у вигляді результату класифікації, що включає тип, складність та алгоритм, за допомогою якого було модифіковане фото.

У межах проведеного дослідження було створено програмну архітектуру, яка дозволяє автоматизувати процес виявлення модифікованих зображень облич людей нейромережевими методами, що в свою чергу сприятиме створенню безпечних вебсередовищ.

В ході дослідження ефективності запропонованих нейромереж було проаналізовано вплив параметрів навчання на значення метрик виявлення модифікацій облич. Тестування проводилося на вибірці зображень 200 екземплярів. Результати експерименту показали, що найкращі результати були досягнуті при параметрах Batch size 16 та Epochs 10, де час навчання нейромережі склав 152 секунди. Метрики показали таку ефективність: Accuracy становила 0.98, Precision – 0.97, Recall – 0.97, та F1 – 0.97.

Подібні дослідження були проведені для оцінки нейромережі для виявлення видів модифікацій, де результати також підтвердили ефективність при тих самих параметрах Batch size 16 та Epochs 10. Час навчання у цьому випадку склав 172 секунди, а метрики були такими: Accuracy = 0.98, Precision = 0.97, Recall = 0.97, F1 = 0.97. Це свідчить про те, що обрані параметри навчання є оптимальними для даної задачі. Однак, результати можуть бути покращені шляхом подальших експериментів з архітектурою нейромереж, що стане предметом майбутніх досліджень.

Література

1. Pokhytun A. Method for Neural Network Detecting Changed Images of People's Faces Using CNN / A. Pokhytun, O. Mazurets, M. Molchanova, O. Tyschenko // New Horizons in Scientific Research: Challenges and Solutions. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. October 21-23, 2024. Marseille, France. – 2024. – Pp. 35-40.

2. Umadevi M.Deep Fake Face Detection using Efficient Convolutional Neural Networks / M. Umadevi, S. Krishna, N. Kumar // 2024 5th International Conference on Image Processing and Capsule Networks (ICIPCN), Dhulikhel, Nepal, 2024. – Pp. 344-352

3. Heidari A. Deepfake detection using deep learning methods: A systematic and comprehensive review / A. Heidari, N. Jafari Navimipour, H. Dag, M. Unal // WIREs Data Mining and Knowledge Discovery. – 2023. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://doi.org/10.1002/widm.1520 (дата доступу: 16.12.2024).

4. Chauhan R. Fake Faces Unveiled: A Comprehensive Study on Detecting Generated Facial Images / R. Chauhan, M. Sethi, S. Ahuja // 2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM), Dehradun, India, 2024. – Pp. 475-482.

5. Bohdanova A. Gesture recognition using a neural network in real time / A. Bohdanova, O. Mazurets, O. Sobko // Black Sea Science 2023: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works. Odesa National University of Technology. Odesa, ONUT, 2023. – Pp. 556-566.

6. Novak Y. Practical Application of Method of Automated Personal Identification by Fingerprints Using Convolution Neural Networks / Y. Novak, O. Mazurets // Proceedings of V International Scientific and Practical Conference «Modern strategies of global scientific solutions». December 27-29, 2023. Stockholm, Sweden, International Scientific Unity. – 2023. – Pp. 136-140..

7. Molchanova M. Object-oriented model for neural network damage detection of mail packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, Ev. Kuflevsky // Proceedings of XIV International Scientific and Practical Conference «Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts». March 13-15, 2024. Copenhagen, Denmark. – 2024. – Pp. 58-62.

8. Mazurets O. Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotivskyi // Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects». May 8-10, 2024. Oslo, Norway. – 2024. – Pp. 64-68.

9. Mazurets O. An Approach to Using MobileNet CNN-model for Gesture Recognition / O. Mazurets, O. Zalutska, O. Tyschenko, A. Bohdanova // Proceedings of XXIII International Scientific and Practical Conference «Problems of Science and Technology: the Search for Innovative Solutions». May 15-17, 2024. Munich, Germany. – 2024. – Pp. 59-64.

10. Mazurets O. V. Object-Oriented Intelligent System for Neural Network Detection of Sugar Crystallization Zones / O. Mazurets, V. Klimenko, M. Molchanova, A. Sultanov // Global Science: Prospects

and Innovations. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. – 2024. – Pp. 198-207.

11. Похитун А.В. Підхід до формування датасету для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей / А.В. Похитун, О.В. Мазурець, М.О. Молчанова, О.В. Бармак // Збірник наукових праць за матеріалами XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024». 15-16 листопада 2024. Хмельницький, 2024. – С. 428-433.

References

1. Pokhytun A. Method for Neural Network Detecting Changed Images of Peoples Faces Using CNN / A. Pokhytun, O. Mazurets, M. Molchanova, O. Tyschenko // New Horizons in Scientific Research: Challenges and Solutions. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. October 21-23, 2024. Marseille, France. – 2024. – Pp. 35-40.

2. Umadevi M.Deep Fake Face Detection using Efficient Convolutional Neural Networks / M. Umadevi, S. Krishna, N. Kumar // 2024 5th International Conference on Image Processing and Capsule Networks (ICIPCN), Dhulikhel, Nepal, 2024. – Pp. 344-352

3. Heidari A. Deepfake detection using deep learning methods: A systematic and comprehensive review / A. Heidari, N. Jafari Navimipour, H. Dag, M. Unal // WIREs Data Mining and Knowledge Discovery. – 2023. – [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: https://doi.org/10.1002/widm.1520 (data dostupu: 16.12.2024).

4. Chauhan R. Fake Faces Unveiled: A Comprehensive Study on Detecting Generated Facial Images / R. Chauhan, M. Sethi, S. Ahuja // 2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM), Dehradun, India, 2024. – Pp. 475-482.

5. Bohdanova A. Gesture recognition using a neural network in real time / A. Bohdanova, O. Mazurets, O. Sobko // Black Sea Science 2023: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works. Odesa National University of Technology. Odesa, ONUT, 2023. – Pp. 556-566.

6. Novak Y. Practical Application of Method of Automated Personal Identification by Fingerprints Using Convolution Neural Networks / Y. Novak, O. Mazurets // Proceedings of V International Scientific and Practical Conference «Modern strategies of global scientific solutions». December 27-29, 2023. Stockholm, Sweden, International Scientific Unity. – 2023. – Pp. 136-140..

7. Molchanova M. Object-oriented model for neural network damage detection of mail packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, Ev. Kuflevsky // Proceedings of XIV International Scientific and Practical Conference «Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts». March 13-15, 2024. Copenhagen, Denmark. – 2024. – Pp. 58-62.

8. Mazurets O. Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotivskyi // Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects». May 8-10, 2024. Oslo, Norway. – 2024. – Pp. 64-68.

9. Mazurets O. An Approach to Using MobileNet CNN-model for Gesture Recognition / O. Mazurets, O. Zalutska, O. Tyschenko, A. Bohdanova // Proceedings of XXIII International Scientific and Practical Conference «Problems of Science and Technology: the Search for Innovative Solutions». May 15-17, 2024. Munich, Germany. – 2024. – Pp. 59-64.

10. Mazurets O. V. Object-Oriented Intelligent System for Neural Network Detection of Sugar Crystallization Zones / O. Mazurets, V. Klimenko, M. Molchanova, A. Sultanov // Global Science: Prospects and Innovations. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. – 2024. – Pp. 198-207.

11. Pokhytun A.V. Pidkhid do formuvannia datasetu dlia neiromerezhevoho vyiavlennia modyfikovanykh fotohrafii oblych liudei / A.V. Pokhytun, O.V. Mazurets, M.O. Molchanova, O.V. Barmak // Zbirnyk naukovykh prats za materialamy XVI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Aktualni problemy kompiuternykh nauk APKN-2024». 15-16 lystopada 2024. Khmelnytskyi, 2024. – S. 428-433.