

КЛАСИФІКАЦІЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ (CNN)

У тезі представлено модель згорткової нейронної мережі (CNN) для автоматичної класифікації військової техніки на основі зображень. Дослідження базується на датасеті з понад 14 000 зображень, поділених на тренувальну та тестову вибірки, що охоплюють 10 класів, зокрема танки, артилерію, БМП та зенітні комплекси.

Результати підтверджують ефективність застосування глибинного навчання для розпізнавання військових об'єктів. Запропонований підхід має потенціал для використання у військовій аналітиці, дронівих системах спостереження, автоматичному виявленні цілей та в дослідженнях оборонного спрямування.

Ключові слова: Згорткова нейронна мережа (CNN), Класифікація військової техніки, Розпізнавання зображень, Глибинне навчання, Обробка зображень, Машинне навчання, Комп'ютерний зір.

У сучасних умовах ведення бойових дій автоматизовані системи розпізнавання військової техніки відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки та ефективного прийняття рішень. Застосування згорткових нейронних мереж (CNN) у задачах класифікації зображень дозволяє досягти високої точності і швидкості обробки даних, що робить цю технологію перспективною для використання у військовій сфері.

У представленому дослідженні використано датасет [1], який складається із 10414 зображень, що належать до 10 різних класів військової техніки для навчальної вибірки (train), та 3719 зображень для тестової вибірки (test) (1). Кожне зображення представляє один із класів бойових машин, зокрема: танки, зенітні установки (Anti-aircraft), бойові машини піхоти (Infantry Fighting Vehicles), артилерія та інші категорії.

$$D = D_{train} \cup D_{test}, \quad |D_{train}| = \alpha |D|, \quad |D_{test}| = (1 - \alpha) |D| \quad (1)$$

Перед обробкою всі зображення були перетворені у відтінки сірого (grayscale) (2) для зменшення розмірності вхідних даних, після чого мітки класів були закодовані у вигляді бінарних векторів (one-hot encoding) (3).

$$Gray = [0.2989 \ 0.5870 \ 0.1140] * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$v_i = \delta(y, c_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } y = c_i \\ 0, & \text{else} \end{cases} \text{ for } i = 1, 2, 3 \dots, K \quad (3)$$

Для наочності на рисунку 1 наведено приклади зображень із навчальної вибірки, які ілюструють різні класи військової техніки з досліджуваного датасету, де елементи датасету представлені категоріальними мітками у вигляді векторів та зображення переведені у відтінки сірого.

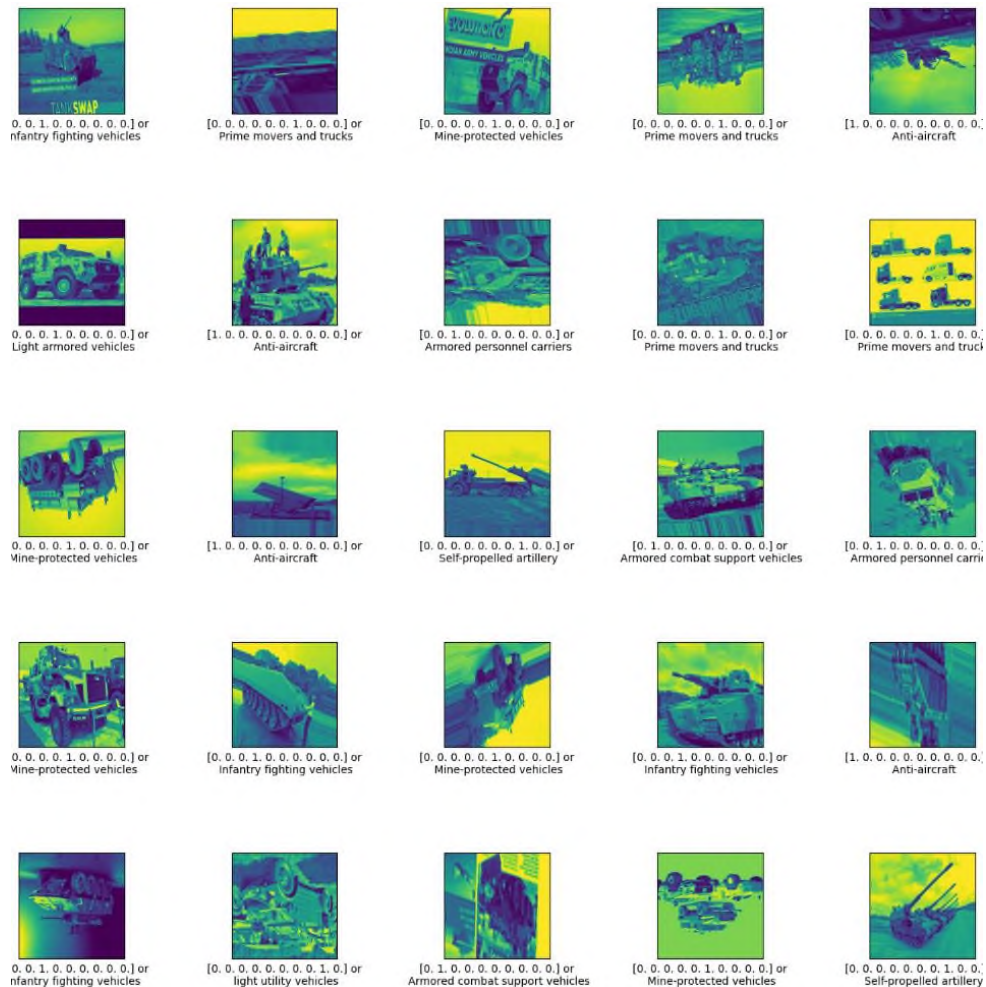


Рис. 1. – Елементи датасету після представлення категоріальних міток у вигляді векторів та переведення зображення у відтінки сірого

Код моделі містить кілька важливих етапів для обробки зображень у неймережі: Conv2D з 128 фільтрами (3x3) для виявлення ознак у зображенні, BatchNormalization x для стабілізації навчання, MaxPooling2D для зменшення просторової розмірності карти ознак і Dropout для запобігання перенаванчню, вимикаючи 20% нейронів.

```
model = Sequential([
    Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(256, 256, 3)),
    BatchNormalization(),
    MaxPooling2D(2),
    Dropout(0.2),
    Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    MaxPooling2D(2),
    Dropout(0.2),
    Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    MaxPooling2D(2),
    Dropout(0.2),
    Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    MaxPooling2D(2),
    Dropout(0.2),
    Flatten(),
    Dense(512, activation='relu'),
    Dropout(0.5),
    Dense(train_generator.num_classes, activation='softmax')
])
```

Для багатокласової класифікації на виході моделі застосовано функцію активації Softmax (5). Функція перетворює вихідні значення мережі на ймовірності для кожного класу, причому сума всіх ймовірностей дорівнює 1. Це дозволяє моделі ефективно класифікувати зображення в один з декількох можливих класів, на відміну від сигмоїдної (4) функції активації, яка зазвичай використовується для двокласових задач і повертає ймовірність для одного класу, що не є оптимальним для багатокласових сценаріїв.

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4)$$

$$P(y_i) = \sum_{j=1}^N \frac{e^{z_i}}{e^{z_j}} \quad (5)$$

У даному дослідженні завдання класифікації полягає у розподілі об'єктів на 10 класів, що вказує на застосування багатокласового підходу замість бінарного. Це означає, що замість бінарної крос-ентропії (binary crossentropy) (6), яка застосовується при наявності лише двох класів, використовується категоріальна крос-ентропія (categorical crossentropy) (7). Такий підхід застосовується, коли задача полягає в класифікації з більше ніж двома класами, такими як танки, артилерія, ППО тощо.

$$-\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i * \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) * \log(1 - \hat{y}_i) \quad (6)$$

$$- \sum_{i=1}^C y_i * \log(p_i) \quad (7)$$

Рисунок 2 ілюструє розподіл ймовірностей для зображення танка, яке було завантажено в модель. Нейронна мережа успішно класифікувала зображення як танк, надавши найвищу ймовірність [2] для цього класу.

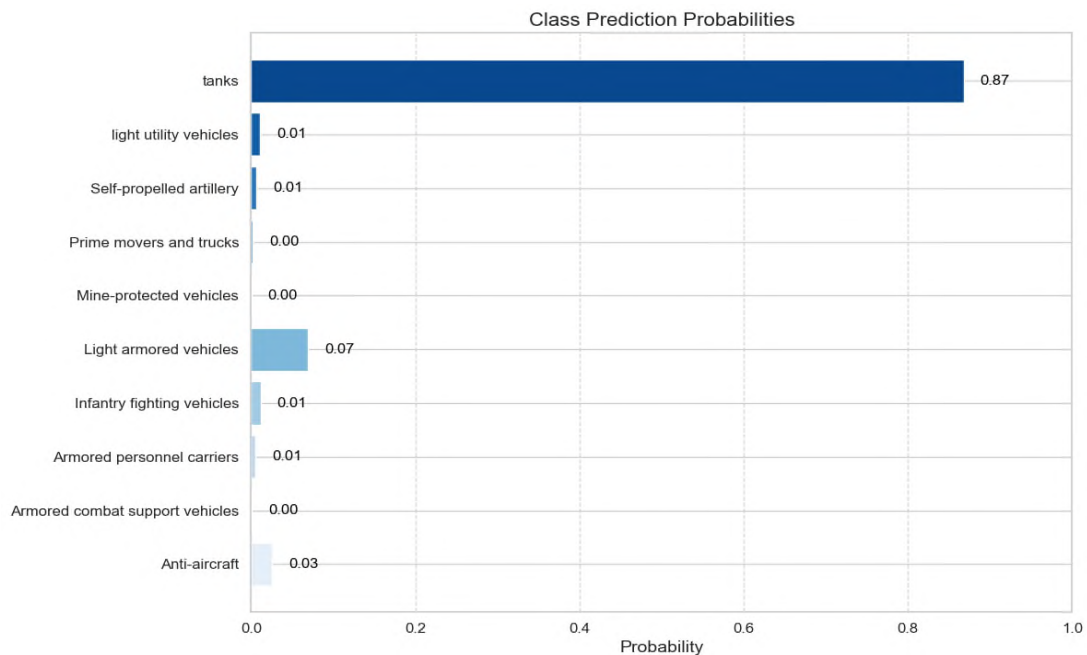


Рис. 2. – Розподіл ймовірностей для зображення танка

Результати тренування моделі показують, що на тренувальних даних досягнуто точності 0.9993 з втратою 0.0192, що вказує на надзвичайно високі результати на цих даних. Однак на тестових даних точність склала лише 0.5329, а втрата – 2.2691. Хоча результат 0.53 в тестуванні є в 5 разів кращим за випадкове вгадування, це також вказує на те, що модель може бути перевчена (overfitted) [3], оскільки вона демонструє значно кращі результати на тренувальних даних, ніж на тестових.

Розроблену модель можна застосовувати для автоматичної ідентифікації типів військової техніки на зображеннях, що може бути корисним у військовій аналітиці, моніторингу з дронів, системах безпеки або для дослідницьких цілей в оборонній сфері.

References

1. Military vehicles. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/amanrajbose/military-vechiles>. (дата звернення 19.05.2025).
2. Probability. URL: <https://www.cuemath.com/data/probability/> (дата звернення 19.05.2025).

3. What is Overfitting? URL: <https://aws.amazon.com/what-is/overfitting/#:~:text=Overfitting%20is%20an%20undesirable%20machine,on%20a%20known%20data%20set.> (дата звернення 19.05.2025).
4. Military Applications of Machine Learning: A Bibliometric Perspective. URL: https://www.researchgate.net/publication/360162218_Military_Applications_of_Machine_Learning_A_Bibliometric_Perspective. (дата звернення 19.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.14.20

Bohdan Somriakov
Svitlana Borovlova

CLASSIFICATION OF MILITARY VEHICLES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNNs)

The thesis presents a convolutional neural network (CNN) model for the automatic classification of military vehicles based on images. The study is based on a dataset of over 14,000 images, divided into training and testing sets, covering 10 categories including tanks, artillery, infantry fighting vehicles, and anti-aircraft systems.

The results confirm the effectiveness of deep learning in recognizing military objects. The proposed approach has potential applications in military analytics, drone-based surveillance systems, automated target detection, and defense-related research.

Keywords: Convolutional Neural Network (CNN), Military Vehicles Classification, Image Recognition, Deep Learning, Image Processing, Machine Learning, Computer Vision.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Богдан Сомряков, студент факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна. E-mail: pontius.bos@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0003-7045-8586>

Bohdan Somriakov, student of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine E-mail: pontius.bos@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7045-8586>

Світлана Боровльова, ст. викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна. E-mail: svetlana.borovlyova@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1994-0556>.

Svitlana Borovlova, Senior Lecturer at the Department of Software Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: svetlana.borovlyova@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1994-0556>

© Б. Сморяков, С. Боровльова
19.05.2025.

Стаття отримана редакцією

