

УДК 629.735.33:004.93:004.8

*Яременко Д., здобувач,  
Ткачук Д.Ю., аспірантка*

*Державний університет «Житомирська політехніка»*

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ УНИКНЕННЯ ПЕРЕШКОД ДЛЯ АВТОНОМНОГО ДРОНА З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ**

Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів зумовлює підвищення вимог до надійності, автономності та адаптивності навігаційних систем. Одним із ключових завдань автономного польоту є своєчасне виявлення та уникнення перешкод у динамічному й неструктурованому середовищі. Традиційні підходи, що ґрунтуються на класичних методах обробки зображень або використанні простих сенсорів, характеризуються обмеженою точністю, недостатньою швидкістю та низькою стійкістю до змін умов експлуатації. У зв'язку з цим перспективним напрямом є застосування методів глибокого навчання, які забезпечують підвищення робастності системи та її здатності функціонувати в реальному середовищі.

Метою роботи є розробка системи уникнення перешкод для автономного дрона на основі алгоритмів глибокого навчання, здатної забезпечувати навігацію в режимі реального часу без попередньої побудованої карти середовища. Об'єктом дослідження є процес автономної навігації БПЛА в середовищі з перешкодами, а предметом – методи та алгоритми глибокого навчання для виявлення перешкод і коригування траєкторії польоту.

Запропонована система побудована на основі архітектури YOLOv8, адаптованої для обробки даних RGB-D-камери. Вхідними даними є потік кольорових зображень і карта глибини, що формуються в реальному часі. На основі їх аналізу система виділяє вільні та небезпечні зони простору, після чого модуль планування траєкторії генерує керуючі сигнали для польотного контролера. Для побудови безпечної траєкторії використано поєднання методу потенційних полів і прогностичної моделі руху дрона, що дозволяє враховувати як статичні, так і динамічні перешкоди. Програмна реалізація інтегрована з PX4 та ROS2, що забезпечує модульність і можливість адаптації до різних типів безпілотних платформ.

Оцінювання ефективності системи виконувалося в середовищі Gazebo за сценаріями різного рівня складності. Результати моделювання показали, що система забезпечує успішне уникнення перешкод у 94,7 % випадків при швидкості польоту до 8 м/с, а затримка між виявленням перешкоди та формуванням керуючого сигналу не

перевищує 35 мс. Це підтверджує придатність розробленого рішення до застосування в системах реального часу. Порівняно з традиційними підходами запропонована система демонструє вищу точність виявлення та кращу адаптивність до складних умов середовища.

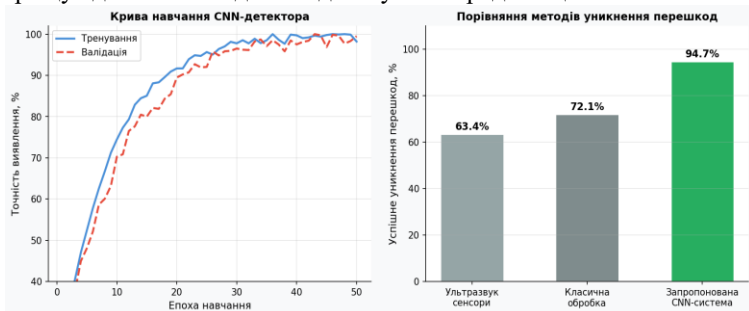


Рис.2. Порівняння ефективності методів уникнення перешкод та крива навчання CNN

Наукова новизна роботи полягає у розробленні методу комбінованої обробки RGB-D-даних із використанням полегшеної нейронної мережі, оптимізованої для вбудованих обчислювальних платформ. Практична цінність розробки полягає у можливості її застосування в пошуково-рятувальних операціях, інспекції інфраструктури та автономній доставці. Запропонований підхід забезпечує ефективну навігацію БПЛА в невідомому середовищі та має переваги за показниками точності, швидкодії й адаптивності.

#### Список використаних джерел:

1. Dai X., Mao Y., Huang T., Qin N., Huang D., Li Y. Automatic obstacle avoidance of quadrotor UAV via CNN-based learning. *Neurocomputing*. 2020. Vol. 402. P. 346–358. DOI: 10.1016/j.neucom.2020.04.020.
2. Xue Z., Gonsalves T. Vision Based Drone Obstacle Avoidance by Deep Reinforcement Learning. *AI*. 2021. Vol. 2, No. 3. P. 366–380. DOI: 10.3390/ai2030023.
3. Katkuri A. V. R., Madan H., Khatri N., Abdul-Qawy A. S. H., Patnaik K. S. Autonomous UAV navigation using deep learning-based computer vision frameworks: A systematic literature review. *Array*. 2024. Article 100361. DOI: 10.1016/j.array.2024.100361.
4. Debnath D., Vanegas F., Sandino J., Hawary A. F., Gonzalez F. A Review of UAV Path-Planning Algorithms and Obstacle Avoidance Methods for Remote Sensing Applications. *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16, No. 21. Article 4019. DOI: 10.3390/rs16214019.