and Parsing. Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16). 2016. P. 4290–4297.
2. Мерзляк А. Г., Полонський В. Б., Якір М. С. *Геометрія* : підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. 2-ге видання, перероблене. Харків : Гімназія, 2020.
3. Мерзляк А. Г., Полонський В. Б., Якір М. С. *Геометрія* : підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. 2-ге видання, перероблене. Харків : Гімназія, 2021.
4. J. D. Hunter, "Matplotlib: A 2D Graphics Environment", Computing in Science & Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 90-95, 2007.
5. Смиш, О., Загорулько, А. - Використання мови lean для перевірки на несуперечність математичних задач у навчальній рекомендаційній системі. журнал: Measuring and computing devices in technological processes, (Випуск: 1), Ст. 32-38. https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-

ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МАЛИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ / / DETECTION AND CLASSIFICATION OF SMALL AERIAL OBJECTS USING DEEP LEARNING TOOLS

Федюченко М. І/Fediuchenko M. Національний університет "Києво-Могилянська академія" 04655, м. Київ, вулиця Сковороди, 2, НаУКМА, Факультет інформатики. тел.(044) 426 60 64. Email: m.fediuchenko@ukma.edu.ua, аспірант факультету інформатики

The proliferation of drones, fueled by decreasing costs and advancing computing power, has elevated recreational unmanned aerial vehicle use to a realm posing substantial challenges to infrastructure security and public order. Unmanned aerial vehicles extend their potential for misuse in illegal activities, spanning surveillance, information gathering, transportation of illicit items, and threats to both objects and individuals. Addressing the need for effective detection, the research leverages deep learning models integrated with optical, infrared, radiofrequency, acoustic, and radar sensor data. Preliminary results indicate that the combined approach significantly contributes to the accuracy and reliability of small aerial object detection systems. Deep learning models efficiently process and fuse the diverse dataset, mitigating environmental factors such as signal interference and highlighting the effectiveness of this approach compared to traditional detection technologies

Важливим викликом XXI століття є зростаюче використання безпілотних літальних апаратів в різних сферах діяльності, що, поряд з перевагами, породжує серйозні виклики для безпеки та приватності. Зниження вартості дронів і зростання обчислювальних потужностей дозволяє використовувати їх не лише для рекреації, а й у незаконних діях. Особливо важливим є контроль використання безпілотних літальних апаратів в обмежених зонах, що створює загрози для національної безпеки та інфраструктури. Однією з головних проблем є розробка ефективних методів виявлення та відстеження таких апаратів. Традиційні технології, зокрема радарні та радіочастотні детектори, не здатні ефективно працювати в умовах блокування сигналів чи за відсутності сигналу зовсім. Вартість радіолокаційних систем є значною, а їх синхронізація ускладнюється зі збільшенням території перекриття. Тому виникає потреба у нових підходах, зокрема у використанні технологій штучного інтелекту та глибинного навчання, які дозволяють створювати доступніші, масштабовані й економічно ефективні рішення для виявлення дронів.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки методів та систем для автоматичного виявлення малих повітряних об'єктів, які відповідають вимогам точності, швидкодії та стійкості до змінних середовища. Однією з основних цілей дослідження є підвищення точності та надійності систем виявлення малих повітряних об'єктів шляхом інтеграції даних з оптичних, інфрачервоних,

радіочастотних, акустичних та радарних сенсорів та подальшому аналізі інструментами глибинного навчання. Використання багатосенсорних систем для детекції малих повітряних об'єктів має значні переваги в порівнянні з традиційними підходами, що базуються лише на одному типі сенсора.

Модульний підхід дозволяє оптимізувати роботу кожного сенсора в залежності від конкретних умов експлуатації. Наприклад, оптичні сенсори можуть використовуватись для виявлення об'єктів в ясну погоду, в той час як інфрачервоні сенсори ефективні в умовах низької видимості. Акустичні та радіочастотні детектори можуть бути корисними для виявлення об'єктів, які можуть бути невидимими або не ідентифікованими іншими сенсорами. Здатність навчатися на великих і складних наборах даних через багаторівневу обробку дозволяє досягти високої точності у завданнях виявлення та класифікації за допомогою глибинного навчання [1]. Завдяки своїй здатності вивчати складні закономірності в даних було проведено експерименти із згортковими моделями глибинного навчання, що здатні ідентифікувати навіть малі об'єкти шляхом плиткування промаркованих даних. Проведені експерименти підтверджують ефективність використання моделей YOLO для виявлення дронів в реальних умовах. Наприклад, застосування YOLOv8 для виявлення коптерів в умовах низької видимості та в умовах значного шуму, показало високу точність, досягаючи 97.9% успіху в реальному часі. Подальше використання генетичного алгоритму на параметрах моделі дозволило отримати точність у 98.8%. Це підтверджує перспективу покращення точності моделей й для інших сенсорів.

Модель	*Точність*	*Повнота*	*Час (ms)*	*Точність після GA*	*Повнота після GA*	*Час (ms) після GA*
YOLOv5s	94.4	93.3	2.7	95.2	94.8	3.8
YOLOv8s	97.9	70.6	5.4	98.8	81.3	6.1

Таблиця 1.0 – Середні значення метрик при стандартному наборі конфігурацій та після виконання генетичного алгоритму

Використання інфрачервоних сенсорів у поєднанні з глибинними нейронними мережами для обробки термальних зображень, показала також значну ефективність у виявленні повітряних об'єктів з температурними відмінностями у порівнянні з навколишнім середовищем.

У дослідженій роботі [3] представлено систему, що використовує нейронні мережі для аналізу акустичних сигналів малих повітряних об’єктів. Ця система застосовує віконне перетворення Фур’є для перетворення сигналів у спектр, на основі якого нейронна мережа виявляє наявність дронів серед інших джерел звуку. Висока точність виявлення (98,97%) і низький рівень хибних спрацьовувань (1,28%) підтвердили ефективність поєднання акустичних сенсорів із глибинними навчальними моделями для виявлення БПЛА. Спланові дослідження мають за мету розширити та доповнити цю гіпотезу шляхом інтеграції та обробки інформації з акустичного сенсору у тандемі з радіочастотним та оптичним.

Незважаючи на значний прогрес у використанні глибинного навчання для виявлення дронів, практична реалізація цих технологій стикається з численними викликами, такими як різноманітність навколишнього середовища, обмеженість обчислювальних потужностей та вимоги до реального часу обробки даних [4]. Подальші дослідження мають на меті подолати ці труднощі, зокрема через модульну архітектуру, покращення алгоритмів та адаптацію моделей до реальних умов експлуатації. Очікується, що запропонована система виявлення малих повітряних об'єктів з використанням моделей глибинного навчання та багатосенсорного підходу зможе значно підвищити точність та надійність виявлення дронів у складних умовах.

Це дозволить створити ефективніші системи безпеки та контролю для захисту інфраструктури та національної безпеки.

Джерела

1. Seo, Yoojeong, et. al. "Drone detection using convolutional neural networks with acoustic STFT features." 2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS). IEEE, 2018.
2. Samadzadegan F, Dadrass Javan F, Ashtari Mahini F, Gholamshahi M. “Samadzadegan, Farhad, et al. "Detection and recognition of drones based on a deep convolutional neural network using visible imagery." *Aerospace* 9.1 (2022): 31.
3. Anwar, Zohaib M., et. al. "Machine learning inspired sound-based amateur drone detection for public safety applications." IEEE Transactions on Vehicular Technology 68.3 (2019): 2526-2534.
4. Rahman, Md Habibur, et al. "A Comprehensive Survey of Unmanned Aerial Vehicles Detection and Classification Using Machine Learning Approach: Challenges, Solutions, and Future Directions." Remote Sensing 16.5 (2024): 879.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КВАНТИЗАЦІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМП’ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Ткач.Н.В.

Національний університет “Києво-Могилянська академія”

04655, м. Київ, вулиця Сковороди, 2, НаУКМА, Факультет інформатики. тел.(044) 426 60 64.

E-mail: n.tkach@ukma.edu.ua, факс (044) 426 60 64

The recent advancements in the field of neural network optimization demonstrated a high potential for significant improvements in performance due to the quantization of trained models. However, there is substantial research gap in the development of criteria used for optimization algorithms, which will encapsulate a multi-faceted approach for estimating the quality of quantization methods. This research provides a practical overview of peak error-to-interval ratio as a criterion for several quantization schemes on popular neural network modules. The presented criterion establishes an easily interpretable baseline measure which is particularly helpful in the estimation of the overall performance of neural networks and their sensitivity to imposed degradation errors.

Оптимізація нейронних мереж шляхом квантизації[1] її параметрів є одним з основних сучасних методів застосування нейронних мереж на пристроях з обмеженою обчислювальною потужністю. Попри значні дослідження у сфері алгоритмів квантизації, критерії оцінювання якості квантизації є відкритою темою для нових впроваджень та ґрунтовного аналізу. Причиною цьому є деградація при конвертуванні моделей з вагами в форматі чисел з рухомою точкою(fp32) до цілочисельного формату(uint8, int16). Наявні критерії оцінювання часто не приділяють достатньо уваги до динаміки змін розподілів ваг та активацій при конвертації, а також не вказують на проміжну деградацію шарів нейронної мережі.

Однією з найпоширеніших причин вказаної деградації є розбіжність діапазонів цілочисельних типів та чисел з рухомою точкою, яка зумовлена наявністю числових значень ваг чи передавальної функції які випадають за межі кінцевих інтервалів[2]. В роботі[3] вказані статистичні дані ймовірнісних розподілів ваг та активацій і наголошено на складнощах наближення первісного розподілу внутрішніх параметрів за допомогою класичних розподілів ймовірностей. Для спрощення оцінювання якості