



# LUND UNIVERSITY

## ВИБІР БОРТОВОГО ДЕТЕКТОРА ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

Voytenko, Volodymyr; Solodchuk, Maksym

*Published in:*

Створення та модернізація озброєння та військової техніки для потреб Збройних Сил України: науково-технічне забезпечення, випробування та сертифікація

2022

*Document Version:*

Manuskriptversion före sakkunniggranskning

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Voytenko, V., & Solodchuk, M. (in press). ВИБІР БОРТОВОГО ДЕТЕКТОРА ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА. In *Створення та модернізація озброєння та військової техніки для потреб Збройних Сил України: науково-технічне забезпечення, випробування та сертифікація*

*Total number of authors:*

2

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

**Солодчук М.О., аспірант**

Національний університет «Чернігівська політехніка», rocket15733@gmail.com

**Войтенко В.П., канд. техн. наук**

Національний університет «Чернігівська політехніка», volodymyr.voytenko@inel.stu.cn.ua

## **ВИБІР БОРТОВОГО ДЕТЕКТОРА ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ БЕЗПІЛІТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА**

Виконання тривалих пошуково-рятувальних операцій, моніторинг, спостереження та розвідка з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) створює проблему втомі пілота (оператора) [1]. Можливе рішення було запропоновано в [2]. Зображення, отримане з основної відео (навігаційної) камери, розбивається на правильні прямокутні області (зони), а програмна система попередньої обробки та аналізу зображень намагається знайти номер зони, в якій ймовірність присутності об'єкта інтересу найвища. Це дає можливість генерувати електричні сигнали для позиціонування додаткової (спот) камери з вузьким кутом бачення, щоб отримати збільшений фрагмент зображення для його класифікації людиною-оператором.

Для вирішення задачі автоматичного знаходження зони інтересу на зображенні з навігаційної камери необхідно застосувати детектор об'єктів. Дане дослідження стосується вибору детектора об'єктів, який може працювати офлайн на борту БПЛА.

Відомі сьогодні детектори об'єктів умовно можна розбити на дві категорії: ті, що безпосередньо спираються на алгоритми штучного інтелекту, та ті, що використовують ознаки. В свою чергу, перша група детекторів об'єктів в своїй основі використовує як традиційні нейронні мережі та алгоритми машинного навчання, так і згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Network, CNN) та алгоритми глибокого навчання.

Для початку роботи з виявлення об'єктів за допомогою глибокого навчання можна застосувати один з відомих підходів [3]:

1. Створення нового детектора об'єктів. Дозволяє в підсумку отримати дуже високі результати, проте потребує багато часу, обчислювальних ресурсів та наявності великого обсягу даних для налаштування шарів та визначення вагових коефіцієнтів конволюційної нейронної мережі, тобто, глибокого навчання.

2. Використання попередньо навченого детектора об'єктів. Це дає можливість швидко отримати результат, але постає проблема адекватності тренувального набору зображень, який було використано під час навчання конволюційної нейронної мережі, певній задачі.

Крім того, під час вибору бортового детектора об'єктів слід взяти до уваги тип застосовуваної згорткової нейронної мережі.

У двокаскадному детекторі перша ступінь на базі згорткової нейронної мережі, яка спирається на регіон (Region Based Convolutional Neural Network, R-CNN або її різновидів [4]), призначена для визначення областей зображення, які можуть містити об'єкт. Друга ступінь здійснює класифікацію об'єктів всередині області. Такий детектор дозволяє дуже точно визначити об'єкт, проте зазвичай є повільнішим за однокаскадний.

Прикладом однокаскадного детектора є YOLO [4]. Тут єдина згорткова нейронна мережа аналізує все зображення та проорокує ймовірності об'єктів заданих класів всередині стандартних обмежувальних рамок. Такий детектор працює швидше, ніж двокаскадний, але кількість помилок вища, особливо, на сценах, де є невеликі об'єкти.

Група алгоритмів штучного інтелекту, в яких не застосовуються згорткові нейронні мережі, за традицією називається машинним навчанням. Деякі з методів машинного навчання також використовуються для винайдення об'єктів на зображеннях. Це, зокрема:

– властивості агрегатного каналу (Aggregate channel features, ACF [3]). Метод ACF виділяє властивості безпосередньо у вигляді значень пікселів у розширених каналах

зображень без обчислення прямокутних сум у різних місцях і масштабах;

– класифікація за методом опорних векторів з використанням гістограм ознак орієнтованого градієнта (Histograms of Oriented Gradient) [3].

– алгоритм Віюлі-Джонса [3] для виявлення людського обличчя та частини тіла.

Наявність такого різноманіття зазначених вище та багатьох інших методів детектування об'єктів є наочним свідченням їхньої неуніверсальності. Тобто, кожен розробник, виходячи з власного досвіду, намагається використати той метод, що дасть найкращий результат в умовах конкретних обмежень. І тут можна виділити деякі узагальнюючі міркування, які дозволяють розпочати роботу з певної відправної точки.

Методи, які використовують згорткові нейронні мережі та глибоке навчання, дозволяють досить швидко побудувати якісний детектор об'єктів, коли під час навчання використовується потужний графічний процесор та величезна кількість помічених тренувальних зображень. В цьому випадку тривалість навчання не перевищуватиме декількох діб. Інакше краще спиратися на алгоритми машинного навчання.

У деяких конкретних випадках, коли заздалегідь відомі та якісно відображуються певні об'єкти, може бути достатнім взагалі відмовитися від застосування ресурсомістких алгоритмів штучного інтелекту, тобто використати [3]: сегментацію зображення та аналіз великих бінарних фрагментів (blob analysis), які спираються на такі властивості об'єктів, як розмір, форма або колір; виявлення об'єктів на основі ознак, коли для оцінки місця об'єкта використовується виділення ознак, зіставлення зі зразком та метод RANSAC.

Досліджуючи область застосування детектора об'єктів, можна зазначити наступне.

1. БПЛА має суттєві обмеження щодо маси, габаритів та споживаної потужності будь-яких електронних пристроїв, що розміщуються на його борту.

2. Більшість безпекових місій не дозволяє інтенсивний радіообмін з комплексом керування, що зумовлено обмеженістю полоси каналу зв'язку, скритністю, перешкодо-захищеністю й енергозаощадженням. Це унеможливує хмарні обчислення.

Протиріччя між наявними обмеженнями та необхідністю виконання більшості операцій обробки відеосигналу на борту БПЛА (що є трендом розвитку цих апаратів) може вирішуватися за рахунок відповідної елементної бази (багатофункціональних вбудованих продуктивних процесорів) та швидких алгоритмів детектування об'єктів.

З цієї точки зору перспективним можна вважати використання комбінованих методів, наприклад, що описаний в [5], і використовує як властивості можливих об'єктів, які визначаються текстурними характеристиками всередині зображення, так і класифікатор, налаштований за допомогою алгоритму машинного навчання.

### Перелік посилань

1. Bashynskiy, V.G., Ragulin, V.V., Solodchuk, M.O., Fomin, A.V., Isachenko, O.O. Justification of the need to process video information on board the reconnaissance UAV. Scientific works of the State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, (11), 105-115, <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.11.2022.12>, last accessed 2022/08/21 (2022).

2. Voytenko, V., Solodchuk, M. Increasing the speed of analysis of images obtained from unmanned aerial v University. – Chernihiv: Chernihiv Polytechnic National University, 2022. – № 2(28). – Pp. 127-137. DOI: 10.25140/2411-5363-2022-2(28)-127-137.

3. What Is Object Detection? 3 things you need to know. URL:

<https://www.mathworks.com/discovery/object-detection.html>

4. Gandhi, R. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms. URL:

<https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e>

5. Avola, D., Cinque L., Di Mambro A., Diko A., Fagioli A., Foresti G. L., Marini M. R., Mecca A., Pannone D. Low-Altitude Aerial Video Surveillance via One-Class SVM Anomaly Detection from Textural Features in UAV Images. Information 2022, 13(1), 2;

<https://doi.org/10.3390/info13010002>