

ТРЕКІНГ ОБ'ЄКТІВ У МЕТОДАХ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ АВТОНОМНИХ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Трекінг об'єктів є важливим компонентом комп'ютерного зору в автономних безпілотних системах (БПС), таких як дрони, роботизовані платформи та автономні транспортні засоби. Сучасні алгоритми комп'ютерного зору на основі штучного інтелекту дозволяють ефективно виявляти, ідентифікувати та відстежувати об'єкти в реальному часі, що забезпечує безпеку, точність навігації та виконання цільових задач. У цій роботі розглядаються основні методи трекінгу об'єктів, їх інтеграція в системи БПС, а також перспективи розвитку в контексті автономних технологій.

Ключові слова: комп'ютерний зір, трекінг об'єктів, автономні безпілотні системи, штучний інтелект, глибоке навчання, нейронні мережі, реальний час, навігація.

Abstract

Object tracking is an essential component of computer vision in autonomous unmanned systems (AUS), such as drones, robotic platforms, and autonomous vehicles. Modern computer vision algorithms based on artificial intelligence enable effective real-time object detection, identification, and tracking, ensuring safety, navigation accuracy, and task execution. This paper examines the main object tracking methods, their integration into AUS systems, and development prospects in the context of autonomous technologies.

Keywords: computer vision, object tracking, autonomous unmanned systems, artificial intelligence, deep learning, neural networks, real-time, navigation.

Задача трекінгу об'єктів у комп'ютерному зорі автономних безпілотних систем залишається однією з базових для забезпечення їхньої функціональності. БПС повинні здатність виявляти та відстежувати статичні та динамічні об'єкти в складних і змінних умовах, таких як мінлива освітленість, погодні умови чи перешкоди. Штучний інтелект, зокрема методи глибокого навчання, відіграє вирішальну роль у вирішенні цих завдань, забезпечуючи високу точність і адаптивність.

Одним із основних напрямів у трекінгу об'єктів є використання згорткових нейронних мереж для виявлення та класифікації об'єктів у відеопотоці. Наприклад, архітектури YOLO (You Only Look Once) та SSD (Single Shot MultiBox Detector) дозволяють обробляти зображення в реальному часі, ідентифікуючи об'єкти з високою швидкістю та точністю [1, 2]. Після початкового виявлення об'єкта застосовуються алгоритми трекінгу, такі як SORT (Simple Online and Realtime Tracking) або DeepSORT, які використовують комбінацію геометричних і візуальних характеристик для відстежування об'єктів у послідовних кадрах [3].

Перспективним підходом є застосування рекурентних нейронних мереж та моделей із механізмом уваги для прогнозування траєкторії руху об'єктів. Такі системи здатні передбачати наступні позиції об'єкта, що особливо важливо для навігації БПС у динамічних середовищах, наприклад, при уникненні зіткнень або переслідуванні цілі. Моделі з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM) ефективно обробляють послідовності даних, підвищуючи стабільність трекінгу в умовах часткових перекриттів чи тимчасової втрати об'єкта з поля зору [4].

Важливою складовою автономних безпілотних систем є інтеграція трекінгу об'єктів із системами сенсорного злиття. У БПС комп'ютерний зір часто комбінується з даними від лідарів, радарів та інерційних вимірювальних пристроїв. Класичні алгоритми (наприклад, фільтр Калмана), а також алгоритми на основі застосування штучного інтелекту (наприклад, YOLO, LSTM) для обробки мультимодальних даних, дозволяють створювати надійні моделі навколишнього середовища, що підвищує точність трекінгу в складних умовах [5].

Трекінг об'єктів також відіграє важливу роль у симуляційних середовищах, де моделюються сценарії для тестування БПС. Використання платформ, таких як Gazebo або AirSim, у поєднанні з алгоритмами комп'ютерного зору дозволяє створювати віртуальні сцени, які імітують реальні умови [6, 7]. Це дає змогу оптимізувати алгоритми трекінгу без необхідності фізичних випробувань, економлячи час і ресурси.

Попри значний прогрес, трекінг об'єктів у БПС стикається з низкою проблем. Серед них — обмежена обчислювальна потужність бортових систем, що вимагає розробки легких, але ефективних алгоритмів. Додаткові ускладнення виникають через недостаток ресурсів для обробки даних у реальному часі в умовах динамічного середовища, недостатнього освітлення, несприятливих погодних умов чи перекриттів об'єктів.

Подальший розвиток методів глибокого навчання, зокрема оптимізація роботи нейронних мереж для роботи з обмеженою кількістю ресурсів та підвищення надійності систем комп'ютерного зору шляхом сенсорного злиття є перспективними напрямками у цій сфері. Інтеграція алгоритмів трекінгу з хмарними обчисленнями та використання симуляційних платформ сприятиме підвищенню якості тестування й оптимізації моделей. Майбутні вдосконалення апаратного забезпечення та розробка адаптивних алгоритмів на основі штучного інтелекту сприятимуть підвищенню автономності та ефективності БПС при роботі в складних, динамічних середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wong Kin Yiu. YOLOv9: Learning What You Want to Learn Using Programmable Gradient Information [Електронний ресурс] / Wong Kin Yiu // GitHub. – Режим доступу: <https://github.com/WongKinYiu/yolov9>.
2. Accurate and Fast Single Shot Multibox Detector [Електронний ресурс] / Lie Guo, Wei Liu, Xiaodong Wang, Xiaojun Zhang // IET Computer Vision. – 2020. – Vol. 14, № 6. – С. 391–398. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1049/iet-cvi.2019.0711>.
3. DeepSORT: Deep Learning for Multi-Object Tracking [Електронний ресурс] / Wojke N., Bewley A., Paulus D. // arXiv. – 2017. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1703.07402>.
4. Long Short-Term Memory (LSTM) [Електронний ресурс] // ITWIKI. – Режим доступу: <https://itwiki.dev/data-science/ml-reference/ml-glossary/long-short-term-memory-lstm>.
5. Sensor Fusion for Autonomous Systems [Електронний ресурс] // MathWorks. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/fusion/ug/sensor-fusion-for-autonomous-systems.html>.
6. Gazebo: Getting Started with Gazebo [Електронний ресурс] // Gazebo. – Режим доступу: <https://gazebo.org/docs/latest/getstarted>.
7. AirSim [Електронний ресурс] // Microsoft. – Режим доступу: <https://microsoft.github.io/AirSim/>.

Щербатюк Мирослав Вікторович – аспірант, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації; Вінницький національний університет, м.Вінниця, e-mail: ricklestatdt@gmail.com;

Науковий керівник: **Маслій Роман Васильович** – доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, факультет Інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця; e-mail: maslij.r.v@vntu.edu.ua;

Shcherbatiuk Myroslav V. – PhD student, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ricklestatdt@gmail.com;

Supervisor: **Maslii Roman V.** – associate professor at the Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maslij.r.v@vntu.edu.ua