

Л.В. Крупельницький

М.М. Підгорний

АВТОНОМНЕ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ ДРОНОМ ТИПУ FPV

Вінницький національний технічний університет *Анотація*

Анотація

Дослідження присвячене розробці автономного керування для FPV-дрона (дрона з видом від першої особи), яке забезпечує можливість автономного орієнтування та польоту без втручання оператора. У роботі розглядаються сучасні технології, що дозволяють FPV-дронам ефективно виконувати польотні завдання у складних умовах, таких як обхід перешкод, точне визначення позиції та адаптація до змін навколишнього середовища. Основний акцент зроблено на алгоритмах машинного зору, глибокого навчання та обробці даних з сенсорів для забезпечення повної автономності польоту. Результати дослідження показують можливість застосування FPV-дронів для широкого спектра задач, включаючи рятувальні операції, моніторинг територій та інші завдання, що вимагають автономної навігації.

Ключові слова: автономне керування, FPV-дрон, машинний зір, глибоке навчання, обхід перешкод, навігація, безпілотні системи.

Abstract

This study focuses on the development of autonomous control for FPV drones (first-person view drones), enabling autonomous orientation and flight without operator intervention. The research examines modern technologies that allow FPV drones to perform flight tasks efficiently in complex conditions, such as obstacle avoidance, precise positioning, and adaptation to environmental changes. The primary emphasis is on computer vision algorithms, deep learning, and sensor data processing to ensure complete flight autonomy. The results demonstrate the potential of FPV drones for a wide range of applications, including rescue operations, area monitoring, and other tasks requiring autonomous navigation..

Keywords: autonomous control, FPV drone, computer vision, deep learning, obstacle avoidance, navigation, unmanned systems

Вступ

Дрони сьогодні відіграють ключову роль у багатьох сферах, надаючи нові можливості для ефективної реалізації завдань у різних галузях. Їх широко використовують у рятувальних операціях, екологічному моніторингу, аграрному секторі, логістиці та багатьох інших напрямках, де потрібна оперативність та точність. Однією з найважливіших сфер застосування дронів є військова, де вони забезпечують виконання стратегічних завдань, таких як розвідка, збір інформації, точкові атаки та патрулювання територій. У сучасних умовах дрони стали незамінним інструментом для військових сил, оскільки здатні діяти швидко, мобільно та з мінімальним ризиком для людських життів. Їхня здатність виконувати завдання в умовах підвищеного ризику та в складних умовах робить дрони особливо цінними для захисту та безпеки.

Водночас широке використання дронів у різних сферах, особливо у військових операціях, створило необхідність у засобах протидії цим технологіям. Для обмеження та нейтралізації дронів застосовують радіоелектронні перешкоди (РЕБ), які можуть порушувати зв'язок, ускладнювати передачу сигналів керування та знижувати точність роботи навігаційних систем. Використання РЕБ здатне значно обмежити ефективність дрона, блокуючи або знижуючи його можливості для виконання заданих завдань, що є особливо актуальним у військовій сфері, де контроль над ситуацією може мати вирішальне значення..

Метою роботи є розробка автономного розпізнавання об'єктів FPV-дроном в умовах подавлення РЕБ.

Основна частина

Автономне керування безпілотними літальними апаратами, зокрема FPV-дронами (дронами з видом від першої особи), стає все більш важливим елементом сучасних технологій. FPV-дрони використовуються в різноманітних галузях, таких як рятувальні операції, моніторинг територій та інспекція об'єктів. Автономність дає змогу зменшити залежність від оператора і підвищити ефективність виконання завдань, особливо в складних умовах, де сигнал може бути нестабільним або навіть заблокованим. Зокрема, такі дрони набувають великої значущості для виконання завдань у зонах з високим ризиком втручання радіоелектронних перешкод (РЕБ), де будь-яке втручання може спричинити втрату контролю над апаратом і, як наслідок, провал місії.

РЕБ, або радіоелектронні перешкоди, є серйозною проблемою для всіх безпілотних систем, що працюють на основі радіосигналів. Ці перешкоди можуть бути як природними, так і навмисними і здатні значно обмежити здатність дрона до дистанційного керування та обміну інформацією. У військових та цивільних операціях РЕБ часто використовуються для запобігання збору розвідувальних даних і для нейтралізації безпілотних апаратів, що представляє серйозну загрозу для ефективності їх виконання. Втрата контролю над дроном в умовах дії РЕБ може призвести до пошкодження самого апарату, втрати цінних даних або навіть створення загрози для людського життя у випадках виконання критичних завдань[1].

У зв'язку з цим розробка автономного керування стає важливим напрямом розвитку FPV-дронів, оскільки дозволяє уникнути негативного впливу РЕБ. Одним із перспективних підходів до забезпечення автономності є використання комп'ютерного зору, який дозволяє дрону орієнтуватися в просторі за допомогою обробки візуальної інформації. Завдяки системам комп'ютерного зору дрон може розпізнавати перешкоди, визначати своє місцезнаходження, навіть якщо основний радіосигнал порушено. Комп'ютерний зір дозволяє FPV-дрону адаптуватися до умов польоту, обходити перешкоди і виконувати заданий маршрут незалежно від наявності сигналу керування. Для реалізації даного методу підійде модель YOLO.

YOLO (You Only Look Once)[2] — це модель для виявлення об'єктів, розроблена для швидкої та точної ідентифікації об'єктів на зображеннях або в відео в реальному часі. YOLO є однією з найпопулярніших архітектур для задач комп'ютерного зору, особливо в таких випадках, де важливі швидкість і точність. Основна ідея YOLO полягає в тому, що модель одночасно прогнозує рамки (bounding boxes) і клас об'єкта всередині цих рамок (рисунок 1), аналізуючи все зображення лише один раз (звідси й назва "You Only Look Once").

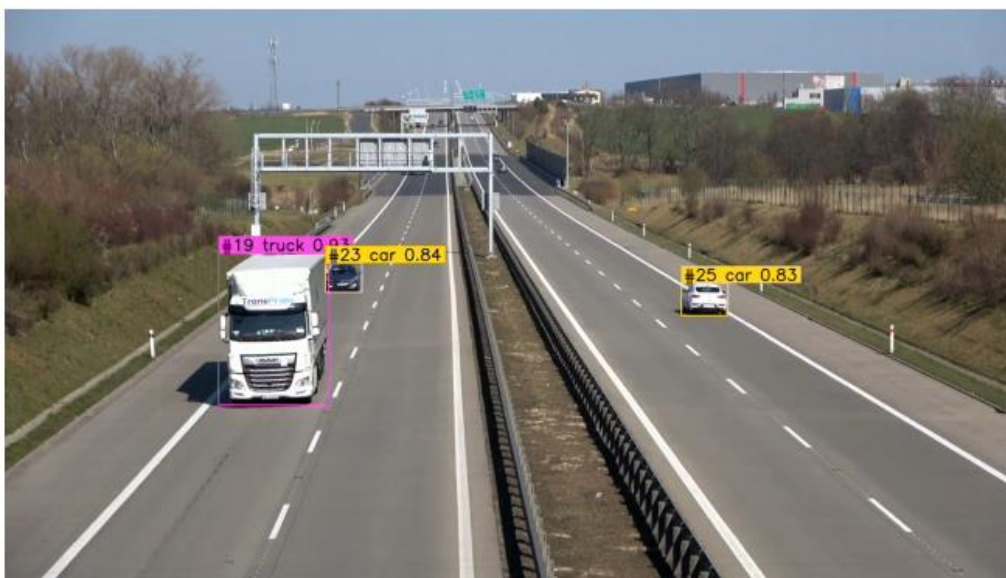


Рисунок 1 — Приклад роботи моделі YOLOv8

У YOLO зображення поділяється на сітку, і для кожної клітинки сітки модель передбачає, чи є в ній об'єкт. Якщо є, вона визначає координати рамки для цього об'єкта, ймовірність належності до певного класу та рівень впевненості. Це дозволяє обробляти зображення з високою швидкістю, роблячи її придатною для таких завдань, як виявлення об'єктів у реальному часі на відео з камер спостереження або на борту дрона.

Модель YOLO має кілька версій, які постійно удосконалюються. Кожна наступна версія зазвичай покращує точність, швидкість або баланс між ними. Наприклад, пізніші версії моделі, такі як YOLOv4 і YOLOv5, оптимізовані для вищої точності з меншою кількістю хибних спрацьовувань, тоді як

YOLOv7 та YOLOv8 можуть досягати надзвичайно високих показників обробки зображень у реальному часі[3]. Завдяки своїй ефективності, YOLO часто використовується для автономних транспортних засобів, систем відеоспостереження, а також у проєктах з FPV-дронами, де швидке виявлення об'єктів є критично важливим.

Для роботи YOLOv8 потрібні наступні мінімальні вимоги та програмні компоненти:

1. Python: Необхідна версія 3.8 або новіша, рекомендована версія 3.9 для максимальної сумісності.

2. CUDA та GPU (опціонально): Для прискорення роботи на графічному процесорі (GPU) знадобляться:

- CUDA версії 11.6 або новішої для графічних процесорів NVIDIA.
- cuDNN сумісної версії (зазвичай версії 8.x).

3. PyTorch: Сумісна версія для YOLOv8 – 1.7 або новіша (рекомендовано версію 1.12.1 чи новішу для підтримки CUDA 11.6). Пакет PyTorch можна легко встановити через офіційний менеджер пакетів.

4. Офіційний репозиторій Ultralytics YOLOv8: Розробники Ultralytics рекомендують інсталяцію через пакетний менеджер pip, що забезпечує швидке та зручне налаштування YOLOv8.

5. Додаткові бібліотеки: Деякі додаткові бібліотеки знадобляться для обробки зображень і роботи з даними, зокрема:

- OpenCV для обробки зображень і відео;
- NumPy для роботи з масивами і виконання математичних операцій.

6. Jupyter Notebook (опціонально): Для тестування моделі зручно використовувати Jupyter Notebook, який також легко встановити через пакетний менеджер.

Для ефективної роботи YOLOv8, особливо якщо плануєте обробку відео або інші завдання в реальному часі, важливо врахувати певні вимоги до апаратного забезпечення:

1. Процесор (CPU): YOLOv8 може працювати на CPU, але для цього потрібен потужний багатоядерний процесор для досягнення прийнятної швидкості обробки. Бажано використовувати процесор із тактовою частотою від 3.0 ГГц і з принаймні 4 ядрами, але оптимально – 8 ядер або більше.

2. Графічний процесор (GPU): Для обробки в реальному часі і швидкого виконання YOLOv8 рекомендується використовувати потужний GPU. NVIDIA GPU з архітектурою від Pascal і вище (наприклад, серії GTX 10, RTX 20, RTX 30) є оптимальними для роботи з YOLOv8. Важливо, щоб GPU мав:

- Мінімум 6 ГБ відеопам'яті (VRAM), але бажано 8 ГБ або більше для комфортної роботи з великими зображеннями чи відеопотоком.

- Підтримку CUDA та cuDNN (версія CUDA 11.6 або новіша рекомендується).

3. Оперативна пам'ять (RAM): Мінімумально потрібно 8 ГБ оперативної пам'яті, але 16 ГБ або більше забезпечать стабільнішу роботу та дозволять виконувати паралельні завдання без затримок.

4. Сховище (SSD): Використання SSD є рекомендованим для швидкого зчитування та запису даних, особливо при роботі з великими датасетами або при обробці відео. Наявність вільного місця обсягом близько 10–20 ГБ допоможе уникнути нестачі місця для зберігання тимчасових файлів та вивідних результатів.

5. Операційна система: YOLOv8 сумісний із Windows, Linux, та macOS, проте для оптимальної продуктивності з GPU зазвичай рекомендована система на базі Linux (особливо для роботи з CUDA).

При використанні GPU YOLOv8 може працювати значно швидше, забезпечуючи реальний час на кадр (FPS) навіть при обробці відеопотоку або великих обсягів зображень.

Висновки

У статті було розглянуто сучасне застосування дронів, зокрема FPV-дронів, які стають незамінними в різних галузях, включаючи військову, рятувальну та інспекційну. У контексті широкого застосування дронів розглянуто також загрозу від радіоелектронних перешкод (РЕБ), які використовуються для нейтралізації апаратів через блокування або порушення сигналу. Щоб забезпечити стабільну роботу дронів у цих умовах, застосовуються новітні технології, серед яких комп'ютерний зір, що дозволяє дронам орієнтуватися в просторі навіть за умов блокування сигналу керування.

Також у статті було розглянуто модель YOLO, яка є провідною архітектурою для обробки зображень у реальному часі та дозволяє дронам з високою точністю розпізнавати об'єкти під час польоту. Описано вимоги для роботи YOLO, зокрема необхідність у певних версіях програмного забезпечення (Python, CUDA, PyTorch) та високопродуктивне апаратне забезпечення, як-от потужні CPU, GPU, достатня кількість оперативної пам'яті та SSD. Таким чином, представлений огляд

допомагає краще зрозуміти, як технології автономного керування, комп'ютерного зору та обробки зображень забезпечують надійність роботи дронів у складних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Austin, R. (2010). "Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development and Deployment", pp 14
2. Szeliski, R. (2011). "Computer Vision: Algorithms and Applications", pp 27
3. Floreano, D., & Wood, R.J. (2015). "Science, Technology and the Future of Small Autonomous Drones", pp 18-23

Максим Максимович Підгорний – студент групи ІКІ-23м, факультет інформаційних технологій і комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, maskonpatiphone@gmail.com.

Крупельницький Леонід Віталійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, krupost@gmail.com.

Maksym Maksymovich Pidgorny - student of group ІКІ-23м, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, maskonpatiphone@gmail.com

Krupelnitskyi, Leonid V. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, krupost@gmail.com.