

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2026.01.099

## МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БПЛА З РОЗПОДІЛЕНИМ ВІЗУАЛЬНИМ РОЗПІЗНАВАННЯМ ОБ'ЄКТІВ

Шевчук В. С.<sup>1</sup> [ORCID], Клименко С.В.<sup>2</sup> [ORCID], Петренко О.М.<sup>3</sup> [ORCID]

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, аспірант, Україна

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
к.т.н., доцент, Україна

<sup>3</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
д.т.н., професор, Україна

**Анотація.** У роботі проведено дослідження мультиагентної системи керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) з використанням розподіленого візуального розпізнавання об'єктів на основі сучасних моделей глибинного навчання. Як базову модель використано YOLOv8, адаптовану для роботи на вбудованих обчислювальних платформах FPV-дронів. Основна увага приділяється забезпеченню автономності функціонування системи в умовах втрати, навмисного блокування (радіоелектронного придушення) або спуфінгу сигналів керування та навігації. Запропоновано підхід із використанням попередньо завантажених моделей, сценаріїв та еталонних даних, що дозволяє реалізувати повністю автономний режим роботи БПЛА. Отримані результати підтверджують перспективність застосування мультиагентних підходів для підвищення ефективності та безпеки систем.

**Ключові слова.** системи керування, БПЛА, YOLOv8, сигнал, обробка даних, зв'язок, інформаційна безпека, GPS-спуфінг, розпізнавання об'єктів, глибинне навчання.

### Вступ

Розвиток безпілотних літальних апаратів є одним із ключових напрямів сучасної робототехніки. БПЛА активно використовуються у промисловості, військовій сфері, моніторингу інфраструктури та інших галузях. Водночас виникають суттєві проблеми, пов'язані із забезпеченням надійного управління та інформаційної безпеки. Особливу загрозу становлять атаки на канали управління та навігації, зокрема блокування сигналів або їх підміна [1-6]. Одним із найнебезпечніших сценаріїв є GPS-спуфінг, при якому апарат отримує хибні координати. Це може призвести до втрати керування або

виконання некоректних дій. У зв'язку з цим актуальним є створення систем, здатних функціонувати автономно та приймати рішення без зовнішнього управління.

### **Основний матеріал**

Запропоновано систему керування безпілотними літальними апаратами, реалізовану на основі мультиагентної системи керування, відповідно до якої кожен БПЛА функціонує як автономний інтелектуальний агент і може децентралізовано приймати рішення. Кожен автономний інтелектуальний агент інтегрує сенсорні підсистеми, бортові обчислювальні модулі та засоби міжагентної комунікації, що забезпечують узгоджену поведінку в межах розподіленого середовища.

Для задач візуального розпізнавання об'єктів використано модель глибинного навчання YOLOv8, яка характеризується високою швидкістю та придатністю до обробки даних у реальному часі. Архітектуру моделі модифіковано та оптимізовано з урахуванням обмежень обчислювальних ресурсів вбудованих платформ FPV-дронів, що дозволяє досягти прийняттого балансу між точністю детекції та обчислювальною складністю [1-4].

Архітектура системи є ієрархічно організованою та включає такі функціональні рівні: рівень збору первинних даних, рівень обробки та інтерпретації інформації, рівень прийняття керуючих рішень, а також рівень забезпечення кібер- та функціональної безпеки. Така декомпозиція сприяє підвищенню масштабованості, відмовостійкості та адаптивності системи. Ключовою особливістю запропонованого підходу є використання попередньо завантажених алгоритмів керування та апріорної інформації, що зберігається у бортовій пам'яті БПЛА. Зокрема, до складу таких даних належать цифрові карти місцевості, параметризовані маршрути руху, еталонні образи об'єктів та сценарії поведінки в типових ситуаціях. Це забезпечує можливість повністю автономного функціонування інтелектуальних агентів навіть в умовах втрати або деградації каналів зв'язку з оператором.

У разі виявлення аномалій у навігаційних даних, зокрема ознак спуфінгу супутникових сигналів позиціонування, система ініціює перехід до

альтернативних режимів навігації. Результати експериментального дослідження, проведеного на основі відеоданих, отриманих із реальних бортових систем БПЛА, підтверджують ефективність запропонованих алгоритмічних і архітектурних рішень щодо забезпечення надійного, автономного та безпечного функціонування мультиагентної системи.

Мультиагентна системи забезпечує високий рівень стійкості за рахунок розподілу функцій між автономними агентами. У разі відмови окремого БПЛА інші агенти зберігають працездатність і продовжують виконання поставлених завдань, що свідчить про підвищення надійності системи в цілому. Застосування розподіленої обробки даних дозволяє зменшити час обробки інформації за рахунок локального прийняття рішень. Автономність інтелектуальних агентів істотно знижує залежність від зовнішніх каналів зв'язку, що є критично важливим в умовах їх нестабільності або навмисного впливу.

Порівняльний аналіз із існуючими архітектурами керування демонструє, що запропонований мультиагентний підхід характеризується вищим рівнем стійкості до кіберфізичних атак, відмов окремих компонентів та порушень інформаційної взаємодії, забезпечуючи більш надійне функціонування системи в динамічних і невизначених середовищах.

### **Висновки**

Проведене дослідження підтвердило доцільність застосування мультиагентного підходу для побудови систем керування БПЛА з використанням методів глибинного навчання, зокрема моделі YOLOv8, у задачах розподіленого візуального розпізнавання об'єктів. Реалізація запропонованої архітектури та автономного режиму функціонування забезпечує підвищену стійкість системи до втрати, блокування або спуфінгу сигналів керування і навігації. Встановлено, що використання попередньо завантажених моделей, сценаріїв та еталонних даних сприяє суттєвому підвищенню рівня інформаційної безпеки, а також забезпечує здатність системи до адаптивного функціонування в умовах обмеженої або відсутньої зовнішньої комунікації. Отримані експериментальні результати підтверджують ефективність запропонованих підходів за критеріями надійності, відмовостійкості та оперативності обробки даних та може бути

використана для створення інтелектуальних автономних комплексів БПЛА, орієнтованих на функціонування в складних і динамічних середовищах.

### **ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE**

1. WANG, Yongzhen; HE, Jiacong. A rapid concrete crack detection method based on improved YOLOv8. IEEE Access, 2025.
2. Lou H. et al. DC-YOLOv8: Small-size object detection algorithm based on camera sensor //Electronics. – 2023. – Т. 12. – №. 10. – С. 2323. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/10/2323>
3. Syzonenko R., Klymenko S., Hnatushenko V. Utilization of cloud infrastructure for dataset markup. – 2025. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4146/paper25.pdf>
- 4.V. Hnatushenko, V. Kashtan, O. Kazymyrenko. Information technology for detecting cars on aerial imaging using a modified YOLO-OBB architecture. MoDaST 2025: Modern Data Science Technologies Doctoral Consortium, June, 15, 2025, Lviv, Ukraine, Pp. 293-304. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4005/paper20.pdf>.
5. GOODFELLOW, Ian, et al. Deep learning. Cambridge: MIT press, 2016. URL: <https://synapse.koreamed.org/pdf/10.4258/hir.2016.22.4.351>.
6. DAIMI, Kevin, et al. (ed.). Computer and network security essentials. Springer, 2018.

### **MULTI-AGENT UAV CONTROL SYSTEM WITH DISTRIBUTED VISUAL OBJECT RECOGNITION**

V. S. Shevchuk, S. V. Klymenko, O. M. Petrenko

**Abstract.** *This paper presents a study of a multi-agent control system for unmanned aerial vehicles (UAVs) based on distributed visual object recognition using modern deep learning models. YOLOv8 is employed as the baseline model, adapted for deployment on embedded computing platforms of FPV drones. The primary focus is on ensuring system autonomy under conditions of signal loss, intentional jamming (electronic warfare), or spoofing of control and navigation signals. An approach based on the use of preloaded models, behavioral scenarios, and reference data is proposed, enabling a fully autonomous operational mode of UAVs. The obtained results confirm the effectiveness and promise of applying multi-agent approaches to enhance system efficiency and security.*

**Keywords:** *control systems, UAV, YOLOv8, signal, data processing, communication, information security, GPS spoofing, object recognition, deep learning.*