

*Олексієнко Є. О., здобувачка вищої освіти,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій,
Донецький національний університет імені Василя Стуса*

РОЛЬ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В КЕРУВАННІ ДРОНАМИ

Анотація. Розглянуто інтеграцію машинного навчання (МН) та комп'ютерного зору (КЗ) для автономного керування дронами. Проаналізовано ключові технології: згорткові нейронні мережі (CNN) для детекції об'єктів та методи SLAM для навігації. Ці алгоритми дають змогу БПЛА сприймати середовище та приймати самостійні рішення.

Ключові слова: дрони, безпілотні літальні апарати (БПЛА), машинне навчання, комп'ютерний зір, автономна навігація, розпізнавання об'єктів, SLAM.

Вступ. Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) перетворилися з дистанційно керованих пристроїв на високоінтелектуальні автономні системи. Їх застосування охоплює логістику, сільське господарство, моніторинг інфраструктури та оборонні задачі. Ключовою вимогою для ефективного функціонування в динамічних та неструктурованих середовищах є здатність до автономної роботи. Ця здатність забезпечується об'єднанням машинного навчання (МН) та комп'ютерного зору (КЗ). Метою роботи є аналіз основних алгоритмів МН та КЗ, що є фундаментом для автономного керування дронами.

Основний текст. Комп'ютерний зір виконує функцію «очей» БПЛА, даючи йому змогу інтерпретувати візуальну інформацію. Центральну роль тут відіграють згорткові нейронні мережі (CNN). Архітектури, як-от YOLO (You Only Look Once) та SSD (Single Shot MultiBox Detector), забезпечують детекцію та розпізнавання об'єктів у реальному часі. Це критично важливо для ідентифікації цілей, уникнення перешкод (людей, будівель, інших БПЛА) та точної посадки [1; 2]. Окрім детекції, методи семантичної сегментації дають змогу дрону класифікувати кожен піксель зображення (наприклад, «дорога», «земля», «небо»), що створює детальну карту оточення.

Для навігації, особливо в умовах відсутності сигналу GPS (наприклад, у приміщеннях або щільній міській забудові), застосовуються алгоритми SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Візуальний SLAM використовує дані з камер для одночасного створення тривимірної карти невідомого простору та визначення власного положення у цій карті [3]. Алгоритми МН допомагають покращити точність і надійність SLAM, фільтруючи шуми та ідентифікуючи стабільні орієнтири.

«Мозком» дрона, що приймає рішення, все частіше стає навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL). Замість жорсткого програмування траєкторій RL-агенти навчаються оптимальній політиці керування шляхом взаємодії з середовищем (часто у симуляторі) та отримання «винагород» за правильні дії (наприклад, успішне уникнення перешкоди). Це дає змогу дронам адаптуватися до непередбачуваних ситуацій та виконувати складні маневри [4; 5].

Попри значний прогрес, залишаються виклики. Виконання складних моделей МН вимагає значних обчислювальних ресурсів, що є проблемою для компактних БПЛА з обмеженою ємністю батареї. Це стимулює розвиток полегшених нейромережових архітектур та технологій «edge computing». Іншою проблемою є потреба у великих та різноманітних наборах даних для навчання, а також забезпечення надійної роботи систем КЗ в поганих погодних умовах (дощ, туман) або за низького освітлення.

Висновки. Машинне навчання та комп'ютерний зір є невід'ємними компонентами сучасних автономних дронів. Вони забезпечують перехід від простого дистанційного керування до повноцінних інтелектуальних систем, здатних аналізувати середовище, локалізувати себе та приймати самостійні рішення. Подальші дослідження спрямовані на підвищення енергоефективності обчислень на борту та покращення надійності алгоритмів у складних умовах експлуатації.

Список використаних джерел

1. Xiao J., Zhang R., Zhang Y. Vision-Based Learning for Drones: Survey. 02.01.2024. URL: <https://arxiv.org/html/2312.05019v2> (дата звернення: 24.10.2025).
2. LRDS-YOLO Enhances Small Object Detection in UAV Aerial Images with a lightweight and efficient design / Y. Han, Ch. Wang, H. Luo, H. Wang, Z. Chen, Y. Xia, L. Yun. *Scientific Reports*. 02.07.2025. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12215997> (дата звернення: 24.10.2025).
3. A Survey of State-of-the-Art on Visual SLAM (V-SLAM) / I. A. Kazerouni, L. Fitzgerald, G. Dooly, D. Toal. *Expert Systems with Applications*. Vol. 205. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422010156> (дата звернення: 24.10.2025).
4. A Review of Visual SLAM for Robotics: Evolution, Properties, and Future Applications / B. Al-Tawil, Th. Hempel, A. Abdelrahman, A. Al-Hamadi. *Frontiers Media SA*. 2024. Vol. 11. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2024.1347985/full> (дата звернення: 24.10.2025).
5. Drone Deep Reinforcement Learning: A Review / A. T. Azar, A. Koubaa, N. A. Mohamed, H. A. Ibrahim, Z. F. Ibrahim, M. Kazim, A. Ammar, B. Benjdira, A. M. Khamis, I. A. Hameed, G. Casalino. *Electronics*. 2021. Vol. 10, iss. 9. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/9/999> (дата звернення: 24.10.2025).