

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ АВТОНОМНИХ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі розглядається структура автономної безпілотної системи, що функціонує за участі використання алгоритмів штучного інтелекту та комп'ютерного зору. Запропоновано багаторівневу архітектуру системи управління із розподіленими підсистемами для виконання задач аналізу навколишнього середовища, побудови маршрутів, навігації та задач пов'язаних з обміном даними в реальному часі.

Ключові слова: комп'ютерний зір, безпілотної система; автономність; JETSON; YOLO; SLAM; машинне навчання.

Abstract

This paper examines the structure of an autonomous unmanned system that operates with the use of artificial intelligence and computer vision algorithms. A multi-level control system architecture with distributed subsystems is proposed to perform tasks related to environmental analysis, route planning, navigation, and real-time data exchange.

Keywords: computer vision; unmanned system; autonomy; JETSON; YOLO; SLAM; machine learning.

Вступ

Автономні безпілотні системи наразі стали важливим елементом сучасних технологічних рішень у таких сферах як сільське господарство, транспортна, безпекова галузі та моніторинг. Ефективність функціонування таких систем значною мірою залежить від можливостей оброблення даних, адаптації до змін середовища та прийняття рішень в режимі реального часу.

Комп'ютерний зір відіграє ключову роль у забезпеченні автономності таких систем, оскільки дозволяє здійснювати розпізнавання об'єктів, побудову карти навколишнього середовища та планування маршруту. Розробка ефективних методів та засобів реалізації комп'ютерного зору набуває все більшої актуальності в умовах стрімкого розвитку сучасної науки і техніки.

Результати дослідження

У даному дослідженні розроблено концепцію автономної безпілотної системи, яка включає різного роду модулі-підсистеми, серед них підсистеми комп'ютерного зору, навігації, управління та комунікації. Система реалізується на базі вбудованого графічного обчислювального модуля Jetson (TX2/Nano) за використання моделей штучного інтелекту YOLOv8 та YOLOv9 для виявлення та класифікації об'єктів оточення в реальному часі.

Архітектура управління побудована за принципом сукупності певних виконавчих підсистем, які діють незалежно, здійснюють асинхронний обмін інформацією на різних рівнях:

1. Field Level – забезпечує збір інформації з сенсорів системи (камера, лідар, GPS, гіроскоп) та виконання команд через серво-приводи або інші виконавчі механізми.
2. Control Level – локальний обчислювальний модуль, що виконує задачу комп'ютерного зору, SLAM-навігацію та маршрутизацію (A*, Dijkstra).
3. Supervisory Level – сервер здійснює моніторинг, планування, збір телеметрії, моніторинг та прийом нових завдань;
4. Management Level – можливість координації декількох систем на вищому рівні.

Під час розробки системи, основною ціллю є забезпечення виконання поставленої мети за умови непередбачуваності зовнішніх чинників, як от погода, діяльність людини, різного роду непередбачувані події. Тобто, система покликана виконувати задачу прийняття рішень, що найкращим чином посприяють вірогідності успішного виконання задачі.

Розглянемо основні алгоритми прийняття рішень, що базуються на застосуванні алгоритмів машинного навчання:

1. Q-learning – алгоритм підкріплюваного навчання, за використання якого модель навчається безпосередньо під час взаємодії з середовищем;
2. Deep Q-learning – покращена версія алгоритму підкріплюваного навчання, що дозволяє працювати зі складнішими середовищами і більшою кількістю значень станів;
3. Policy Gradient – група алгоритмів, які безпосередньо навчають політиці дій, а не лише оцінці значень станів;
4. Imitation Learning – алгоритм, що дозволяє вивчати поведінку зразка (живої істоти або іншої системи) на основі телеметричних даних;
5. Neural Networks – застосування безпосередньо нейронних мереж для пошуку прихованих залежностей в наборі вхідних даних.

Під час виконання тої чи іншої задачі система, в режимі реального часу, відслідковує та аналізує гігантську кількість параметрів, що потребує достатнього рівня швидкодії для прийняття рішень. Наразі існує велика кількість моделей, що здатні виконати задачу розпізнавання об'єктів. А отже, в умовах обмеженої кількості ресурсів і, що не менш важливо, запиту на достатній рівень швидкодії, необхідно знайти компроміс.

У табл. 1 подано огляд популярних на сьогодні моделей розпізнавання об'єктів з їх параметрами, перевагами та недоліками. (COCO)

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика популярних моделей розпізнавання об'єктів

Модель	Швидкість (FPS)	Точність (mAP)	Переваги	Недоліки
YOLOv9 [1,2]	45	55%	Поліпшено точність, краща генералізація	Вища потреба в обчислювальних ресурсах.
YOLOv8 [3,4]	70	50-55%	Висока швидкість	Недостатня точність на дрібних об'єктах
SSD [5]	30	25-30%	Все ще достатня швидкість, простота застосування	Нижче точність

Висновки

У наш час, час швидкого розвитку і повсякденного застосування комп'ютерного зору на різних напрямках та у різних галузях, існує велика кількість моделей та алгоритмів. За правильного вибору моделей штучного інтелекту та алгоритмів їх навчання, стає можливим досягти високої швидкості та необхідної точності виконання складних задач.

Системи, що працюють в реальному часі потребують пошуку компромісу між швидкістю та точністю, при розробці їх архітектури. Також необхідно врахувати енергоефективність тих чи інших рішень, якщо маємо справу із обмеженими ресурсами.

Запропонована багаторівнева архітектура системи управління дозволяє підвищити адаптивність при виборі складових того чи іншого модулів системи, що в свою чергу забезпечить можливість адаптації до виконання широкого спектру задач та надійність системи у реальних умовах роботи. Використання комп'ютерного зору в поєднанні з сучасними алгоритмами навігації забезпечить ефективну взаємодію з оточенням, що є обов'язковою умовою для забезпечення роботи системи в непередбачуваних зовнішніх умовах. Отримана в результаті архітектура системи може бути використана у практичних рішеннях задач сьогодення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bozhukha L. M. About improving the performance of the YOLOv9 object detection model [Electronic resource] / L. M. Bozhukha, O. D. Syzonenko // Problems of applied mathematics and mathematic modeling. – 2024. – P. 3–8. – Mode of access: <https://doi.org/10.15421/322401> (date of access: 23.03.2025).
2. GitHub - wongkinyiu/yolov9: implementation of paper - yolov9: learning what you want to learn using programmable gradient information [Electronic resource] // GitHub. – Mode of access: <https://github.com/WongKinYiu/yolov9> (date of access: 23.03.2025).
3. Talib M. YOLOv8-CAB: Improved YOLOv8 for Real-time object detection [Electronic resource] / Moahaimen Talib, Ahmed H. Y. Al-Noori, Jameelah Suad // Karbala international journal of modern science. – 2024. – Vol. 10, no. 1. – Mode of access: <https://doi.org/10.33640/2405-609x.3339> (date of access: 23.03.2025).
4. GitHub - ultralytics/ultralytics: Ultralytics YOLO [Electronic resource] // GitHub. – Mode of access: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (date of access: 23.03.2025).
5. Accurate and fast single shot multibox detector [Electronic resource] / Lie Guo [et al.] // IET Computer Vision. – 2020. – Vol. 14, no. 6. – P. 391–398. – Mode of access: <https://doi.org/10.1049/iet-cvi.2019.0711> (date of access: 23.03.2025).

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