

УДК 623.48:004.896

СИНТЕЗ ВИСОКОНАДІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ РОБОТОТЕХНІЧНОЮ ПЛАТФОРМОЮ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Янко А.С., кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»*

Ключові слова: робототехнічна платформа, система керування, штучний інтелект, завадостійкість, система залишкових класів, наземний роботизований комплекс.

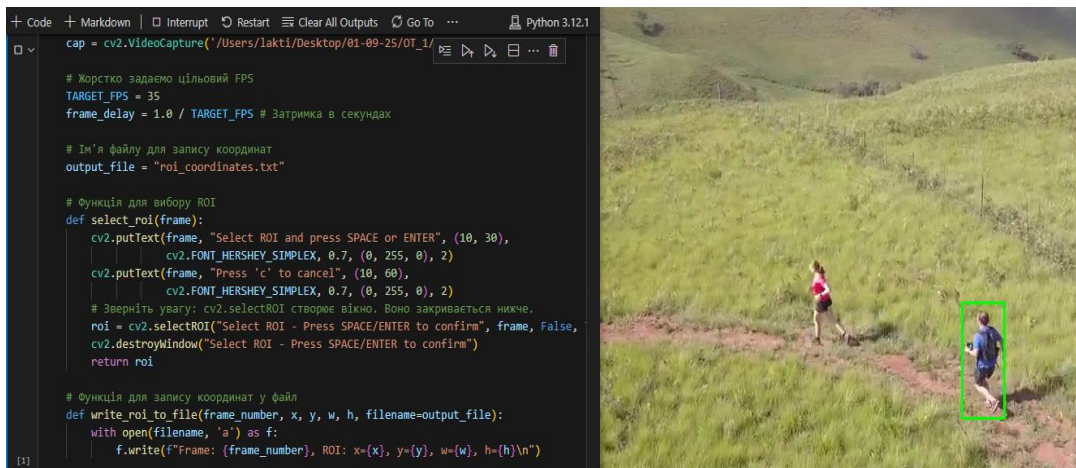
Розроблення наземних автоматизованих робототехнічних платформ (РП) для розмінування та розвідки є критично важливим завданням для посилення обороноздатності та збереження життя особового складу. Сучасні умови ведення бойових дій вимагають удосконалення базових конструкцій безпілотних систем для підвищення ефективності їх бойового застосування [1]. Такі системи мають бути стійкими до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та мати високий ступінь автономності.

У межах дослідження розроблено систему керування РП, що базується на інтегрованому підході до апаратного та програмного забезпечення. Основу обчислювальної потужності становить платформа MatekH743, яка дозволила подолати обмеження продуктивності попередніх версій на базі ESP32 та забезпечити обробку даних у реальному часі[2].

Для забезпечення високої надійності передачі даних в умовах завад використано методи контролю та коригування помилок у системі залишкових класів (СЗК), що базуються на застосуванні корекційних властивостей L-кодів. Це дозволяє здійснювати діагностику та виправлення помилок безпосередньо в динаміці керування.

Інтелектуальна компонента системи реалізована через алгоритми обробки відеопотоку на базі нейронних мереж, що забезпечують автоматичне розпізнавання та супроводження цілей (рис. 1).

Особливу увагу приділено еволюції ходової частини. Вдосконалена конструкція наземного роботизованого комплексу (НРК) використовує триколісну схему з повним приводом та активним кермовим механізмом за геометрією Аккермана (рис. 2). Важливим аспектом проектування став аналіз енергоефективності платформи, що дозволило оптимізувати режими споживання енергії в гібридних мережах зв'язку для тривалих місій [3]. Це забезпечило стабільну роботу силової частини, та дозволило вирішити проблему надмірного нагрівання двигунів, характерну для двопривідних схем з опорним колесом.



```
+ Code + Markdown + Interrupt + Restart + Clear All Outputs + Go To ... Python 3.12.1
cap = cv2.VideoCapture('/Users/lakti/Desktop/01-09-25/OT_1/...')

# Жорстко задаємо цільовий FPS
TARGET_FPS = 35
frame_delay = 1.0 / TARGET_FPS # Затримка в секундах

# Ім'я файлу для запису координат
output_file = "roi_coordinates.txt"

# Функція для вибору ROI
def select_roi(frame):
    cv2.putText(frame, "Select ROI and press SPACE or ENTER", (10, 30),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)
    cv2.putText(frame, "Press 'c' to cancel", (10, 60),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)
    # Зверніть увагу: cv2.selectROI створює вікно. Воно закривається нічче.
    roi = cv2.selectROI("Select ROI - Press SPACE/ENTER to confirm", frame, False,
                       cv2.destroyAllWindows("Select ROI - Press SPACE/ENTER to confirm"))
    return roi

# Функція для запису координат у файл
def write_roi_to_file(frame_number, x, y, w, h, filename=output_file):
    with open(filename, "a") as f:
        f.write(f"Frame: {frame_number}, ROI: x={x}, y={y}, w={w}, h={h}\n")
```

Рисунок 1 – Програмна реалізація алгоритмів розпізнавання та відслідковування цілей



Рисунок 2 – Механічна конструкція НРК

Комплексна експериментальна верифікація розроблених рішень у лабораторних та польових умовах підтвердила працездатність та високу ефективність оновленої архітектури НРК. Ключовим етапом став перехід від мікроконтролерів загального призначення (ESP32) до спеціалізованого польотного контролера MatekH743. Це дозволило не лише наростити обчислювальну потужність для алгоритмів ШІ, а й забезпечити точне керування силовими агрегатами через середовище VESCTool.

Завдяки впровадженню інтелектуальних алгоритмів розподілу навантаження та переходу на триколісну схему з активним кермовим механізмом, було досягнуто суттєвої стабілізації теплових режимів.

Результати замірів зафіксували зниження робочої температури корпусів двигунів до діапазону 25–30°C, тоді як у базовій версії при інтенсивному маневруванні спостерігався перегрів понад 55°C. Це мінімізує ризики термічного пошкодження обмоток та значно підвищує експлуатаційний ресурс механічних вузлів.

Окрему увагу в ході випробувань було приділено живучості каналу керування в умовах складного рельєфу. Для підтримки стабільного зв'язку розроблено двокоординатний поворотний механізм щогли наземної станції. Використання математичної моделі радіуса зв'язку, яка враховує динамічну орієнтацію антен, дозволило в реальному часі компенсувати просторові коливання та нахили платформи під час руху по пересіченій місцевості [4]. Це мінімізувало вплив завмирання сигналу та забезпечило стабільну передачу телеметрії та відеопотоку.

Інтеграція відкритого програмного забезпечення ArduPilot у поєднанні з наземною станцією MissionPlanner забезпечила гнучкість налаштування модульних виконавчих пристроїв. Це створює умови для швидкої адаптації платформи під специфічні бойові завдання — від розвідки до транспортування вантажів вауг до 45 кг, гарантуючи при цьому високу відмовостійкість систем зв'язку та керування.

Запропонована автоматизована платформа поєднує низьку собівартість із високою живучістю та інтелектуалізацією процесів керування. Результати роботи можуть бути імплементовані для роботизації «нульової лінії» фронту, зокрема у задачах логістики в «сірій зоні» та автономної розвідки.

Список використаних джерел

1. Педченко Н.М., Янко А.С., Лактіонов О.І., Крук О.О. Удосконалення наземних безпілотних систем військового призначення для підвищення ефективності їх застосування. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. – 2025. – № 3. – С. 425-435. – <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.3.47>
2. Vikchentyayev M. Integration of SDR into UAV systems / M. Vikchentyayev, V. Boriak // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2025. – № 2 (80). – С. 235-238. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.235>
3. Михайліченко О. В., Янко А. С., Лактіонов О. І. Аналіз енергоефективності мобільних робототехнічних платформ і безпілотних літальних апаратів у гібридних мережах. Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2025. – № 6. – С. 78-82. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-183-6-78-82>
4. Михайліченко О.В. Математична модель радіуса зв'язку мобільного наземного ретранслятора з урахуванням динамічної орієнтації антени / О.В. Михайліченко // Системи управління навігації та зв'язку. – 2025. – Т. 4, № 82. – С. 190–194. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.4.190>