

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ: АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ АСПЕКТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Мамін В.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр.Науки 14

E-mail: vladyslav.mamin@nure.ua

Анотація: У статті розглядається основні функціональні аспекти інтелектуальних систем керування квадрокоптерами. Проведений аналіз функціональних аспектів та перспектив інтелектуальних систем у напрямку адаптивного керування.

Ключові слова: інтелектуальні системи, штучні нейронні мережі, квадрокоптери.

INTELLIGENT QUADCOPTER CONTROL SYSTEMS: ANALYSIS OF FUNCTIONAL ASPECTS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Mamin V.A.

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave. 14

E-mail: vladyslav.mamin@nure.ua

Annotation: This article examines main functional aspects of intelligent quadcopter control systems. An analysis of the functional aspects and prospects of intelligent systems in direction of adaptive control.

Keywords: intelligent systems, artificial neural network, quadcopters.

З розвитком технологій та підвищенню обчислювальної спроможності у мікропроцесорів постала потреба в обробці великих масивів інформації, використання баз знань для генерації направленої діяльності - це призвело до створення інтелектуальних систем.

Під інтелектуальною системою розуміють об'єднану інформаційним процесом структуру технічних засобів і програмного забезпечення, котрі працюють у взаємозв'язку з оператором або незалежно від нього; здатну на основі відомостей і знань при наявності мотивації синтезувати, генерувати рішення про дію та знаходити ефективні шляхи вирішення завдань [1].

Виділяється декілька засобів для створення інтелектуальних систем керування:

- експертні системи;
- штучні нейронні мережі (artificial neural networks);
- нечітка логіка (fuzzy logic);
- еволюційні методи і генетичні алгоритми (genetic algorithms).

Використання штучних нейронних мереж дозволяє розв'язати задачі керування нелінійними ОК шляхом створення адаптивних САК з навчасим нейрорегулятором. При адаптації навчання використовується для отримання інформації про стан і характеристики САК, що необхідні для оптимального керування в умовах невизначеності. Тобто адаптація тотожна оптимізації в умовах недостатньої інформації.

Квадрокоптери є універсальними пристроями спостереження або виконувачами примітивних задач. Завдяки стабільності у повітрі та можливості переміщення у трьох основних напрямках вони стають ідеальними пристроями для цих видів робіт.[2-4]

Однією з основних функцій квадрокоптерів є можливість здійснювати аеріальні зйомки. Вони оснащені вбудованими камерами або кріпленнями для камер, які дозволяють знімати відео та фотографії з висоти.

Для безпілотних систем дуже поширена концепція використання штучного інтелекту в різних областях, у тому числі й в управлінні, де забезпечується адаптивність, самонавчання та здатність до прийняття рішень у реальному часі. Завдяки цьому такі системи можуть ефективно реагувати на зміни навколишнього середовища, компенсувати похибки сенсорів і підтримувати стабільність польоту навіть у складних умовах.

З боку функціональних аспектів відмічаються як приклад декілька напрямків використання:

- розпізнавання середовища;
- стабілізація польоту;
- навігація в середовищі;
- системи комунікації.

Інтелектуальні системи можуть застосовуватися для розпізнавання та навігації в навколишньому середовищі за допомогою технологій комп'ютерного зору, LIDAR, GPS та інерціальних вимірювальних одиниць (IMU). Такий підхід забезпечує здатність безпілотного літального апарата аналізувати рельєф місцевості, будувати оптимальні траєкторії руху, а також визначати й відстежувати задані об'єкти або області спостереження[6-10].

Все частіше використовують інтелектуальні системи керування для стабілізації польоту квадрокоптера разом з класичними як PID або LQR контроллерами. Це дозволяє квадрокоптеру аналізувати динаміку польоту та навчатися й адаптуватись до зовнішніх умов як вітер, зміна ваги.

Для забезпечення стабільного та якісного каналу зв'язку інтелектуальні системи здатні самостійно аналізувати рівень сигналу, затримку передачі та автоматично коригувати робочі параметри, зокрема частоту, протокол або потужність передавача.

Дані аспекти(рис.1) можуть використовуватись в проектуванні інтелектуальної системи контролю, навігації та комунікації в процесі польоту.

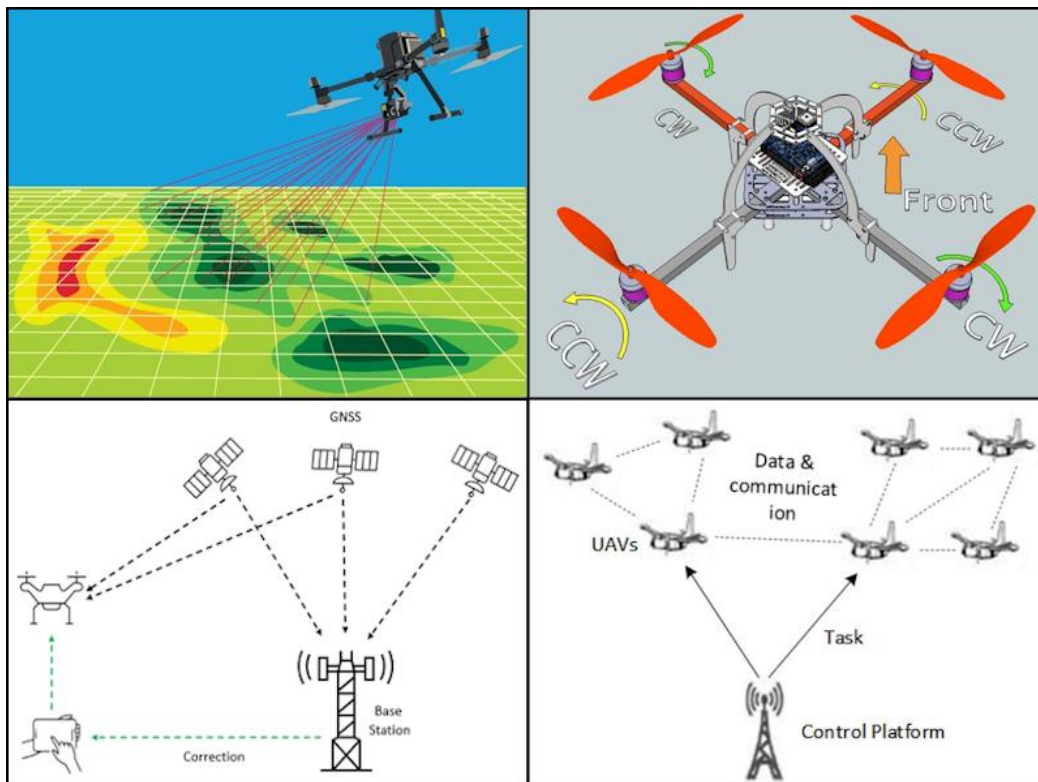


Рисунок 1 – Види функціональних аспектів інтелектуальних системах керування квадрокоптера

Поєднання інтелектуальних систем розпізнавання середовища, навігації, стабілізації та комунікації створить умови, за яких безпілотник зможе самостійно орієнтуватися, ухвалювати рішення й взаємодіяти з іншими апаратами у спільному повітряному просторі.

В перспективі всі ці аспекти можуть призвести політ квадрокоптера або дрону до повної автономності завдяки використанню удосконаленими технологіями штучного інтелекту, що поєднують алгоритми глибокого навчання, обробку сенсорних даних і адаптивне керування.

Сучасні тенденції розвитку інтелектуальних систем керування квадрокоптерами демонструють рух у напрямку створення повністю автономних, самонавчальних і взаємопов'язаних безпілотних платформ. Застосування таких систем дає змогу реалізувати ефективну координації між кількома апаратами, підвищити точність виконання завдань та забезпечити автономну роботу у складних і непередбачуваних умовах. У перспективі це сприятиме розширенню сфер застосування квадрокоптерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ : моногр. / О.Г. Аврунін, С.І. Владов, М.В. Петченко та ін. – Кременчук : Видавництво «НОВАБУК», 2021. – 322 с. – ISBN 978-617-639-347-4.
2. Інтелектуальні системи керування : конспект лекцій для студентів спеціальності «Прилади та системи керування літальними апаратами». / В. О. Апостолук, О. С. Апостолук. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 88 с. – Бібліогр.: с. 84–85. – 50 пр.
3. Теорія систем керування: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 497 с. ISBN 978-966-350-650-0
4. P.J. Antsaklis, "Intelligent Control," Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering , Vol. 10, pp. 493-503, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
5. Celal Onur GÖKÇE, "Intelligent Quadcopter Control Using Artificial Neural Networks" Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, AKU J. Sci. Eng. 23 (2023) 015202 (138-142) DOI: 10.35414/akufemubid.1229424
6. Chebanchyk D. Analysis of Object Identification Methods for FPV Drones / D. Chebanchyk, V. Yevsieiv // Manufacturing & Mechatronic Systems 2025 : Theses of Reports of IX-st International Conference, October 25-26, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 30-33.
7. Hybrid Approaches to Building Intelligent Robotic Systems on FPGAs and MCUs for Industry 5.0 Tasks / V. Yevsieiev, S. Maksymova, N. Demska, N. Starodubcev // Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2025) : VII International Scientific and Practical Conference, June 27-28, 2025. – Kharkiv : NURE – P.30-35.
8. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Chala, O. (2025). A small-sized robot prototype development using 3D printing. *acta mechanica et automatica*, 19(1).
9. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Calculation of the Distance to Objects in Collaborative Robots Workspace Using Computer Vision. *Journal of universal science research*, 2(11), 240-255.
10. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2024). Using Convolutional Neural Networks to Analyze and Detect Key Points of Objects in Image. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 5-15.

Науковий керівник: Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки