

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО УНИКНЕННЯ ПЕРЕШКОД БЕЗПОЛІТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено аналіз сучасних підходів до проєктування систем автономного уникнення перешкод для безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Розглянуто ключові проблеми, що виникають під час навігації в складних середовищах з обмеженим доступом до GPS, а також шляхи їх вирішення за допомогою штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж та алгоритмів глибокого навчання з підкріпленням. Увагу зосереджено на методах обробки сенсорних даних, інтеграції інтелектуальних алгоритмів з системами керування та забезпеченні безпеки польоту. Наведено приклади практичного застосування таких систем, окреслено перспективи розвитку досліджень і визначено напрями подальших робіт, спрямованих на створення адаптивних і надійних рішень для автономної навігації.

Ключові слова: БПЛА, автономна навігація, уникання перешкод, штучний інтелект, нейронні мережі, навчання з підкріпленням.

Abstract

The paper analyzes modern approaches to the design of autonomous obstacle avoidance systems for unmanned aerial vehicles (UAVs). The key problems that arise when navigating in complex environments with limited access to GPS, as well as ways to solve them using artificial intelligence, in particular neural networks and reinforcement learning algorithms, are considered. Attention is focused on methods of processing sensor data, integrating intelligent algorithms with control systems, and ensuring flight safety. Examples of practical applications of such systems are given, prospects for research development are outlined, and directions for further work aimed at creating adaptive and reliable solutions for autonomous navigation are identified.

Keywords: UAV, autonomous navigation, obstacle avoidance, artificial intelligence, neural networks, reinforcement learning.

Вступ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) дедалі активніше використовуються в багатьох галузях людської діяльності, серед яких військові операції, цивільне будівництво, моніторинг навколишнього середовища, доставка товарів, пошукові та рятувальні операції. Це пояснюється їх високою мобільністю, можливістю оперативного збору інформації та виконання завдань у небезпечних або важкодоступних для людини місцях. Проте однією з ключових проблем при використанні БПЛА залишається забезпечення безпечної автономної навігації у складних умовах із високою щільністю перешкод, що включають природні та штучні об'єкти, такі як будівлі, лінії електропередач, дерева та інші елементи інфраструктури. Особливо важливою ця проблема є у випадках, коли використання традиційних навігаційних систем, таких як GPS, є обмеженим або неможливим через перешкоди, заглушення сигналів або відсутність необхідної інфраструктури [1]. Вирішення цієї задачі потребує застосування передових методів штучного інтелекту (ШІ), які здатні забезпечити високий рівень автономності, надійності й адаптивності керування БПЛА в режимі реального часу.

Результати дослідження

У ході дослідження було визначено основні підходи до створення інтелектуальних систем уникнення перешкод для безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які базуються на методах штучного інтелекту. Аналіз цих підходів показав їх високу перспективність завдяки здатності забезпечувати автономність та ефективність роботи БПЛА у складних умовах навколишнього середовища. Особлива увага приділяється алгоритмам, що дозволяють апаратам самостійно адаптуватися до

різних ситуацій без втручання людини, знижуючи ризики операційних помилок та підвищуючи безпеку експлуатації. Серед цих методів особливо ефективними є такі сучасні рішення, які дозволяють значно підвищити точність, швидкість реакції та загальну продуктивність системи управління БПЛА:

1. Застосування нейронних мереж для обробки сенсорної інформації:

- Використання даних із LiDAR, відеокамер та ультразвукових датчиків для виявлення та класифікації перешкод. Інтеграція декількох типів сенсорів, яка забезпечує покращену точність та надійність роботи системи, що критично важливо у складних умовах навколишнього середовища [3].
- Впровадження згорткових нейронних мереж (CNN), що забезпечують швидкий аналіз візуальної інформації в реальному часі.
- Використання алгоритмів обробки даних у режимі реального часу, що дозволяє оперативно адаптувати траєкторію польоту відповідно до отриманої інформації.

2. Алгоритми прийняття рішень на основі глибокого навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning):

- Реалізація адаптивного керування рухом БПЛА в умовах невизначеності.
- Здатність алгоритмів передбачати можливі перешкоди, спираючись на досвід попередніх взаємодій з навколишнім середовищем [5].
- Використання підходів навчання з підкріпленням дозволяє БПЛА самостійно вдосконалювати свої навички навігації та уникнення перешкод, забезпечуючи постійне підвищення ефективності роботи [2].

3. Інтеграція інтелектуальних алгоритмів з системами керування:

- Розробка ефективних алгоритмів управління польотом, які враховують специфіку роботи БПЛА в складних умовах [4].
- Використання адаптивних контролерів, які динамічно змінюють параметри польоту для підвищення безпеки та стабільності маневрів.
- Вивчення можливостей застосування гібридних систем керування, що комбінують класичні методи управління з підходами на базі штучного інтелекту для максимальної гнучкості та ефективності управління БПЛА.

Крім цього, важливим аспектом є розробка підходів, що дозволяють БПЛА автономно адаптуватися до змінних умов експлуатації, таких як зміна освітлення, несприятливі погодні умови та динамічно змінювані перешкоди. Врахування цих факторів підвищує практичну застосовність системи та забезпечує її стабільну роботу в реальних умовах. Особливу увагу також варто приділити розробці алгоритмів, які можуть працювати в умовах обмежених обчислювальних ресурсів та енергоспоживання, що є критично важливим для малогабаритних БПЛА. Важливим напрямом подальших досліджень є також інтеграція алгоритмів самоаналізу та самоконтролю для своєчасного виявлення та усунення збоїв у роботі системи.

Також важливим та перспективним напрямом є інтеграція алгоритмів моніторингу технічного стану апаратів у режимі реального часу, що сприяє своєчасному виявленню та попередженню потенційних технічних несправностей, підвищенню загального рівня експлуатаційної безпеки, а також виявленню ознак несанкціонованого втручання або кібератак з метою забезпечення комплексної інформаційної безпеки системи.

Висновки

Інтелектуальні системи з використанням штучного інтелекту відкривають нові можливості для автономної навігації та керування рухом БПЛА у складних середовищах. Застосування нейромережевих технологій та глибокого навчання значно підвищує ефективність і безпечність виконання завдань, забезпечуючи оперативне реагування та здатність адаптуватися до динамічно змінних умов польоту. Також важливою є інтеграція інтелектуальних алгоритмів із системами контролю та моніторингу, що дозволить оперативно виявляти та усувати потенційні несправності та забезпечувати стабільність роботи апаратів у довготривалій перспективі. Крім того, необхідним є подальший розвиток методів інформаційної безпеки та захисту систем автономного управління від кіберзагроз. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що перспективним підходом є використання комбінації нейронних мереж і алгоритмів глибокого навчання з підкріпленням для

забезпечення високої адаптивності БПЛА до змінних умов навколишнього середовища. Подальші напрями дослідження передбачають створення робочого прототипу, проведення серії практичних експериментальних досліджень у реальних умовах та детальну оцінку результатів з метою вдосконалення та оптимізації системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rezaee M. R., Abdul Hamid N. A. W., Hussin M., Zukarnain Z. A. Comprehensive review of drones collision avoidance schemes: challenges and open issues // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2024. – Vol. 25, No. 7. – P. 6397–6410. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1109/TITS.2024.3375893>.
2. Xue Z., Gonsalves T. Vision Based Drone Obstacle Avoidance by Deep Reinforcement Learning. AI. 2021. Т. 2, № 3. С. 366–380. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/ai2030023>.
3. Fraga-Lamas P., Ramos L., Mondéjar-Guerra V., Fernández-Caramés T. M. A review on IoT deep learning UAV systems for autonomous obstacle detection and collision avoidance // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11, No. 18. – Article 2144. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/rs11182144>.
4. Yasin J. N., Mohamed S. A. S., Haghbayan M.-H., Heikkonen J., Tenhunen H., Plosila J. UAVs: collision avoidance systems and approaches // IEEE Access. – 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000064>.
5. Skarka W., Ashfaq R. Hybrid machine learning and reinforcement learning framework for adaptive UAV obstacle avoidance // Aerospace. – 2024. – Vol. 11, No. 11. – Article 870. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/aerospace11110870>.

Коваленко Володимир Петрович — аспірант групи 174-24а, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, кафедра комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Ковалиук Олег Олександрович — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Kovalenko Volodymyr P. — postgraduate student of group 174-24a, Department of Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Kovaliuk Oleh O. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia