

Features of flight planning of an intelligent unmanned aircraft in an undefined environment

Natalia Korolyuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

Alla Romaniuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv
<https://orcid.org/0000-0001-5882-6962>

Oleksandr Pershin

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv
<https://orcid.org/0000-0003-0022-8972>

Bohdan Rud

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv
<https://orcid.org/0009-0006-7153-7210>

Abstract. *The integration of artificial intelligence techniques, such as machine learning and neural networks, enhances the UAV's ability to adapt to dynamic environments by continuously refining decision-making models. The implementation of reinforcement learning algorithms to autonomously adjust their flight paths and operational strategies. The proposed approach allows for seamless integration with multi-agent systems, enabling coordinated UAV operations in collaborative mission scenarios.*
Keywords: *unmanned aerial vehicle, problematic environment.*

Особливості планування польоту інтелектуального безпілотного літального апарату в невизначеному середовищі

Наталія Королюк

*Харківський національний університет
 Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

Алла Романюк

*Харківський національний університет
 Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*
<https://orcid.org/0000-0001-5882-6962>

Олександр Першин

*Харківський національний університет
 Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*
<https://orcid.org/0000-0003-0022-8972>

Богдан Рудь

*Харківський національний університет
 Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*
<https://orcid.org/0009-0006-7153-7210>

Анотація. *У роботі на основі логіки умовно-залежних предикатів запропонована модель представлення процедурних знань планування польоту інтелектуального безпілотного літального апарату (БПЛА). Сформована типова функціонально-модульна процедура планування ціленаправленої діяльності БПЛА на основі перевірки умов, яка дозволяє скоротити простір пошуку рішень при побудові траєкторії польоту. У просторі підзадач формується дерево виводу рішень, які необхідні для досягнення поставленої цілі.*
Ключові слова: *безпілотний літальний апарат, проблемне середовище.*

Аналіз досвіду ведення бойових дій на території України свідчить, що вдосконалення розвідки, зокрема, повітряної, у теперішній час є одним з важливих завдань у процесі створення ефективної системи розвідки Збройних Сил України (далі – ЗС України) відповідно до стандартів НАТО [1]. Вивчення сучасних зарубіжних, вітчизняних досліджень з планування поведінки роботизованих систем, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), дозволяє відокремити напрями досліджень. Перший напрям присвячений побудові ієрархічного управління, що використовує принципи штучного інтелекту, теорію управління, когнітивні і нейрофізіологічні науки. Другий напрям пов'язаний із вирішенням конкретних завдань, пов'язаних з поведінкою робототехнічних пристроїв, що використовує методи теорії мультиагентних систем, моделі представлення знань [2–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Траєкторний рух БПЛА у невизначеному середовищі перебуває в центрі сучасних досліджень. У роботі [1] розглядається інтелектуальна система управління траєкторним рухом мобільних роботів, яка заснована на продукційних правилах, що описують процес оперативного реагування на зміни динамічного середовища. У роботі [2] пропонується підхід, що базується на принципах і методах синергетичної теорії управління для управління рухом квадрокоптера. Застосування апарату нечіткої логіки дозволяє успішно вирішувати завдання стабілізації руху літального апарату по заданій траєкторії із застосуванням адаптивних нейронних мереж для компенсації зовнішніх впливів [3-5]. В роботі [4] розглядаються питання побудови системи управління сучасних інтелектуальних роботизованих літаків з врахуванням особливостей функціонування автопілоту. В роботі [5] розглянуті питання побудови системи планування та управління поведінкою автономних агентів (роботизованих систем) у недетермінованому середовищі в умовах впливу перешкод. Один із варіантів системи планування руху автономних літальних апаратів у неоднорідному повітряному середовищі розглянуто в роботі [6]. Проведенні дослідження в області формалізації, представлення та обробки експертних знань, що використовуються при побудові баз знань інтелектуальних систем [2–6]. Ефективне використання логіки предикатів першого порядку для планування цілеспрямованої діяльності інтелектуального БПЛА в умовах невизначеності, обмежено наступними особливостями:

- необхідністю побудови детальної моделі представлення знань для прийняття рішень;
- відсутністю можливості використання у моделях знань предикатів другого порядку, що значним чином знижує функціональні можливості інтелектуальних машин логічного висновку;
- трудомісткістю логічного виведення, який зводиться до доказу теорем методом резолюцій шляхом перебору.

Таким чином, актуальним є розробка спеціальної моделі представлення знань, в основі якої застосовуються продукційні правила логічного виведення рішень. Виникає необхідність розробки процедури логічному висновку у процесі планування цілеспрямованої діяльності БПЛА у недовизначеному проблемному середовищі (НПС), визначення порядку усунення різниці між фактичною і формалізованою ситуацією для досягнення поставленої задачі під повітряної розвідки.

Таким чином, актуальним є побудова моделі представлення знань з використанням логіки умовно-залежних предикатів, що забезпечує можливість представлення знань без громіздкої структури їх представлення. В результаті досліджень визначено, що автоматичне планування цілеспрямованої поведінки БПЛА в НПС зводиться до планування польоту на основі перевірки умов, що визначають можливості виконання польоту в поточній ситуації.

Застосування логіки умовно-залежних предикатів дозволяє формалізувати експертні знання незалежно від конкретної предметної області та організовувати на цій основі планування різних видів цілеспрямованої діяльності в умовах апіорно невизначеного проблемного середовища.

Запропонована модель представлення, формалізації та обробки процедурних знань забезпечує БПЛА можливістю автоматичного планування цілеспрямованої діяльності в невизначених середовищах. У просторі підзадач формується дерево виводу рішень, яке включає лише фрейм-мікропрограми поведінки, необхідні для досягнення поставленої цілі під час повітряної розвідки. Знайдені граничні оцінки функціональної складності процесу планування цілеспрямованої діяльності дозволяють визначити доцільність застосування розробленої моделі представлення знань, процедур виводу рішень у різних ситуаціях з врахуванням функціональних можливостей БПЛА.

Подальший розвиток запропонованого підходу зводиться до розробки більш гнучкої моделі представлення процедурних знань БПЛА на основі типових фреймів-операцій, що дозволить планувати розвідувальний політ в невизначених умовах при відсутності формалізованих функціонально-модульних процедур.

Список використаних джерел

1. Demir B. E., Bayir R., Duran F. Real-time trajectory tracking of an unmanned aerial vehicle using a self-tuning fuzzy proportional integral derivative controller. *International Journal of Micro Air Vehicles*. 2016. Vol. 8(4). P. 252–268.
2. Zhang C., Hu H., Wang J. An adaptive neural network approach to the tracking control of micro aerial vehicles in constrained space. *International Journal of Systems Science*. 2017. Vol. 48(1). P. 84–94.
3. Santoso F., Garratt M. A., Anavatti S. G. State-of-the-Art Intelligent Flight Control Systems in Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2017. P. 1–15.
4. Олексенко О. О., Авраменко О. В., Федоров А. В., Сніцаренко В. В., Чернавіна О. Є. Застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами Російської Федерації у війні проти України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2022. № 4(49). С. 37–42.
5. Дудко М. В., Корольок Н. О., Полонський Ю. І., Коршець О. А. Метод формалізації знань про процес планування маршруту польоту безпілотних літальних апаратів на основі інтервальних нечітких множин типу 2. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2020. № 3(65). С. 36–42.
6. Alimpiev A., Berdnik P., Korolyuk N., Korshets E., Pavlenko M. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. No. 1(9). P. 53–60.