

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів та їх широке застосування у військових і цивільних задачах сформували потребу у створенні способів керування, що одночасно були б маневреними та енергоефективними і могли швидко адаптуватися в середовищі з динамічними перешкодами. Існують певні труднощі в реалізації алгоритмів реального часу, здатних враховувати раптову появу динамічних перешкод.

Мета роботи. Вдосконалення способу керування безпілотником на основі генетичного алгоритму планування траєкторії для моделювання польоту у середовищі з перешкодами.

Об'єкт дослідження. Процес планування траєкторій та керування рухом безпілотного літального апарата у середовищі з перешкодами.

Предмет дослідження. Методи еволюційної оптимізації траєкторій БПЛА та побудова багатокритеріальної функції пристосованості.

Наукова новизна. Розробка та дослідження модифікацій генетичного алгоритму для задач тривимірного планування траєкторії БПЛА, використання механізмів репопуляції та цільової ін'єкції траєкторії при виявленні екстремумів на шляху. У роботі запропоновано гнучку багатокритеріальну функцію пристосованості, що враховує довжину шляху, безпеку, плавність та енерговитрати з можливістю динамічного налаштування вагових коефіцієнтів у графічному інтерфейсі.

Практичне значення одержаних результатів. Створення готового до використання програмного комплексу з графічним інтерфейсом на основі PyQt6, який підтримує інтерактивне налаштування параметрів ГА, 3D-маршруту та його 2D-проекцій, відображення графіків збіжності та статистичних показників маршруту. Застосунок може бути використаний як навчальний стенд для демонстрації роботи генетичного алгоритму в процесі польоту.

Апробація роботи. Основні наукові положення та результати були апробовані та представлені на

- Липовецький Д.Є., Боярінова Ю.Є. (2025). Прикладна математика та комп'ютинг. «шістнадцята науково-практична конференція магістрантів та аспірантів ПМК-2025», 19-21 листопада 2025р
- Липовецький Д.Є., Боярінова Ю.Є. (2025). Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, економіка та суспільство: адаптація до викликів ХХІ століття» 6 грудня 2025 – с.210-212. – режим доступу до ресурсу:<https://www.economics.in.ua/2025/12/06.html>

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Робота містить постановку задачі, огляд існуючих підходів до планування траєкторій БПЛА, опис запропонованого методу на основі GaSPo, архітектуру розробленого програмного забезпечення та результати експериментальних досліджень. Загальний обсяг роботи становить 78 сторінок, включаючи 22 рисунки, 25 найменувань у списку використаних джерел.

Ключові слова. Безпілотні літальні апарати, генетичні алгоритми, планування траєкторій у 3D-просторі, GaSPo, уникнення перешкод.

ABSTRACT

Relevance of the topic. The rapid development of unmanned aerial vehicles and their widespread use in military and civilian applications has created a demand for control methods that are simultaneously highly maneuverable and energy-efficient, and that can quickly adapt to environments with dynamic obstacles. At the same time, significant challenges remain in implementing real-time algorithms capable of accounting for the sudden emergence of dynamic hazards.

Purpose of the work. To improve a UAV control approach based on a genetic-algorithm trajectory planner for flight simulation in an obstacle-rich environment.

Object of research. The process of trajectory planning and motion control of a UAV in an environment with obstacles.

Subject of research. Evolutionary methods for UAV trajectory optimization and the design of a multi-criteria fitness function.

Scientific novelty. The work develops and investigates modifications of the GaCPo genetic algorithm (Genetic Algorithm with Convergence Population) for three-dimensional UAV trajectory planning, employing a combination of population regeneration mechanisms and targeted trajectory injection when local extrema are detected. A flexible multi-criteria fitness function is proposed that accounts for path length, safety, smoothness, and energy consumption, with dynamic adjustment of weighting coefficients via a graphical user interface.

Practical significance. The practical value of the results lies in the development of a ready-to-use software suite, UAV Genetic Algorithm Path Planner, featuring a PyQt6-based graphical interface. The system supports interactive configuration of GA parameters, simulation of static and dynamic obstacles, visualization of a 3D route and its 2D projections, as well as convergence plots and statistical route metrics. The application can be used as an educational platform for demonstrating the operation of genetic algorithms, as an engineering tool for analyzing the energy efficiency and safety of trajectories, and as a prototype decision-support.

Approbation of the work. The main scientific results of this Master's thesis were presented and discussed at scientific conferences, including the XVI Scientific and Practical Conference of Master's and PhD Students of the Faculty of Applied Mathematics (PMK-2025, Kyiv, November 28–30, 2025) and the International Scientific and Practical Conference “Science, Education, Economy and Society: Adaptation to the Challenges of the 21st Century” (December 6, 2025).

Structure and scope of the work. The Master's thesis consists of an introduction, four chapters, and conclusions. It includes the problem statement, a review of existing approaches to UAV trajectory planning, a description of the proposed GaCPo-based method, the architecture of the developed software, and the results of experimental studies. The total volume of the work is 78pages including 22 figures, 25 references.

Keywords. Unmanned aerial vehicles, genetic algorithms, 3D trajectory planning, GaCPo, obstacle avoidance, decision support system.