

ПЕРЕНЕСЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ РУХУ НАЗЕМНИХ РОБОТІВ НА БПЛА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РУХУ

Вінницький національний технічний університет

Досліджено можливості використання генетичних алгоритмів для оптимізації траєкторії руху безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з метою підвищення точності та ефективності оцінки якості повітря в різних умовах. Одним із головних завдань є забезпечення адаптивної автономної навігації БПЛА в динамічних середовищах, де параметри, пов'язані з забрудненням повітря, можуть змінюватися в реальному часі під впливом зовнішніх чинників, таких як погодні умови, географічні особливості або рівень антропогенного навантаження. Зміни в умовах навколишнього середовища, такі як погодні умови та наявність перешкод, підвищують вимоги до ефективних алгоритмів для безпечного та ефективного руху БПЛА. Використання генетичних алгоритмів є перспективним підходом, оскільки вони здатні ефективно вирішувати складні оптимізаційні задачі в динамічних середовищах, де традиційні методи можуть бути менш ефективними.

Генетичні алгоритми, завдяки своїй здатності шукати оптимальні рішення в складних просторах даних, можуть ефективно використовуватись для визначення оптимальних маршрутів збору інформації про забруднення повітря. Вони дозволяють БПЛА адаптувати свої траєкторії під поточні умови навколишнього середовища, враховуючи такі фактори, як напрямок і швидкість вітру, рівень забруднення у різних ділянках, наявність природних чи штучних перешкод у міській або сільській місцевості. Завдяки цьому підходу, алгоритми забезпечують злагоджену роботу в групі БПЛА, що дозволяє розподілити зони моніторингу, зібрати точніші дані і швидше реагувати на зміни в середовищі. Розглядається, як генетичні алгоритми можуть покращити процес збору й обробки даних для подальшого аналізу якості повітря. Оптимізація траєкторій дозволяє зменшити витрати енергії БПЛА, збільшити обсяг і якість зібраних даних, що своєю чергою підвищує точність оцінок концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Це робить генетичні алгоритми перспективним і ефективним інструментом для підвищення рівня автономності та загальної ефективності безпілотних систем у контексті моніторингу стану повітря в різних середовищах, таких як великі міста, промислові зони, сільськогосподарські території або природні заповідники.

Ключові слова: генетичні алгоритми, безпілотні літальні апарати, алгоритми оптимізації, оптимізація руху, машинне навчання, екологічні проблеми.

Вступ

Розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відкриває нові можливості для вдосконалення їхнього руху, забезпечуючи точнішу навігацію в складних умовах і оптимізацію маршрутів у реальному часі. Це також дозволяє підвищити ефективність групових польотів БПЛА, забезпечуючи безпечну координацію між ними та мінімізуючи ризик зіткнень. Управління рухом БПЛА є складним завданням через необхідність забезпечення безпеки польотів, оптимізації маршрутів та координації в групових польотах. Зміни в умовах навколишнього середовища, такі як погодні умови та наявність перешкод, підвищують вимоги до ефективних алгоритмів для безпечного та ефективного руху БПЛА.

Використання генетичних алгоритмів є перспективним підходом, оскільки вони здатні ефективно вирішувати складні оптимізаційні задачі в динамічних середовищах, де традиційні методи можуть бути менш ефективними. Їхня здатність швидко адаптуватися до змін умов навколишнього середовища робить цей підхід особливо корисним для забезпечення безперебійного та безпечного руху БПЛА. Ці алгоритми дозволяють ефективно вирішувати завдання координації

руху в групі, уникнення зіткнень та оптимізації маршрутів у складних і динамічних умовах. У статті досліджуються можливості застосування генетичних алгоритмів для поліпшення руху БПЛА, зокрема їх адаптація з наземних роботів на безпілотні літальні апарати, з метою підвищення ефективності та безпеки в різних середовищах.

Актуальність використання генетичних алгоритмів для оптимізації руху наземних роботів

Генетичні алгоритми використовують еволюційний підхід до пошуку оптимальних рішень. Початкова популяція рішень генерується випадковим чином, і потім здійснюються еволюційні операції, такі як селекція, кросовер та мутація, для створення нових поколінь рішень. Цей процес повторюється протягом декількох ітерацій або поки не буде досягнуто заданої умови зупинки [1].

Сучасні наукові дослідження показують, що використання генетичних алгоритмів у сфері наземних роботів має потенціал для розв'язання широкого спектру задач, включаючи:

1. **Планування маршрутів:** Генетичні алгоритми можуть бути використані для оптимізації маршрутів руху наземних роботів з урахуванням різних факторів, таких як відстань, час, обмеження швидкості та умови довкілля.
2. **Управління траєкторією:** Генетичні алгоритми можуть бути використані для планування оптимальних траєкторій руху наземних роботів з урахуванням різних обмежень та вимог.
3. **Уникнення перешкод:** Генетичні алгоритми можуть бути використані для аналізу та прогнозування перешкод на шляху руху наземних роботів та розробки стратегій уникнення їх.

Актуальність використання генетичних алгоритмів для оптимізації руху наземних роботів базується на кількох ключових факторах[2]:

1. **Складність середовища:** Наземні роботи часто працюють у складних і змінних середовищах, де важко передбачити оптимальний шлях або визначити найкращий спосіб руху. Генетичні алгоритми дозволяють роботам адаптуватися до змін у середовищі та знаходити оптимальні рішення, які враховують навколишні умови.
2. **Самоорганізація:** Генетичні алгоритми дозволяють роботам організовуватися в групи та координувати свій рух без необхідності централізованого керування. Це особливо корисно в ситуаціях, коли наземні роботи повинні співпрацювати для виконання спільної місії або досягнення спільної мети.
3. **Оптимізація маршрутів:** Ефективне планування маршрутів може зменшити час і енергію, які витрачають наземні роботи на переміщення, і покращити загальну продуктивність. Генетичні алгоритми можуть швидко знаходити оптимальні маршрути з урахуванням обмежень, таких як перешкоди або обмеження на швидкість.
4. **Автономність:** Використання генетичних алгоритмів дозволяє наземним роботам приймати рішення самостійно, без постійного втручання людини. Це робить їх більш ефективними та незалежними від зовнішнього керування.
5. **Штучний інтелект:** Генетичні алгоритми можуть бути поєднані з іншими методами штучного інтелекту, для покращення навичок наземних роботів у вирішенні завдань руху та навігації [3].

Принцип роботи генетичних алгоритмів для наземних роботів

Основна задача наземних роботів є знаходженням найкоротшого шляху від стартової точки до цільової точки, уникаючи певних перешкод.

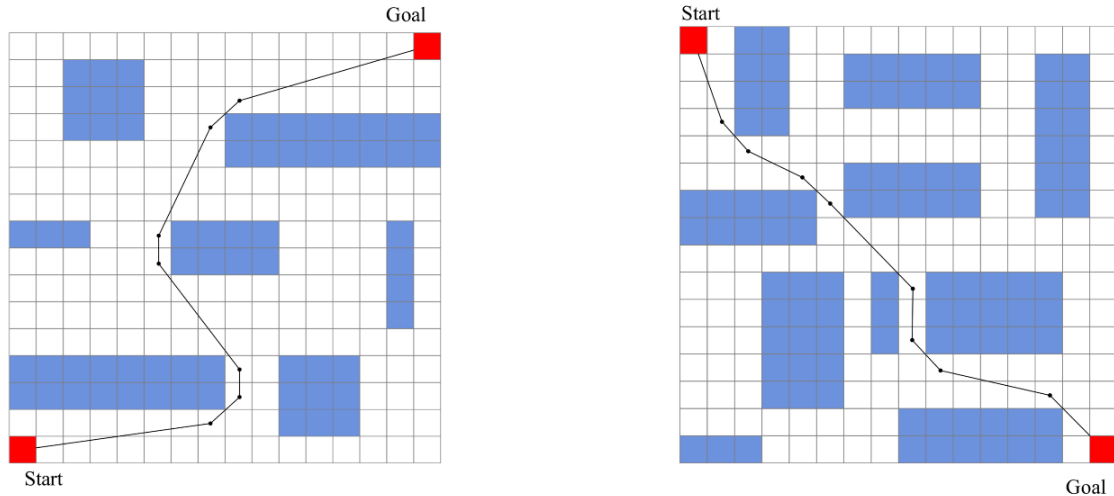


Рисунок 1 – Схематичне зображення пошуку оптимального шляху між перешкодами на шляху

Процес використання генетичних алгоритмів для уникнення перешкод та знаходження оптимального шляху може бути описаний наступним чином:

1. Початкова популяція маршрутів: початкові маршрути можуть бути представлені у вигляді послідовностей руху робота або координат точок, через які робот повинен пройти.
2. Оцінка пристосованості: кожен маршрут оцінюється з урахуванням кількості перешкод, які робот повинен уникнути, а також відстані, яку він має пройти. Метою є знаходження найкращого маршруту, який надає оптимальний компроміс між швидкістю та безпекою.
3. Відбір: найбільш пристосовані маршрути вибираються для продовження процесу. Це може бути здійснено шляхом вибору найкращих маршрутів з попередньої популяції.
4. Схрещування: обрані маршрути комбінуються між собою, щоб створити нові маршрути. Це може включати в себе обмін частинами маршрутів або випадкове змішування їх елементів.
5. Мутація: деякі маршрути можуть піддаватися випадковим змінам або додаванню/видаленню деяких точок маршруту. Це допомагає зберегти різноманітність у популяції та допомагає уникнути застрягання в локальних мінімумах.
6. Оцінка нової популяції: нові маршрути оцінюються на відповідність поставленим критеріям, таким як відсутність колізій або мінімізація відстані.
7. Повторення: цей процес повторюється доки не буде досягнуто критерію завершення, такого як покращення результатів або досягнення максимальної кількості ітерацій.
8. Вибір оптимального маршруту: найкращий знайдений маршрут вважається оптимальним для наземного робота і використовується для подальшої навігації в середовищі [4].

Висновок

У рамках проведеного дослідження було здійснено моделювання генетичного алгоритму наземного робота та досліджено його адаптацію для безпілотних літальних апаратів.

Було запропоновано нову інформаційну технологію, яка інтегрує генетичний алгоритм для оптимального польоту групи БПЛА. Ця технологія дозволяє ефективно перенести навчання генетичних алгоритмів з наземних роботів на групу БПЛА, враховуючи специфіку тривимірного середовища та аеродинамічні характеристики польоту.

Такий підхід дозволить оперативніше та ефективніше здійснювати моніторинг великих площ, підвищуючи загальну ефективність використання БПЛА у різних сферах, таких як екологічний моніторинг та інші застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Using a Unmanned Aerial Vehicle to Assess Air Pollution and Identify Dominant Emission Sources. Journal of Ecological Engineering. URL: <http://www.jeeng.net/Using-a-Unmanned-Aerial-Vehicle-to-Assess-Air-Pollution-and-Identify-Dominant-Emission.154880.0.2.html> (дата звернення: 30.08.2024).
- [2] An enhanced genetic algorithm for path planning of autonomous UAV in target coverage problems. Science Direct. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494621007171> (дата звернення: 30.08.2024).
- [3] J. Jonca, M. Pawnuk, Y. Bezyk, A. Arsen, I. Sowka. Drone-Assisted Monitoring of Atmospheric Pollution. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11516> (дата звернення: 02.09.2024).
- [4] Multi-Objective Genetic Algorithms: Combining CS and Evolution. URL: <https://medium.com/@jordanstorms/multi-objective-genetic-algorithms-combining-cs-and-evolution-4ac111ef98a4> (дата звернення: 02.09.2024).
- [5] Using Numerical Optimization Methods. Webots Guide. Cyberbotics. URL: <https://www.cyberbotics.com/doc/guide/using-numerical-optimization-methods#using-numerical-optimization-methods> (дата звернення: 03.09.2024).
- [6] C. Ramirez-Atencia, G. Bello-Orgaz, M. D. R-Moreno, D. Camacho. Problems using Multi-objective Genetic Algorithms. Springer. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-016-2376-7> (дата звернення: 04.09.2024).
- [7] H. Choi, Y. Kim, H. Jin Kim. Genetic Algorithm Based Decentralized Task Assignment for Multiple Unmanned Aerial Vehicles in Dynamic Environments. Research Gate. URL: https://www.researchgate.net/publication/228451002_Genetic_Algorithm_Based_Decentralized_Task_Assignment_for_Multiple_Unmanned_Aerial_Vehicles_in_Dynamic_Environments (дата звернення: 04.09.2024).
- [8] H. Shorakei, M. Vahdani, B. Imani, A. Gholami. Optimal cooperative path planning of unmanned aerial vehicles by a parallel genetic algorithm. Research Gate. URL: https://www.researchgate.net/publication/263494098_Optimal_cooperative_path_planning_of_unmanned_aerial_vehicles_by_a_parallel_genetic_algorithm (дата звернення: 04.09.2024).

Рекомендована кафедрою Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

Стаття надійшла до редакції 22.10.2024

Науковий керівник – Кулик Ярослав Анатолійович – к.т.н., доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua
Барановська Анастасія Юрївна – студентка групи ІСТ-23м, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: xktsumst@gmail.com

Y.A Kulyk
A.Y. Baranovska

Transfer of Genetic Algorithm Parameters for Ground Robot Motion Tasks to UAVs for Motion Optimization

Vinnitsia National Technical University

This article explores the possibilities of using genetic algorithms to optimize the trajectory of unmanned aerial vehicles (UAVs) in order to improve the accuracy and efficiency of air quality assessment under various conditions. One of the main objectives is to ensure adaptive autonomous navigation of UAVs in dynamic environments, where parameters related to air pollution can change in real-time under the influence of external factors, such as weather conditions, geographical features, or levels of anthropogenic impact. Changes in environmental conditions, such as weather conditions and the presence of obstacles, increase the requirements for efficient algorithms for safe and efficient UAV movement. The use of genetic algorithms is a promising approach because they are able to effectively solve complex optimization problems in dynamic environments where traditional methods may be less effective. Genetic algorithms, due to their ability to search for optimal solutions in complex data spaces, can be effectively used to determine the optimal routes for collecting information about air pollution. They allow UAVs to adapt their trajectories to the current environmental conditions, taking into account factors such as wind direction and speed, pollution levels in different areas, and the presence of natural or artificial obstacles in urban or rural environments. Thanks to this approach, the algorithms provide coordinated work within a group of UAVs, which allows for the division of monitoring zones, the collection of more accurate data, and faster responses to changes in the environment. The article also discusses how genetic algorithms can improve the process of data collection and processing for further air quality analysis. The optimization of trajectories reduces

the energy consumption of UAVs, increases the volume and quality of collected data, which in turn enhances the accuracy of assessments of harmful substance concentrations in the air. This makes genetic algorithms a promising and effective tool for increasing the autonomy and overall efficiency of unmanned systems in the context of air quality monitoring in various environments, such as large cities, industrial zones, agricultural areas, or nature reserves.

Keywords: genetic algorithms, unmanned aerial vehicles (UAVs), optimization algorithms, motion optimization, machine learning, environmental issues.

Supervisor – Kulyk Yaroslav Anatolyovich – Associate Professor of department of Automatization and Intellectual Informational Technologies, Faculty of Intellectual Informational Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua

Baranovska Anastasiia Y. – student of IIST-23m, Faculty of Intellectual Informational Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: xktsumst@gmail.com