

МОДЕЛЮВАННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО РУХУ РОЮ БПЛА В АНТАГОНІСТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОГО АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЮ ЧАСТИНОК (PSO)

Колективне використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для виконання різноманітного кола завдань суттєво розширило потенціал їх застосування у форматі роїв. Рій БПЛА представляє собою складну систему взаємопов'язаних керованих об'єктів здатних до самоорганізації, що виконують загальну задачу. Якісне управління роєм БПЛА дозволяє досягти кращих результатів при виконанні спеціальних місій. Перспективним напрямом у вирішенні цієї проблеми є використання метаевристичних підходів, які дозволяють знайти наближені (субоптимальні) рішення для складних оптимізаційних задач. Це обумовлює необхідність їх методичного розвитку щодо розв'язання актуальної практичної проблеми синергетичного безконфліктного руху рою БПЛА в антагоністичному середовищі при виконанні спеціальних завдань.

Метаевристичні алгоритми, що базуються на поведінці живих організмів у природі, широко використовуються для вирішення нелінійних завдань у різних сферах. Порівняно з традиційними методами, такі підходи вирізняються гнучкістю, стійкістю до локальних екстремумів і здатністю до випадкового пошуку, що робить їх ефективними для задач управління роєм БПЛА.

У ході дослідження було виконано моделювання синергетичного руху рою БПЛА із застосуванням покращеного алгоритму рою частинок (Particle Swarm Optimization, PSO). Модифікація алгоритму передбачала врахування фізичних та інформаційних параметрів руху, таких як уникнення зіткнень між апаратами. Для цього було впроваджено додаткові вектори сили, що дозволяють БПЛА адаптувати свої траєкторії на основі положення сусідніх апаратів. Такий підхід сприяє забезпеченню плавності та стабільності руху рою, знижуючи ризик зіткнень і підвищуючи ефективність виконання завдань.

Розроблена модель синергетичного руху рою БПЛА враховує структурну архітектуру рою, його здатність підтримувати задану формацію та адаптуватися до умов середовища. У цій моделі оновлення швидкостей і позицій БПЛА здійснюється з урахуванням заданих обмежень і функції небезпеки, що залежить від відстані до перешкод та інших апаратів. Цільова функція спрямована на запобігання зіткненням, підтримку формації та ефективне виконання завдань.

Для координації дій рою використовується механізм ройового інтелекту, який базується на колективній пам'яті про найкращі досягнуті результати [1]. Кожен БПЛА визначає найоптимальнішу позицію з урахуванням як власного досвіду, так і інформації від сусідів. Обмін даними про локальні й глобальні оптимуми дозволяє роєві швидко адаптуватися до змін і координувати дії для досягнення спільної мети [2, 3].

Проведене моделювання демонструє, що топологія зв'язків між кожним БПЛА та його найближчими сусідами забезпечує ефективний обмін інформацією про стан завдання і противника, а також підтримку самоорганізації рою. Зміна чисельності апаратів у роевій структурі не впливає на стабільність роботи моделі та не потребує значних змін у механізмах управління. Це забезпечує гнучкість та надійність системи в умовах виконання бойових або спеціальних місій.

Запропонована модель синергетичного руху рою БПЛА має широкі перспективи для подальшого використання у військових і цивільних сферах, де потрібна висока адаптивність, ефективність і автономність систем.

Список використаних джерел

1. Таршин В.А., Компанієць О. М., Котляренко С.Є., Дужий Р.В. Розвиток методології управління роями БПЛА на основі ройового інтелекту. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2023. Вип.№19(26). С. 109-115. <https://doi.org/10.54858/dndia.2023-19-15>.
2. El-Khatib S., Skobtsov Y., Rodzin S. Exponential Particle Swarm Optimization Algorithm for Complexly Structured Images Segmentation. Engineering Proceedings. 2023. 33(1). P. 47. <https://doi.org/10.3390/engproc2023033047>.
3. Vamsi P. G., Ganguly S. Multi-swarm surrogate model assisted PSO algorithm to minimize distribution network energy losses. Applied Soft Computing. 2024. Volume 159. P. 111616. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111616>.