

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ГРУПИ БПЛА

к.т.н., доц. Свид І.В., викладач Туленко М.В.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника;
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба
e-mail: svyd.iv@gmail.com

Abstract. The paper analyzes the organization of control of a group of UAVs with variable time of connections between them. As a result of the study of collective control of a group of UAVs based on the dynamic equations of the chaotic Rössler oscillator, it was possible to force the entire ensemble to move in one or several groups.

Ключові слова: аналіз, рух, група, БПЛА, інформація, обробка.

Вступ. В останні роки управління автономними мобільними групами БПЛА привертає все більше уваги з боку вчених та інженерів [1, 2]. Також приділяючи увагу опізнанню, завадозахищеності, завадостійкості БПЛА [2-8]. Це пов'язано з тим, що підхід у вивченні статичних і динамічних структур за допомогою мережі мобільних агентів знаходить застосування в техніці, біології, медицині тощо. Дослідження механізмів самоорганізації і колективний рух груп в природі (наприклад, політ зграї птахів) дозволить спростити колективне управління кількома автономними об'єктами. У більшості випадків структури груп, що спостерігаються в житті, є випадковими і змінюється з плином часу. Тому все більше досліджень проводиться в області мереж зі змінною топологією [1, 2, 6].

Основна частина. У роботі проаналізовано організацію управління колективами мобільних агентів із змінним часом зв'язків між ними. Під мобільним агентом будемо розуміти матеріальну точку, що рухається в площині (x, y) таким чином, що її траєкторія збігається з проекцією траєкторії деякого закріпленого за даними агентом хаотичного осцилятора на площину (x, y) . Всі наведені результати легко апроксимуються на випадок руху в тривимірному просторі. У даній роботі в якості хаотичного осцилятора, розглядається осцилятор Ресслера:

$$\begin{cases} x_i = -w_i y_i - z_i = f_i(y, z, w), \\ y_i = w_i x_i + a y_i = g_i(x, y, w, a), i = \overline{1, N}, \\ z_i = b + z_i(x_i - c) = h_i(x, z, b, c) \end{cases} \quad (1.1)$$

де a, b, c, w – позитивні параметри. Розглянуто наступні значення параметрів: $a = 22, b = 0,1, c = 8.5$. Параметри w_i рівномірно розподілені на деякому відрізку. Організацію управління агентами в просторі можна розбити на два етапи: встановлення заданої конфігурації агентів, в даному випадку - послідовної і паралельної, і виведення їх на траєкторію руху. Для забезпечення заданої конфігурації структури ансамблю мобільних агентів скористаємося теорією хаотичної фазової синхронізації. Крім досягнення

синхронної поведінки агентів це дасть нам можливість задавати управління не для кожного агента окремо, а загальне для групи в цілому. Використання хаотичних осциляторів як визначальник руху агентів дозволяє не турбуватися про область синхронізації в площині (x, y) , тому що рано чи пізно всі агенти побувають в досить широкій області цієї площини. Топологія зв'язку буде вводиться по-різному, але її сила між агентами завжди буде задовольняти такій умові:

$$d = \begin{cases} \tilde{d}, \text{ якщо } (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 < r^2, \\ 0, \text{ інакше} \end{cases} \quad (1.2)$$

де $\tilde{d} = \text{const}$, r визначає величину області G , в якій агенти взаємодіють. Введення подібної сили зв'язку відповідає тому припущенню, що топологія системи змінюється в часі, а саме, агенти починають діяти один на одного тільки тоді, коли вони наближаються на досить малу відстань. Залежно від тривалості налагодження зв'язків можна говорити про утворення однієї або декількох груп синхронізованих агентів, управляти якими можна окремо. Передбачається, що зв'язок $\sim d$ достатній для досягнення фазової синхронізації. Реалізовано три завдання управління рухом: послідовний рух, паралельний рух, рух по заданій траєкторії.

Висновки. У роботі проаналізовано організацію управління групою БПЛА із змінним часом зв'язків між ними. В результаті дослідження колективного управління групою БПЛА на основі динамічних рівнянь хаотичного осцилятора Ресслера вдалося змусити весь ансамбль рухатися однією або декількома групами. Було показано, що додавання різних динамічних зв'язків як між агентами в ансамблі, так і з "зовнішнім" агентом дозволить отримати різні структури, що рухаються за різними траєкторіями. Такий підхід дозволяє адаптивно управляти БПЛА в залежності від зовнішніх умов.

Список використаних джерел.

1. Kyrianov A. Y. Analysis of existing approaches to group control of autonomous unmanned aerial vehicle. *Connectivity*. 2023. Vol. 165, no. 5.
2. Журавська І. Гетерогенні комп'ютерні мережі критичного застосування на основі роїв та зграй БПЛА : монографія. Миколаїв : Вид-во ЧНУ, 2019. 192 с.
3. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
4. Свид І.В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. Дніпро: ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
5. Zhuravska I. M., Musiyenko M. P. The Synthesis of Routes of UAVS' Sub-Swarms Based on Hopfield Neural Network for Inspection of Territories. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2017. No. 3. P. 86–94.
6. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних

систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Х.: Друкарня Мадрид, 2021.

7. І.І. Обод, І.В. Свид, І.В. Рубан, Г.Е. Заволодько. Математичне моделювання інформаційних систем: навчальний посібник. Харків : Друкарня Мадрид, 2019. 270 с.

8. Підходи до побудови інтелектуальної системи управління угрупованням різнорідних безпілотних літальних апаратів в антагоністичному середовищі / Д.О. Пархоменко та ін. Системи озброєння і військова техніка. 2023. № 1 (73). С. 106–111.