УДК 629.7, 303.064

І.О. Довбиш, студентка гр. ПК-11, к.т.н., О.В. Муравйов
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАЛЕЖНІСТЬ АРХІТЕКТУРИ РОЮ ВІД РІВНЯ АВТОНОМНОСТІ БПЛА

Анотація. У статті розглянуто класифікацію БпЛА за рівнями їх автономності та відповідні приклади сфер сучасного застосування дронів. Проаналізовано можливість створення рою з БпЛА різного рівня автономності. Наведено архітектури побудови роїв дронів та описані алгоритми взаємодії між ними. Виділено перспективні напрямки розвитку технологій БпЛА.

Ключові слова : безпілотний літальний апарат, автономність, ройове використання, рій БпЛА, дрон.

ВСТУП

Історія створення безпілотних літальних апаратів (БпЛА) сягає початку 20 ст. Основною їх задачею була доставка певних вантажів через повітряний простір без присутності людини на борту. Сьогодні вони виконують безліч функцій: від фото- та відеозйомки до порятунку людей та військового застосування. У конструкцію БпЛА інтегрують різноманітне корисне навантаження, намагаються зробити їх більш незалежними від людини-оператора. Для підвищення ефективності збору інформації та виконання певних задач БпЛА поєднують у групи (рої). Також шляхом створення роїв вирішується питання обмеженості одного дрона у корисному навантаженні, енергоспоживанні, аналітичних та комунікаційних можливостях [1].

Одними з найперспективніших напрямів розвитку технологій БпЛА є підвищення рівня їх автономності та реалізація ройового використання [2]. Ці задачі сильно пов’язані між собою, адже створення архітектури взаємодії між дронами в групі напряму залежить від їх можливостей отримувати дані з навколишнього середовища, аналізувати їх та приймати самостійні рішення.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У сучасному інформаційному просторі не існує чіткої системи рівнів автономності, розробленої для БпЛА, тому для класифікації використовують систему з 6 рівнів (від 0 до 5), запропоновану Міжнародною організацією із стандартизації (ISO) для визначення рівня автономності автомобілів [3].

Метою даної роботи є розгляд класифікації БпЛА за рівнем автономності, оцінка відповідних можливостей дронів, аналіз наявності обмежень для ройового використання, а також дослідження залежності архітектури рою БпЛА від їх рівня автономності.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Першим трьом рівням (від 0 до 2) відповідають БпЛА, що потребують постійної участі людини-оператора. В них використовуються системи, що полегшують керування, проте необхідним є постійний аналіз ситуації ззовні.

Рівням автономності 3-5 відповідають БпЛА, що вже здатні рухатися самостійно та аналізувати дані, отримані з навколишнього середовища. Керування дронами 3 та 4 рівнів може бути при необхідності переданим людині, у той час як рівню 5 відповідають БпЛА, які працюють виключно в автономному режимі.

Рівень 0. При нульовому рівні автономності жодна функція не виконується дроном самостійно. Виконання всіх задач, включно з утриманням висоти та необхідної швидкості польоту, покладається виключно на оператора. Такі БпЛА дуже рідко зустрічаються у сучасному світі та не призначені для ройового використання. Переважно, це іграшкові, застосовувані для перегонів або найпростіші БпЛА, навантажені камерами для фото- чи відеозйомки. Успішно керувати таким дроном може лише досвідчений оператор.

Рівень 1. На першому рівні автономності забезпечені найпримітивніші функції, які може самостійно виконувати БпЛА: утримання висоти або швидкості польоту. Можливим є інтегрування у систему орієнтації дрона супутникових та/або інерціальних навігаційних засобів, отримані дані з яких аналізуються людиною або наземною станцією управління [4]. Реалізація всіх задач (від зльоту до посадки) покладається на оператора. БпЛА такого рівня автономності також можуть мати корисне навантаження у вигляді датчиків та камер, проте отриману від них інформацію вони не можуть аналізувати самостійно. Використовуються такі безпілотники у розважальній сфері, для спостереження за об’єктами, фото- та відеозйомки. Створення роїв з таких БпЛА є неможливим, що обумовлено їх недостатньою функціональністю.

Рівень 2. БпЛА другого рівня автономності вже можуть бути відносно самостійними і здатні рухатися згідно заздалегідь заданого маршруту без залучення оператора за умови відсутності завад на траєкторії польоту. Залучення людини необхідне для розпізнавання та уникнення перешкод у повітрі. Часто для подібних дронів автоматичною роблять їх підзарядку шляхом створення наземних станцій. Безпілотники даного рівня автономності добре справляються із задачами, для яких достатнім є рух згідно запланованої траєкторії і низька ймовірність виникнення перешкод. Такі дрони використовуються при картографуванні та дослідженнях поверхні землі.

Рої, що складаються з дронів 2 рівня автономності, використовують лише з розважальною метою – для світлових та звукових шоу. Траєкторія, швидкість та висота польоту кожного дрона визначаються заздалегідь, як і режим роботи бортових систем. Взаємодія між БпЛА у такому рою не відбувається.

Рівень 3. Третій рівень автономності БпЛа передбачає наявність системи розпізнавання перешкод додатково до усіх функцій, що мають дрони 2 рівня.

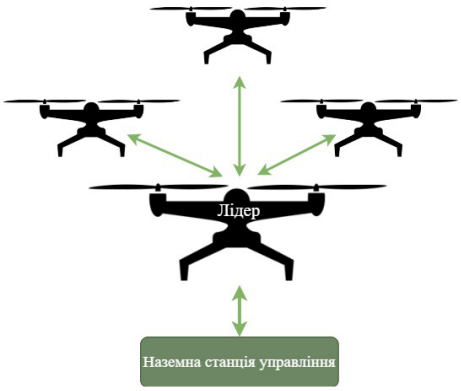

Рис. 1. Архітектура рою БпЛА з наявністю лідера

Це означає, що БпЛА вже може аналізувати навколишнє середовище, проте не приймає самостійних рішень на основі отриманих даних. При виявленні перешкод дрон інформує оператора про необхідність втручання та припиняє рух.

Першим варіантом комунікації роя БпЛА третього рівня автономності є взаємодія через дрона-лідера [5]. Людина або певна наземна система керує одним дроном (лідером), за яким рухаються усі інші члени рою (рис. 1). Кожен дрон має безпосередній зв’язок з лідером та не

може віддалятися від нього на більшу відстань, ніж радіус стабільного зв'язку. Для зменшення вразливості даної архітектури рою реалізується система вибору головного БпЛА при втраті зв'язку з попереднім лідером.

Іншим варіантом є реалізація системи керування роєм через наземний пункт управління (рис. 2). Кожен дрон передає всю наявну інформацію в командний центр для аналізу. Ці дані включають поточні координати БпЛА, надані від вбудованих навігаційних систем, швидкість, напрям та прискорення дрона, інформацію від корисного навантаження. Задача аналізу ситуації, в якій знаходиться рій у певний момент часу, покладається на центр управління. Також він передає кожному члену рою подальші команди. При реалізації архітектури такого типу взаємодія між БпЛА у рою не передбачена. Жодні рішення не приймаються на борту дрона.

Рис. 2. Архітектура рою БпЛА, у якому реалізований зв'язок кожного дрона з центром управління

Архітектури роїв БпЛА 3 рівня автономності є достатньо функціональними і можуть використовуватися для виконання задач в агросекторі, спостережень з метою забезпечення безпеки та картографії.

Рівень 4. Четвертий рівень автономності є найвищим для БпЛА, що існують на сьогоднішній день. Дрони такого рівня самостійно аналізують дані з навколишнього середовища, що надходять від встановленого корисного навантаження. Вони здатні приймати рішення про зміну маршруту в разі наявності перешкод, можуть виконувати задачі без надходження команд ззовні. Проте при виникненні нестандартних ситуацій часто не досягають поставленої мети. Ці дрони можуть керуватися як людиною, так і без її втручання.

Основними задачею для подібних БпЛА сьогодні є пошук та слідування за певним об'єктом. Це може бути певний вид тварин, які є об'єктом дослідження, злочинці тощо.

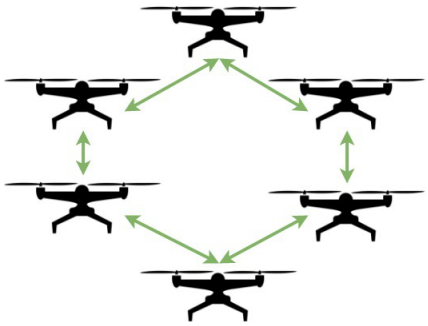
Рис. 3. Архітектура рою БпЛА без лідера та постійного зв'язку з центром управління

Рої БпЛА 4 рівня також відрізняються своєю автономністю. Вони вже не залежать від наземної станції управління. Такі дрони здатні самостійно аналізувати інформацію та обмінюватися нею (рис. 3). Комунікація відбувається лише між найближчими членами рою задля збереження енергоресурсів та зниження вимог до бортового обладнання БпЛА. Подібний рій може складатися з дронів різного типу та з різним корисним навантаженням. Задачі розподіляється між БпЛА відповідно до їх можливостей та цільових функцій.

При розробці системи взаємодії між БпЛА 4 рівня автономності часто використовують алгоритми, що існують у природі. Прикладами можуть служити мурашиний алгоритм, алгоритми рою бджіл, кажанів і навіть елементарних часток живих організмів. Усі вони використовують різні підходи

до вирішення задач, але мають схожі принципи: кожен учасник рою самостійно шукає спосіб виконання поставленої задачі, опираючись на досвід інших членів групи. При довготривалому виконанні алгоритму БпЛА скупчуються над однією або декількома найвигіднішими (найближчими, найбільшими, пріоритетними згідно початкових умов) цілями для виконання завдання.

Рівень 5. БпЛА 5 рівня автономності на даний момент існують лише в теорії. Передбачається, що вони будуть здатні самостійно виконувати поставлені задачі при будь-яких умовах. Такі БпЛА працюватимуть на основі технологій штучного інтелекту. Можливість керування ними оператором буде реалізована при необхідності й виключно у вигляді додаткової функції.

Передбачається, що система комунікації між членами рою таких БпЛА буде аналогічною до архітектури рою дронів 4 рівня автономності.

ВИСНОВКИ

Усі БпЛА можна класифікувати за шістьма рівнями автономності, ґрунтуючись на кількості функцій, які вони здатні виконувати самостійно. Враховується також необхідність залучення людини до керування дроном.

Чітко прослідковується залежність між рівнем автономності дронів та можливістю створених з них роїв. Дрони 2 та 3 рівня потребують контролю та аналізу інформації від наземної станції керування. БпЛА 4 рівня автономності можуть обмінюватися інформацією та приймати рішення самостійно.

Актуальним залишається питання створення БпЛА 5 рівня автономності, що повністю виконують поставлені задачі без втручання людини. Також активно ведеться пошук ефективних алгоритмів взаємодії між дронами у рою. Для різних сфер застосування використовуються різні архітектури рою та алгоритми комунікації між його членами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Tahir, A. Swarms of Unmaned Aerial Vehicles – A Survey / A. Tahir, H. Hagbayan, J. M. Boling, J. Piosila // Journal of Industrial Information Integration. – 2019. – V. 16. – 100106.

[2] Petryk V. F. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices / Petryk V. F., Protasov A. G., Galagan R. M., Muraviov A. V., Lysenko I. I. // Devices and Methods of Measurements. – 2020. – 11(4). – pp. 272-278.

[3] Alsadik, B. The Rise in UAV Inspections for Civil Infrastructure / B. Alsadik, F. C. Nex // GIM International. – Jun. 2021.

[4] Морозов, М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьёв // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов. – 2016. – 38 с.

[5] Campion, M. UAV swarm communication and control architectures: a review / M. Campion, P. Ranganathan, S. Faruque // Journal of Unmanned Vehicle Systems. – 2018. – 7(2). – pp. 93-106.

Наук. керівник – к.т.н., Муравйов О.В.