

УДК 629.735.33.

Башняк В.Т., Дунець В.Л., к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЯГНЕННЯ ТА ВИКЛИКИ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИКІВ

Bashniak V.T., Dunetc V.L., Ph.D., Assoc. Prof.

ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES OF DRONE DETECTION AND CLASSIFICATION

Швидкий розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА), широко відомих як дрони, приніс унікальний набір можливостей і викликів як для цивільного, так і для військового секторів. Хоча дрони довели свою корисність у таких сферах, як доставка, сільське господарство і спостереження, їхній потенціал для зловживань у вигляді незаконних вторгнень у повітряний простір, порушень права на приватність і ризиків для безпеки підвищив попит на вдосконалені системи виявлення і класифікації [1-2]. Актуальним є детальний огляд поточних удосконалень методів виявлення і класифікації безпілотників: висвітлено нові стратегії, що використовуються для вирішення проблем, пов'язаних з діяльністю БПЛА, що постійно зростають [3]. Науковцям варто досліджувати загрози і виклики, з якими стикаються безпілотники через їхню динамічну поведінку, різноманітність розмірів і швидкостей, час автономної роботи тощо. Крім того, класифікувати ключові способи виявлення, включаючи радар, радіочастотні (РЧ), акустичні та візуальні підходи, а також їхні переваги та обмеження [4]. Важливими є методи об'єднання сенсорів та інших підходів до виявлення, в тому числі бездротового зв'язку (Wi-Fi), стільникового зв'язку і мереж Інтернету речей (IoT), для підвищення точності та ефективності виявлення та ідентифікації БПЛА [5].

В останні роки в результаті постійного розвитку технологій мікро-безпілотні літальні апарати (БПЛА), які частіше називають дронами, вдосконалюють свої технічні можливості і розширюють сферу застосування. Завдяки здатності літати на великі відстані, компактності, мобільності та можливостям корисного навантаження, потенційне застосування дронів розширилося від особистого до військового використання [1]. Дрони відіграють значну роль у сучасному житті завдяки своїй низькій вартості і простоті використання в багатьох сферах повсякденного життя, від офіційної державної роботи, такої як охорона кордонів і спостереження за лісовими пожежами, до роботи в цивільному приватному секторі, такої як надання першої допомоги, ліквідація наслідків стихійних лих, моніторинг місць масового скупчення людей, сільське господарство, служби доставки, інтернет-зв'язок і загальна кінозйомка [2]. Таким чином, демократизація технології безпілотних літальних апаратів призвела до широкого визнання, зробивши небо більш доступним, ніж будь-коли раніше. Поряд з перевагами, зростаюче використання безпілотників створило суттєві проблеми у забезпеченні безпеки, конфіденційності та захисту як повітряних, так і наземних організацій [3]. Ефективні системи виявлення і класифікації безпілотників стали ключовим питанням для регуляторних органів, служб безпеки і авіаційних властей у всьому світі. Основна мета - дослідити досягнення в алгоритмах виявлення і класифікації безпілотників, які з'явилися в результаті вирішення цих питань. Зокрема представити всебічний огляд найсучасніших технологій, які зараз

використовуються або знаходяться на стадії розробки. Це включає дослідження декількох способів виявлення, таких як радар, радіочастотний (РЧ) аналіз, акустичні датчики і датчики камер, а також об'єднання цих систем у комплексні мережі виявлення. Крім того, важливими є методи об'єднання сенсорів та інших підходів до виявлення, в тому числі дактилоскопії Wi-Fi, мереж 5G і IoT, для підвищення надійності систем виявлення та ідентифікації БПЛА [4]. Основними цілями даних досліджень є:

- описати останні інциденти, пов'язані з безпілотниками, та категорії загроз;
- визначити та описати основні підходи, що використовуються для виявлення та класифікації безпілотників;
- проаналізувати переваги та обмеження різних методів;
- підкреслити фактори перешкод у реальних сценаріях для окремих сенсорних модальностей і запропонувати додаткові інтегровані підходи.

Для того, щоб забезпечити дотримання послідовного набору правил, правила використання безпілотників зараз є пріоритетними в усіх країнах. Але з розвитком технологій з'явилася можливість створювати незареєстровані дрони на замовлення, які можуть літати в заборонених зонах. За останні роки в ЗМІ було зафіксовано численні інциденти та події, пов'язані з використанням дронів, що літають поблизу життєво важливих об'єктів інфраструктури, над місцями з обмеженим доступом або під час важливих публічних зібрань. Щоб продемонструвати необхідність системи виявлення безпілотників, нижче ми коротко обговоримо кілька категорій загроз у контексті конкретних інцидентів.

Останнім часом горизонт використання дронів стрімко розширився від військової сфери до «розумного» сільського господарства. Оскільки використання дронів поширюється в різних галузях, здатність ефективно виявляти та ідентифікувати їх стає все більш важливою для того, щоб уникнути незаконної або шкідливої діяльності дронів. Мотивація для цього дослідження випливає зі зростаючого використання дронів і небезпек, які вони несуть для приватності, безпеки і захисту. Дослідження в цьому напрямку мають важливе значення, оскільки надає сучасний і актуальний огляд технологій виявлення безпілотників, які є життєво важливими для національної безпеки, приватності та захисту. Дрони слугують засобом доставки різного корисного вантажу, такого як GPS-пристрої, інфрачервоні камери, батареї та датчики. Дрони, здатні здійснювати польоти на великі відстані, мати велику вантажопідйомність, а також бути стійкими до вітру і погодних умов, можуть слугувати засобом для транспортування небезпечних вантажів.

Огляд сучасних методів виявлення і класифікації безпілотників вказує на те, що ця сфера швидко розвивається і характеризується значним технологічним прогресом і новими підходами. Швидкий розвиток використання БПЛА викликав серйозні питання щодо конфіденційності, безпеки та захисту. Як наслідок, розробка ефективних алгоритмів виявлення БПЛА стала критично важливою. Важливо досліджувати підходи до виявлення БПЛА, таких як радіолокаційні, акустичні, радіолокаційні та візуальні підходи. Проте існують також проблеми, такі як: різноманітність розмірів і швидкостей дронів, їхня динамічна поведінка і схожість з іншими літаючими об'єктами, а також обмежений час автономної роботи роблять завдання виявлення ще складнішим. Крім того, різні фактори перешкод у реальних умовах, включаючи несприятливі погодні умови і освітлення, міські локації з великою кількістю перешкод, таких як будівлі і дерева, навколишній і фоновий шум, вітер, наявність сигналів бездротового зв'язку від джерел Wi-Fi і Bluetooth, відлуння птахів тощо, створюють унікальні виклики для кожного способу виявлення.

Література

1. Taha, B., & Shoufan, A. (2019). Machine learning-based drone detection and classification: State-of-the-art in research. *IEEE Access*, 7, 138626-138646.
2. Seidaliyeva, U., Iipbayeva, L., Taissariyeva, K., & Smailov, N. (2023). Advances and challenges in drone detection and classification techniques: A state-of-the-art review. *Sensors*, 24(1), 125.
3. Rajendran, S., & Pollin, S. (2021). Combined RF-based drone detection and classification. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(2), 1575-1583.
4. Coluccia, A., Parisi, G., & Fascista, A. (2020). Detection and classification of multirotor drones in radar sensor networks: A review. *Sensors*, 20(15), 4172.
5. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. L. Khvostivska, M. Khvostivskyy, V. Dunetc, I. Dediv. *CEUR Workshop Proceedings. 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2022 Ternopil 22- 24 November 2022*. Том 3309, с. 314-318.
6. Дедів І.Ю., Атаманчук А.В. Метод виявлення та ідентифікації БПЛА з застосуванням нейронної мережі. Зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. – с. 160-162.