

МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІ БПЛА ЗА АКУСТИЧНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Литвин Д.М.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,
м. Харків, Україна

тел. (057) 702-15-87 e-mail: dmytro.lytvyn2@nure.ua

In recent years, attention has been paid to the problem of detecting small unmanned aerial vehicles (UAVs). Due to their small size and low speed, they are often difficult to detect visually or using radar sensors. Therefore, detection and identification of UAVs by their acoustic emissions is relevant. Algorithms for identifying UAVs by acoustic radiation are considered. To minimize the shortcomings of the considered methods, it was proposed to use machine learning algorithms to create UAV detection and identification systems.

В останні роки увага зосереджується на проблемі виявлення БПЛА. Оскільки проблеми, пов'язані з неправомірним використанням БПЛА, стають все більш актуальними в сучасному світі. Хоча БПЛА мають безліч корисних застосувань, таких як зйомка важкодоступних територій та допомога в рятувальних операціях, їх недоцільне використання може призвести до серйозних наслідків. Зокрема дуже актуальним на сьогодні є ідентифікація і визначення місцезнаходження БПЛА, що використовуються у військових цілях. Завдяки їхнім невеликим розмірам та низькій швидкості, їх часто важко виявляти візуально або за допомогою радарних сенсорів. В зв'язку із цим актуальним є ідентифікація БПЛА за допомогою його акустичного випромінювання.

Кожен БПЛА створює акустичний сигнал, який залежить від загальної конструкції: типу двигуна, характеристик повітряного гвинта тощо. Спектр акустичного випромінювання включає декілька гармонійних та широкосмугових складових. Акустичний сигнал безпілота складається з шуму: двигуна, обертання гвинта, механічних деталей. Спектри акустичного сигналу БПЛА мають точно виражені гармоніки, що кратні частоті руху гвинта. Мікрофони приймають акустичний сигнал, який генерують БПЛА під час польоту.

Використання антенних решіток з кількох мікрофонів дозволяє ефективніше виявляти звукові сигнали з метою подальшого аналізу для точної ідентифікації типу БПЛА по характерним ознакам акустичного випромінювання [1].

Розпізнавання акустичних сигналів, які генерують БПЛА, включає обробку сигналу та його класифікацію. Для цього використовують різні ме-

тоди, наприклад метод спектрального аналізу, метод мел-частотних кепстральних коефіцієнтів, метод фрактальної розмірності тощо. Кожен метод має певні переваги та недоліки.

Спектральний аналіз є одним з найбільш ефективних та поширених методів обробки акустичних даних. Він має переваги у виявленні характерних частот та зменшенні впливу зовнішнього шуму [2]. Але до недоліків цього методу можна віднести складність виявлення акустичних ознак БПЛА у сигналі зі зростанням відстані до аналізуємого об'єкту.

Дослідження складних коливань, до яких відносяться і звукові сигнали БПЛА, шляхом аналізу відповідних фазових портретів та фрактальної розмірності дає більше інформації, ніж спостереження спектрів при спектральному аналізі [3]. Невеликий рівень акустичного сигналу БПЛА та широка смуга частот з невизначеною структурою перешкод може ускладнювати аналіз.

Метод мел-частотних кепстральних коефіцієнтів (MFCC) широко використовується, наприклад, у системах розпізнання мови. До його переваг у порівнянні з попередніми методами можна віднести меншу чутливість до шумів навколишньої середовища та незалежність отриманого вектору ознак від довжини початкового фрагменту аналізованого сигналу [3]. Але цей метод має складності по ідентифікації БПЛА на великих відстанях.

Саме для боротьби із недоліками акустичного методу виявлення БПЛА використовують алгоритми машинного навчання. Використання штучних нейронних мереж (ШНМ) може автоматизувати процес ідентифікації типу БПЛА за допомогою аналізу системою акустичних сигналів та підвищити достовірність отриманих результатів. Також, алгоритми машинного навчання активно використовуються в програмних продуктах з метою відокремлення шумів та прогнозування акустичного сигналу [4].

Для навчання нейронної мережі з метою розпізнавання різних типів БПЛА необхідна велика кількість початкових даних, яка дозволить підготувати базу шаблонів. Цей процес навчання підвищує точність і надійність виявлення БПЛА [5].

Важливо відзначити, що ідентифікація БПЛА за акустичним випромінюванням – це складний процес, який вимагає комплексного підходу. Серед основних недоліків різних методів визначення БПЛА можна назвати високу чутливість до шумів навколишньої середовища та малу максимальну дальність визначення БПЛА.

Для мінімізації цих недоліків рекомендовано використовувати для аналізу отриманих даних акустичного випромінювання програмні системи, які беруть за основу алгоритми машинного навчання. Максимального ефекту для визначення типу БПЛА можна досягти за наявності у базі шаблонів, що використовується для навчання нейронних мереж, великої кількості характерних ознак як акустичних сигналів різних типів БПЛА, так й інших акустичних сигналів зовнішнього середовища, які можуть викликати

помилкове розпізнавання.

Список використаних джерел

1. Smith, J., et al. Advancements in Radar Technology for Drone Detection // Journal of Aerospace Technology. 2022. Vol. 14, No 3. P. 210-228.
2. Заславский Ю. М., Заславский В.Ю. Акустический шум низколе-тящего квадрокоптера // Noise Theory and Practice. 2019. Вип. 3. С. 21- 27.
3. Даник Ю.Г., Пулеко І.В., Топольницький П.П., Чуб С.В. Проблеми застосування угруповань малих безпілотних літальних апаратів мультикоптерного типу для вирішення військових завдань // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. пр. - Житомир: ЖВІ НАУ. 2013. Вип. 8. С. 98-105.
4. Brown, M., et al. Acoustic Sensor Networks for UAV Detection: Challenges and Opportunities // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. 2023. Vol. 19, No 1. P. 112-130.
5. Yu X., Zhang Y. Sense and avoid technologies with applications to unmanned aircraft systems: Review and prospects // Progress in Aerospace Sciences. 2015. No. 74. P. 152–166.
6. Карташов В.М., Олейніков В.М., Шейко С.О., Бабкін С.І., Коритцев І.В., Зубков О.В. Використання акустичної сигнатури для виявлення, розпізнавання та пеленгації малих безпілотних літальних апаратів. Радіотехніка: Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. 2018. – Вип. 195. – С. 235 – 243.
7. Олейніков В.М., Зубков О.В., Карташов В.М., Коритцев І.В., Бабкін С.І., Шейко С.О. Дослідження ефективності виявлення та розпізнавання малорозмірних безпілотних літальних апаратів за їх акустичним випромінюванням. Радіотехніка: Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. 2018. - №195. - С. 209-217.
8. Олейніков В.М., Карташов В.М., Шейко С.О., Зубков О.В., Олейнікова О.І. Визначення місця положення малорозмірних безпілотних літальних апаратів за акустичним випромінюванням. Радіотехніка: Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. 2022. № 210, С. 113-127.