

УДК 623.746.-519: 004.89.

А.В. Атаманчук, І.Ю. Дедів, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ БПЛА З ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

A.V. Atamanchuk, I.Y. Dediv, Ph.D

METHOD OF DETECTION AND IDENTIFICATION UAV WITH USING A NEURAL NETWORK

На сьогоднішній день, в умовах жорстоких воєнних дій, які відбуваються на території України, важливим є виявлення та знищення ворожих безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які використовують для ведення повітряної розвідки — як тактичної, так і стратегічної, для коригування вогневих ударів по наземних цілях, як ударні та дрони-камікадзе. Жодна держава не готова протистояти спланованим атакам БПЛА. Традиційні види озброєння ППО розраховані на великі і віддалені цілі, в той час як сучасні безпілотники складаються з нано-, мікро- і міні-апаратів, що літають на малих висотах. Тому, розробка методів виявлення та ідентифікації БПЛА є актуальним завданням.

Для виявлення БПЛА в сучасних умовах застосовують ряд методів: оптичний, радіолокаційний, радіочастотний, інфрачервоний, лідар та акустичний. Порівняльний аналіз використання цих методів представлено в таблиці 1. Як видно з аналізу, кожен з методів має, як позитивні сторони, так і недоліки. Зокрема, при використанні оптичного методу, камери іноді можуть не ідентифікувати присутність БПЛА, оскільки, вони можуть бути дуже малих розмірів та можуть маскуватись в навколишньому середовищі, радарі також важко відбивають сигнали від малої цілі, а автономні дрони можуть обходити радіовиявлення. Також, більшість методів відрізняються високою вартістю обладнання, яке використовується для виявлення та ідентифікації БПЛА та умовою наявності прямої видимості безпілотника.

Табл. 1. Порівняльний аналіз методів виявлення БПЛА

Принцип роботи датчика	Максимальна дальність, м	Фактори які впливають на якість роботи	Особливості функціонування	Робота в режимі радіомовчання
Акустичний	100-1000	Шум зовнішнього середовища	-	Так
Оптичний	500-600	Освітлення, погодні умови (туман, опади)	Потрібна наявність прямої видимості	Так
Інфрачервоний	500-600	Погодні умови (туман, опади)	Потрібна наявність прямої видимості	Так
Лідар	1000	Погодні умови (туман, опади)	Потрібна наявність прямої видимості	Ні
Радіолокаційний	>2000	Розмір БПЛА (ефективна площа розсіювання)	Потрібна наявність прямої видимості	Ні
Радіочастотний	2000	Потужність випромінювання передавача на БПЛА	БПЛА який керується дистанційно, можливо виявити до зльоту	Так

Сумарний спектр акустичного випромінювання тактичного БПЛА при використанні акустичного методу обумовлений гармонійними і широкосмуговими складовими. Він включає в себе гармонійні складові випромінювання двигуна, шуму обертів гвинта, випромінювання механічної природи, а також високочастотну і низькочастотну складові шуму двигуна з безперервними по частоті спектрами.

Тому, запропонований метод, структура, якого представлена на рис. 1, передбачає обробку звукових сигналів з навколишнього середовища, що дає

можливість виявлення та ідентифікації БПЛА за шумами, які виникають під час його роботи та ідентифікація його, за відповідними параметрами сигналів, які змінюються, залежно від типу безпілотної літальної апаратури.

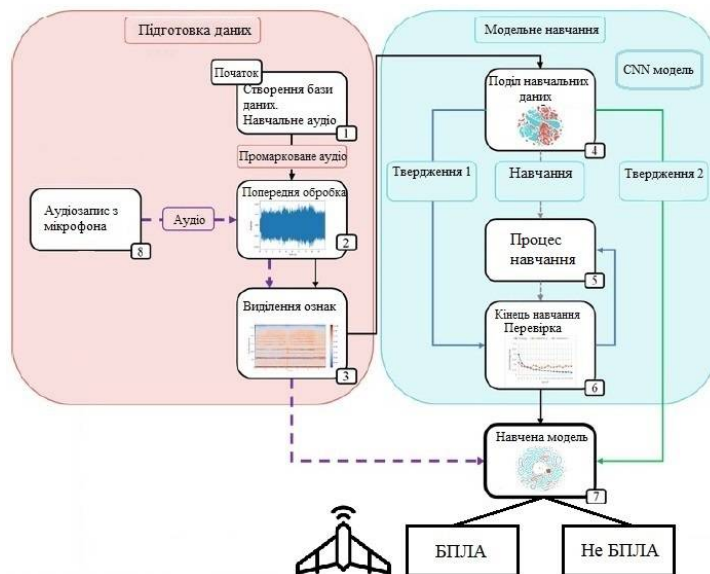


Рисунок 1. Структура методу виявлення та ідентифікації БПЛА
 Відповідно до структури, метод передбачає застосування таких етапів:

1. Створення бази даних:
 - пошук звукових сигналів: безпілотної літальної апаратури, інших звукових сигналів зовнішнього середовища, які можуть викликати помилкове спрацювання;
 - маркування сигналів на 2 класи: БПЛА, не БПЛА.
2. На вхід системи надходить звуковий сигнал, який підлягає попередній обробці, що включає такі етапи:
 - перетворення звукового сигналу на двоканальний;
 - застосування передискретизації сигналу до частоти 44,1 кГц;
 - стандартизація тривалості сигналу до фіксованої тривалості - 4 секунди.
3. На наступному етапі проводиться виділення ознак:
 - звук перетворюється на спектрограму, що складається з 257 відліків частоти, за допомогою короточасного перетворення Фур'є (STFT) із розміром вікна 25 мс та перекриттям вікна Ганна 10 мс.
 - спектрограма перетворюється на Mel-спектрограму з 64 ділянками.
4. Mel-спектрограми передаються, як окремі вхідні дані попередньо навченим моделям CNN (згортоква нейронна мережа).
5. Моделі CNN створюють вектор ознак для кожної Mel-спектрограми.
6. Навчена модель підтверджує гіпотезу, щодо того, чи являється вхідний звуковий сигнал з класу БПЛА чи не БПЛА.

В основі представленого методу лежить опрацювання звукових сигналів, які виникають в процесі роботи двигуна та інших складових БПЛА. Метод не потребує прямої видимості безпілотної літальної апаратури для його виявлення. Також, використання нейронної мережі, дає можливість автоматизувати процес виявлення та ідентифікації БПЛА та підвищити достовірність отриманих результатів.

Література:

1. Casabianca P., Zhang Y. Acoustic-Based UAV Detection. Loughborough University 2021.- 54с