

2. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Communications of the ACM. 2008. URL: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/uk//archive/mapreduce-osdi04.pdf> (дата звернення: 28.11.2024).

3. Walmart Global Tech. Using Data to Enhance Supply Chain Efficiency. URL: https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/walmarts-ai-powered-inventory-system-brightens-the-holidays.html (дата звернення: 28.11.2024).

4. Ткачук Н. О., Січко Т. В. Застосування Від Data у бізнесі. *Комп'ютерні технології обробки даних*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 2022. С. 224–226.

5. Підруцький Д. А., Січко Т. В. Big Data в обробці і аналізі даних з різних сфер. *Комп'ютерні технології обробки даних*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 2023. С. 183–187.

УДК 681.327.8

*Поліщук В. С., здобувач вищої освіти.
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук,
професор, професор кафедри
інформаційних технологій*

РОЗРОБКА МОДЕЛІ АКУСТИЧНОГО ЛОКАТОРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДРОНІВ СУПРОТИВНИКА НА НИЗЬКИХ ВИСОТАХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

На тлі сучасної воєнної агресії проти України однією з ключових проблем національної системи протиповітряної оборони є ефективне виявлення низьковисотних повітряних цілей супротивника, як-от безпілотні літальні апарати (БПЛА) і крилаті ракети. Ці загрози характеризуються малою радіолокаційною помітністю, маневреністю, використанням важкопрохідної місцевості для запобігання виявленню і зниження ефективності звичайних радіолокаційних систем. У таких ситуаціях багатообіцяльним рішенням стають акустичні локатори, засновані на розподілених мікрофонних мережах. Завдяки здатності виявляти звукові хвилі від двигуна і аеродинамічні шуми така система дає змогу точно визначати місце розташування повітряних цілей навіть у складних ситуаціях [1]. Розробка моделей акустичних локаторів для виявлення повітряних цілей передбачає створення ефективної мережі мікрофонів, оптимально розміщених на вишках зв'язку для забезпечення максимального охоплення місцевості. Для точного визначення координат джерела звуку використовується алгоритм розрахунку часу, за який звукові хвилі досягають кожного мікрофона. Це допомагає обробляти дані в режимі реального часу з урахуванням впливу шуму, погодних умов та інших перешкод. Розроблена модель повинна бути інтегрована з наявною системою протиповітряної оборони, що дасть змогу своєчасно передавати координати виявлених цілей для їх оперативного знищення [2].

Використання акустичних локаторів особливо ефективно під час виявлення цілей з низькою радіолокаційною помітністю, як-от безпілотні літальні апарати, оскільки система не залежить від рельєфу місцевості або наявності перешкод, що обмежують роботу радару. До того ж використання наявної телекомуні-

каційної інфраструктури знижує витрати на впровадження системи. Створення такої моделі забезпечить підвищення ефективності виявлення авіаційних цілей, скорочення часу реагування систем протиповітряної оборони та підвищення рівня безпеки повітряного простору України. Впровадження акустичних локаторів могло б стати важливим кроком у зміцненні обороноздатності держави захисту населення і критично важливої інфраструктури від сучасних загроз з повітря [3].

Очікуючи результатів під час розробки моделі акустичного локатора, ми можемо ефективно інтегрувати акустичний локатор з наявними системами протиповітряної оборони і забезпечити своєчасне реагування на загрози. Розробка математичних моделей і алгоритмів, що допомагають виявляти повітряні цілі з похибками в межах допустимих значень для військових систем, а також підвищення здатності ППО України ефективно діяти проти супротивника в умовах складної обстановки, зокрема у випадках інтенсивного використання БПЛА відображені на рис. 1.

```

1  import numpy as np
2  from scipy.optimize import minimize
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  from matplotlib.animation import FuncAnimation
5
6  # -----
7  # 1. Вхідні дані
8  # -----
9
10 # Координати телекомунікаційних вишок (мікрофонів)
11 mic_positions = np.array([
12     [0, 0],      # Вишка 1
13     [0, 100],    # Вишка 2
14     [100, 0],    # Вишка 3
15     [100, 100]   # Вишка 4
16 ])
17
18 # Справжні положення кількох джерел звуку (дрони)
19 targets = [
20     np.array([50, 75]), # Дрон 1
21     np.array([30, 20]), # Дрон 2
22     np.array([80, 90])  # Дрон 3
23 ]
24
25 # Швидкість звуку (м/с)
26 speed_of_sound = 343 # при 20°C
27
28 # Радіус дії мікрофонів (у метрах)
29 mic_range = 120
30
31 # -----
32 # 2. Розрахунок часу прибуття сигналу

```

Рисунок 1 – Частина коду акустичного локатора

Цей код демонструє можливість акустичного локатора для виявлення низьковисотних повітряних цілей, як-от безпілотні літальні апарати. Реалізація додає імітацію реальної роботи мікрофона з урахуванням його дальності дії, шуму сигналу, динамічного переміщення цілі, а також перевірки небезпеки і передачі інформації в систему ППО.

1. Візуалізуємо роботу системи акустичного локатора. Ви можете побачити, як мікрофон фіксує рух дронів і як оцінює їх місцезнаходження.

2. Змодельюємо рух дронів. Цілі рухаються по заданих траєкторіях, і система постійно оновлює їх координати.

3. Виявляємо небезпечні об'єкти. Коли безпілотник наближається до центру (наприклад, критичної зони), система попереджає про небезпеку.

4. Передаємо дані на ППО. Інформація про виявлені цілі передається умовно на засоби протиповітряної оборони.

Нижче наведено зображення роботи цього коду, на якому демонструється, як система виявляє безпілотники, оцінює їх місцезнаходження та відображає їх у реальному часі (рис. 2–3).

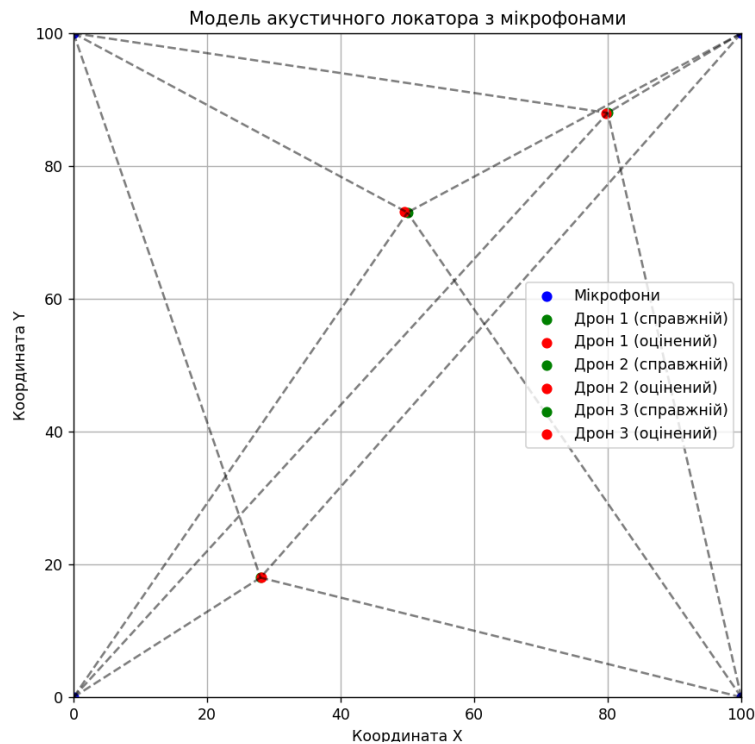


Рисунок 2 – Акустичний локатор для виявлення дронів

```
Попередження! Ворожий дрон на відстані 25.20 м.
Передача даних на ППО:
- Координати дрона: [49.79623496 75.19756735]
- Координати дрона: [29.78084751 19.72523615]
- Координати дрона: [79.82194196 89.52580434]
Інформація успішно передана!
```

Рисунок 3 – Результати акустичного локатора для виявлення дронів

Розробка та впровадження акустичних локаторів зробить значний внесок у захист неба в Україні, допоможуть знизити жертви серед цивільного населення та критично важливої інфраструктури, а також зміцнять обороноздатність країни. Створюючи мобільні та стаціонарні акустичні засоби на основі розробленої моделі, її можна адаптувати до різних умов, особливо в місцях, де немає стаціонарної інфраструктури. Впровадження цієї системи стане важли-

вим кроком для зміцнення обороноздатності України та забезпечення безпеки національного повітряного простору.

Список використаних джерел

1. Технології виявлення та протидії дронам на сьогоднішній день. *Bezpeka.club*. 2022. URL: <https://bezpeka.club/10-technologies-for-detecting-counter-drones> (дата звернення: 24.11.2024).
2. Development of an Acoustic System for UAV Detection. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4870> (дата звернення: 24.11.2024).
3. Low-Altitude UAV Surveillance System via Highly Sensitive Distributed Acoustic Sensing. IEEEExplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10667006> (дата звернення: 24.11.2024).

УДК 004.8:711.4:656

*Семен О. Д., здобувач вищої освіти,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук,
професор, професор кафедри
інформаційних технологій*

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Зі зростанням урбанізації міста стикаються з проблемами перевантаження транспортних мереж, забруднення довкілля та неефективного використання інфраструктури. Згідно з дослідженнями, у великих містах водії витрачають до 30 % часу у заторах. Інтеграція штучного інтелекту у транспортні системи дає змогу автоматизувати управління потоками, прогнозувати завантаженість доріг, оптимізувати маршрути та зменшити екологічний вплив.



Рисунок 1 – Приклад роботи системи передбачення заторів