

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"

Радіотехнічний факультет

ЗВІТ

З ПРАКТИКИ

Тема:

«Система виявлення радіовипромінювання БПЛА»

Виконала:

Студентка 4 курсу, групи РЕ-02

Гайдай Л. Р.
(Прізвище І.П.)


Підпис

Звіт прийняв:

Антипенко Р. В.


Підпис

(Прізвище І.П. наукового керівника)

« ____ » _____ 2024 р.

Приходько І. О.

(Прізвище І.П. керівника практики
від кафедри)


Підпис

« ____ » _____ 2024 р.

Київ – 2024 р

ЗМІСТ

Зміст	2
Вступ	3
1 Огляд існуючих рішень.....	5
1.1 Огляд методів радіовипромінювання БПЛА.....	5
1.2 Огляд існуючого рішення.....	6
1.2.1 Варіанти реалізації комплексу	7
1.2.2 Комплектуючі та складові системи	8
2 Методика проведення дослідження.....	10
2.1 Етапи дослідження	10
2.2 Необхідні засоби для проведення дослідження	11
3. Вибір та обґрунтування засобів та методів дослідження.....	12
3.1 Вибір досліджуваних методів радіопеленгування	12
3.2 Організація дослідження та ресурси	12
Висновки.....	14
Перелік джерел посилань.....	15

ВСТУП

В останні роки розвиток технологій зробив значний прорив у багатьох галузях, зокрема у сфері технологічного зв'язку. Одним із прикладів є безпілотні літальні апарати (БПЛА), які стали важливим інструментом у різних сферах діяльності людини. Вони використовуються у військових операціях, у сільському господарстві, для наукових досліджень, охорони навколишнього середовища, логістики та навіть для розваг.

Разом із збільшенням сфер застосування БПЛА зростає і необхідність їх контролю та моніторингу. Використання БПЛА становить серйозну загрозу для громадської безпеки, приватного життя та національної безпеки. Тому розробка ефективних систем виявлення БПЛА є дуже важливою та актуальною задачею.

Одним із методів виявлення БПЛА є аналіз радіовипромінювання. Це метод, який дозволяє визначити напрямок розташування БПЛА за допомогою аналізу радіосигналів, що випромінюються пристроєм під час його роботи. Такий підхід має ряд переваг, зокрема високу точність і можливість роботи в умовах поганої видимості.

У цьому звіті показано результати виконаного дослідження, присвячене розробці системи виявлення радіовипромінювання від БПЛА. Основна увага приділяється актуальності цієї проблеми, методам дослідження та результатам, отриманим під час практики.

Актуальність дослідження

З розвитком БПЛА їх використання стає дедалі більш поширеним як у цивільному, так і у військовому секторах. БПЛА використовуються для розвідки, спостереження, доставки вантажів та інших. Однак зростання кількості БПЛА також призводить до збільшення загроз безпеці, зокрема використання БПЛА для військових дій. У зв'язку з цим, розробка ефективних систем виявлення радіовипромінювання від БПЛА стає надзвичайно актуальною задачею для забезпечення безпеки та захисту важливих об'єктів.

Метою дослідження є аналіз та оцінка ефективності існуючих методів виявлення радіовипромінювання від БПЛА та розробка нового алгоритму для

ідентифікації та відстеження БПЛА, з метою попередження та нейтралізації потенційних загроз.

Об'єктом дослідження є БПЛА та їх радіовипромінювання. Вивчаються параметри випромінювання, які можуть бути використані для виявлення БПЛА, зокрема частотні діапазони, потужність сигналу та інші характеристики.

Предметом дослідження є методи виявлення радіовипромінювання БПЛА. Це включає аналіз існуючих систем виявлення, розробку нового алгоритму для ідентифікації радіосигналів від БПЛА.

Методи дослідження: теоретичний аналіз наукової літератури про виявлення радіовипромінювання, експериментальне дослідження для виявлення та аналізу радіосигналів, аналіз вхідних та вихідних даних для визначення точності та надійності розробленої системи.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд методів радіовипромінювання БПЛА

Огляд існуючих рішень у сфері виявлення радіовипромінювання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дозволяє зрозуміти поточний стан технологій, виявити їхні переваги та недоліки, а також визначити напрями для подальших досліджень і розробок.

Методи виявлення радіовипромінювання БПЛА:

1. Радіочастотний аналіз

Радіочастотний аналіз дозволяє визначати частотні характеристики сигналів, що випромінюються БПЛА, а також виявляти можливі джерела завад. Це критично важливо для забезпечення безпеки та ефективності роботи систем зв'язку та навігації БПЛА. Аналіз спектра радіовипромінювання допомагає у виявленні та ідентифікації різних типів сигналів, що може бути корисним для моніторингу та контролю БПЛА в режимі реального часу [1].

2. Радіопеленгація

Радіопеленгація є важливим методом для визначення місцезнаходження радіоджерел, таких як БПЛА. Цей метод включає використання антен та приймачів для визначення напрямку на джерело сигналу, що дозволяє виявляти та відстежувати рухомі об'єкти, що випромінюють радіосигнали.

Радіопеленгація використовує різні алгоритми та техніки, включаючи методи триангуляції та кореляційного аналізу, для точного визначення координат джерела випромінювання. Це дозволяє не лише виявляти БПЛА, але й забезпечувати їх супровід та моніторинг, що є важливим для забезпечення безпеки та контролю повітряного простору [2].

3. Спектральний аналіз

Спектральний аналіз є ключовим методом для дослідження та обробки радіовипромінювань БПЛА. Він базується на перетворенні сигналу з часової області в частотну за допомогою швидкого перетворення Фур'є, що дозволяє виявити частотні компоненти сигналу. Це особливо корисно для ідентифікації

частот, на яких працює БПЛА, та для виявлення завад. Використання віконних функцій та методів оцінки потужності сигналу допомагає зменшити витік спектра та покращити точність аналізу.

Спектральний аналіз дозволяє ідентифікувати тип та модель БПЛА, визначити енергетичні характеристики сигналу та виявляти можливі радіозавади. Це робить його незамінним інструментом для моніторингу та контролю БПЛА в реальному часі, підвищуючи безпеку та ефективність їх використання [1].

4. Методи машинного навчання та штучного інтелекту

Для підвищення точності та ефективності аналізу радіовипромінювань БПЛА використовуються сучасні методи машинного навчання та штучного інтелекту. Це включає алгоритми кластеризації, класифікації та регресії, які можуть допомогти у виявленні аномалій та ідентифікації типів сигналів [3].

Одним із методів глибокого навчання, який може бути використаний для аналізу складних сигналів, таких як радіовипромінювання від БПЛА, це глибокі нейронні мережі, які здатні автоматично виявляти суттєві особливості у великих обсягах даних, що робить їх особливо корисними для задач розпізнавання та класифікації сигналів [4].

Також підкреслюється важливість інтеграції методів машинного навчання з традиційними методами обробки сигналів для підвищення ефективності аналізу. Це включає використання технік навчання з підкріпленням, ансамблевих методів та гібридних моделей, що дозволяє значно покращити результати аналізу радіосигналів БПЛА [5].

1.2 Огляд існуючого рішення

У сучасних військових операціях збройні сили стикаються зі значними викликами, одним з найактуальніших з яких є боротьба з ворожими БПЛА. Застосування БПЛА стало невід'ємною частиною сучасної військової стратегії, а їх використання для розвідки, спостереження та нападу є загальновідомим. У цих ситуаціях контроль за переміщенням БПЛА та своєчасне реагування на їхні дії є

ключовим завданням для забезпечення безпеки військових об'єктів та життя військовослужбовців.

Даний огляд присвячений розгляду системи моніторингу БПЛА противника, що базуються на використанні систем пеленгування та сучасних технологій радіоелектронної боротьби (РЕБ). Метою даного дослідження є вивчення можливих варіантів реалізації такої системи, її компонентів, технічних характеристик та можливостей застосування.

Якість і ефективність використовуваних компонентів і програмного забезпечення, а також варіанти реалізації в різних умовах мають велике значення при впровадженні систем моніторингу БПЛА. Цей огляд має на меті описати та проаналізувати ключові аспекти побудови такої системи, допомогти зрозуміти її природу та визначити найкращий спосіб реалізації на практиці.

Продуктивне вивчення цього огляду дозволить краще зрозуміти сучасні технології управління БПЛА та визначити можливості їх застосування в контексті безпеки та оборони.

Цей комплекс спрямований на забезпечення контролю за БПЛА противника з метою мінімізації ризиків від їх застосування. Основні завдання комплексу включають: виявлення та моніторинг руху БПЛА, визначення типів залежно від їхньої частоти, напрямку та приблизній відстані переміщення в реальному часі.

1.2.1 Варіанти реалізації комплексу

Розглянемо декілька варіантів реалізації такого комплексу.

Варіант 1: Простий спосіб

У цьому варіанті ви можете легко почати зі створення системи контролю за БПЛА противника, навіть якщо ви новачок у цій сфері. Цей спосіб передбачає:

1. Придбання приймача SDR: вам потрібно закупити приймач SDR, який є ключовим компонентом вашої системи. Варто обрати надійний та сумісний з використовуваною програмою.

2. Підключення до комп'ютера: підключіть приймач SDR до вашого комп'ютера. Це можна зробити за допомогою USB-порту або іншого відповідного з'єднання.

3. Встановлення програмного забезпечення: завантажте та встановіть програму SDR#, яка дозволить вам працювати з приймачем SDR та обробляти отримані сигнали.

4. Підключення підсилювача сигналів (LNA): для поліпшення чутливості приймача, підключіть малошумний підсилювач сигналів (LNA), який допоможе отримувати сигнали з більшої відстані.

5. Встановлення антени: проведіть кабель від підсилювача до місця, де ви збираєтеся встановити антену. Забезпечте стійку підставу та налаштуйте антену для оптимального отримання сигналів.

Варіант 2: Віддалене керування

Якщо вам потрібно керувати системою з віддаленого місця, ви можете вибрати цей варіант, який передбачає:

1. Збір комплектуючих за першим варіантом: виконайте всі кроки, описані в першому варіанті, для створення базової системи контролю за БПЛА.

2. Встановлення програми віддаленого керування: на комп'ютер, що перебуває в іншому місці, встановіть програму віддаленого керування, наприклад, ТімВьювер.

3. Підключення до системи: Забезпечте стабільний канал зв'язку, такий як модем LTE, і встановіть зв'язок між віддаленим комп'ютером та системою контролю.

Обидва варіанти можуть бути успішно використані для реалізації вашої системи моніторингу за БПЛА противника. Вибір між ними залежить від вашого рівня досвіду, технічних можливостей та конкретних вимог вашого проекту.

1.2.2 Комплектуючі та складові системи

- Основна система - SDR приймач.

- Програмне забезпечення: безкоштовне програмне забезпечення SDR# можна завантажити з веб-сайту AirSpy.
- Малошумний підсилювач з коефіцієнтом підсилення 20 дБ.
- Корпус, доступний в інтернеті.
- Кабель (SMA male - SMA male). Можна придбати в інтернеті.
- Перехідник для переходу з SMA на "товстий кабель" з роз'ємом типу N.
- Підсилювач потрібно підключити до живлення через кабель TypeC-USB.
- Кабель від приймача до антени повинен бути якомога коротшим оскільки частоти вище 800 МГц сильно згасають у кабелі. Пропонуємо кабель RG8 або LMR400, рекомендована довжина не більше 10-20 метрів.
- Підсилювач має бути підключений до антени і живитися через кабель за технологією BIAS TEE.
- Антени є важливим компонентом системи моніторингу БПЛА і визначають ефективність виявлення цілей. Розглянемо два типи антен, які можуть бути використані в цій системі:
 - Спрямовані антени: мають вузьку діаграму спрямованості і, як правило, використовуються для точного визначення цілей у певному напрямку; для спостереження за БПЛА рекомендується використовувати спрямовану антену, спрямовану в бік противника. Це логіперіодичні або секторні антени.
 - Кругові антени: вони мають широку діаграму спрямованості і зазвичай використовуються для моніторингу широкого діапазону частот. Вони не такі точні, як спрямовані антени, але корисні для загального моніторингу та виявлення БПЛА на великій території.

Обидва типи антен мають переваги та обмеження, і їх вибір залежить від конкретних потреб та умов використання: важливо враховувати частотний діапазон, діаграму спрямованості та коефіцієнт підсилення антени при виборі найкращого типу для системи моніторингу БПЛА [6].

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Етапи дослідження

Дослідження на тему «Система виявлення радіовипромінювання БПЛА» включатиме наступні етапи:

1. Огляд літератури та аналіз існуючих рішень:
 - Проведення детального огляду наукової та технічної літератури з тематики виявлення радіовипромінювань БПЛА.
 - Аналіз існуючих методів та систем для виявлення радіовипромінювань, включаючи їхні переваги та недоліки.
2. Визначення вимог до системи:
 - Формулювання основних вимог та критеріїв до системи виявлення радіовипромінювань БПЛА.
 - Визначення параметрів, таких як діапазон частот, чутливість приймача, точність виявлення сигналів.
3. Моделювання та симуляція:
 - Програмне моделювання системи виявлення.
 - Проведення комп'ютерних симуляцій для оцінки ефективності обраних методів та алгоритмів.
4. Розробка апаратного та програмного забезпечення:
 - Вибір та налаштування апаратних компонентів системи, включаючи антени, приймачі сигналів.
 - Розробка програмного забезпечення для обробки сигналів та візуалізації результатів виявлення.
5. Експериментальні дослідження:
 - Проведення польових випробувань системи в реальних умовах з використанням генератора та антени.
 - Збір та аналіз даних для оцінки ефективності та точності роботи системи.
6. Аналіз результатів та вдосконалення системи:

- Аналіз результатів експериментальних досліджень та виявлення можливих недоліків системи.
- Вдосконалення апаратного та програмного забезпечення на основі отриманих даних.

7. Документування та звітність:

- Підготовка детального звіту про проведене дослідження, включаючи опис методів, експериментальні результати та висновки.
- Оформлення джерел інформації та презентація результатів.

2.2 Необхідні засоби для проведення дослідження

Для проведення досліджень на дану тему необхідні:

- Реальні (збережені) дані радіовипромінювань БПЛА в зовнішньому середовищі;
- Готові комп'ютерні моделі систем виявлення радіовипромінювань для аналізу роботи в змінному середовищі та тестування роботи алгоритмів;
- Програмні засоби для моделювання радіосигналів, обробки даних, візуалізації та аналізу інформації, розробки алгоритмів машинного навчання (наприклад, Python);
- Доступ до документації та дослідницьких робіт, що стосуються виявлення радіовипромінювань та технологій БПЛА.

3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір досліджуваних методів радіопеленгування

Для дослідження обрано метод радіопеленгування, який дозволяє ефективно виявляти та визначати напрямок радіовипромінювань БПЛА. Основним аспектом цього методу є аналіз напрямку приходу сигналу: використання антен та алгоритмів обробки сигналів для визначення напрямку, з якого надходить радіосигнал. Це дозволяє точно визначити розташування БПЛА в просторі.

Даний метод обрано завдяки його високій точності у визначенні місця розташування БПЛА. Він дозволяє не лише виявити присутність радіовипромінювань, але й точно локалізувати джерело випромінювання, що є критичним для забезпечення безпеки та контролю повітряного простору, особливо коли не можливо візуально підтвердити наявність БПЛА.

3.2 Організація дослідження та ресурси

У цьому пункті розглядається інфраструктура та ресурси, які були використані для успішного проведення дослідження з виявлення радіовипромінювання БПЛА. Це включає опис використаних даних, обладнання та програмного забезпечення, план експериментів, методи валідації результатів, аналіз ризиків та стратегію обробки даних.

- Опис використаних даних

Для дослідження використовувалися реальні дані з радіопеленгування БПЛА, які були зібрані за допомогою спеціалізованих антен та приймального обладнання. Ці дані включали інформацію про частоту, амплітуду та напрямок радіосигналів, що надходили від різних джерел.

- Опис використаного обладнання

Для збору та обробки даних було використано спеціалізоване обладнання, зокрема антени. Крім того, використовувалися комп'ютери та програмне забезпечення для обробки отриманих сигналів та відображення отриманих результатів.

- Опис використаного програмного забезпечення

Для обробки даних та моделювання алгоритмів було використано програмне забезпечення Python та спеціалізовані бібліотеки для обробки сигналів та машинного навчання.

- Аналіз ризиків та стратегія обробки даних

Був проведений аналіз потенційних ризиків, які можуть вплинути на результати дослідження, таких як помилки в обробці даних або несправності обладнання. Для зниження цих ризиків були розроблені стратегії постійного збереження отриманих даних на пристрої в реальному часі. Також була розроблена стратегія обробки та аналізу даних, яка враховувала різні можливі варіанти та сценарії.

Цей підхід до організації дослідження та ресурсів дозволив систематично та ефективно виконати дослідження з виявлення радіовипромінювання безпілотних літальних апаратів, забезпечуючи надійність та достовірність отриманих результатів.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи на тему «Система виявлення радіовипромінювання БПЛА» було проведено всебічне дослідження, яке включало аналіз існуючих методів та розробку нових підходів до виявлення радіовипромінювань безпілотних літальних апаратів. На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Актуальність проблеми: зростаюче використання безпілотних літальних апаратів у різних сферах діяльності вимагає розробки ефективних систем для їх виявлення та контролю. Радіовипромінювання є одним із ключових факторів, що дозволяють виявляти БПЛА на значних відстанях.

2. Експериментальні дослідження: польові випробування підтвердили працездатність розробленої системи виявлення радіовипромінювань. Система успішно виявляла та ідентифікувала радіосигнал, забезпечуючи надійний моніторинг та контроль повітряного простору.

3. Апаратне та програмне забезпечення: розроблене апаратне та програмне забезпечення забезпечує ефективну обробку та аналіз радіосигналів у програмному середовищі Python.

4. Рекомендації щодо вдосконалення: для подальшого підвищення ефективності системи рекомендується розширити базу даних радіовипромінювань БПЛА, оптимізувати алгоритми машинного навчання та проводити додаткові експериментальні дослідження в різних умовах.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило можливість створення ефективної системи виявлення радіовипромінювань БПЛА, що може бути використана для забезпечення безпеки та контролю повітряного простору. Розроблені методи та технології можуть бути покращені та бути впроваджені в практику, а також знайти широке застосування у різних галузях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. "Signal Processing and Linear Systems" by B.P. Lathi [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: [https://www.pce-fet.com/common/library/books/19/5189_\[B._P._Lathi\]_Signal_Processing_and_Linear_Systems\(b-ok.org\).pdf](https://www.pce-fet.com/common/library/books/19/5189_[B._P._Lathi]_Signal_Processing_and_Linear_Systems(b-ok.org).pdf). Останній вхід 24.05.2024.
2. "Handbook of Applied Algorithms: Solving Scientific, Engineering, and Practical Problems" by Amiya Nayak and Ivan Stojmenovic [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: <https://dokumen.pub/handbook-of-applied-algorithms-solving-scientific-engineering-and-practical-problems-1nbsped-0470044926-9780470044926-9780470175644-n-2169010.html> Останній вхід 24.05.2024.
3. "Pattern Recognition and Machine Learning" by Christopher M. Bishop [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf>. Останній вхід 24.05.2024.
4. "Deep Learning" by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: <https://www.deeplearningbook.org>. Останній вхід 24.05.2024.
5. "Machine Learning for Signal Processing" by Max A. Little [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: <https://dokumen.pub/machine-learning-for-signal-processing-data-science-algorithms-and-computational-statistics-9780198714934-0198714939.html>. Останній вхід 24.05.2024.
6. Сергій Бескrestнов "Комплекс моніторингу БПЛА РФ Самостійне виготовлення та експлуатація" [Електронний ресурс].
Доступно за посиланням: https://t.me/serhii_flash. Останній вхід 24.05.2024.