

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Сокольського Сергія Олеговича

на тему «Акустичне виявлення безпілотних літальних апаратів»
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертації.

В останні роки малі безпілотні літальні апарати (МЛА) або дрони активно застосовуються для розвідувальних операцій та атак на найбільш уразливі і важливі об'єкти: військову техніку, споруди, аеропорти або місця з великим скупченням людей.

З результатів аналізу основних методів виявлення випливає, що МЛА мають невисокий рівень інфрачервоного випромінювання та радіолокаційних сигнатур. Найбільш перспективним підходом до виявлення дронів може стати акустичний діапазон, оскільки шум від лопатей двигунів МЛА є серйозною демаскуючою ознакою, а акустичні хвилі прекрасно розповсюджуються в повітрі незважаючи на складність рельєфу та наявність зелених насаджень.

Тому розроблення пристрою для ефективного виявлення малих безпілотних літальних апаратів на основі аналізу акустичних сигнатур є достатньо актуальним завданням.

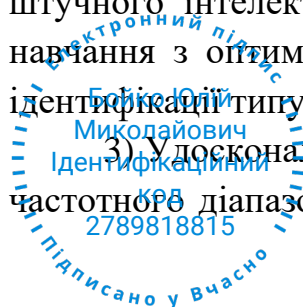
Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) Вперше запропоновано математичну модель ідентифікатора МЛА, наукова новизна якої полягає в тому, що вона ґрунтується на використанні бази аудіозаписів акустичних сигнатур дронів та надає можливість зменшити похибку під час класифікації їхньої моделі.

2) Вперше розроблено метод цифрової обробки акустичних сигналів дронів, наукова новизна якого полягає в тому, що він ґрунтується на теорії штучного інтелекту та використовує згорткову нейронну мережу глибокого навчання з оптимізатором Adam для підвищення швидкості та ефективності ідентифікації типу малих безпілотних літальних апаратів.

3) Удосконалено методику розрахунку кількості мел-фільтрів та їхнього частотного діапазону, що, на відміну від існуючих, враховує бажану частотну



розділову здатність та дає змогу підвищити швидкість та точність отримання основних представлень аудіосигналу МЛА під час використання техніки зважування коефіцієнтів ШПФ за допомогою банків мел-фільтрів.

Достовірність наукових результатів підтверджується трьома етапами експериментальних перевірок ефективності роботи створеного автором акустичного детектора. Результати дисертації мають наукову новизну та обґрунтовані графічними залежностями ефективності виявлення МЛА від відстані до об'єкту.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сокольського С.О. повністю відповідає освітньо-науковій програмі третього рівня вищої освіти «Телекомунікації та радіотехніка» за спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» з галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сокольського Сергія Олеговича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою із використанням загальноприйнятої термінології. Матеріал роботи викладається послідовно науковим стилем мовлення та має чітку логічну структуру.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та трьох додатків. Загальний обсяг роботи — 183 сторінки.

У вступі проведено аналіз теми роботи, обґрунтовано її актуальність та сформульовано мету, завдання і методи дослідження. Також надана інформація про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі виконано аналіз трьох основних методів для виявлення МЛА: оптичного, радіолокаційного та акустичного. Для кожного з методів була теоретично розрахована максимальна дальність виявлення безпілота моделі «DJI Mavic 3», який на сьогоднішній день активно використовується

військовими для операцій розвідки, тому і представляє серйозний інтерес для дослідження.

Другий розділ дисертаційної роботи зосередився на створенні акустичного детектора з одним мікрофоном для виявлення та реєстрації сигналів, що створюються двигунами та лопатями безпілотників на фоні шумів навколишнього середовища. Отримані сигнали піддаються подальшій обробці з метою визначення місцезнаходження та траєкторії руху малих безпілотних літальних апаратів. В результаті експериментів була створена база аудіо файлів, що містить акустичні сигнатури МЛА моделей «*DJI Mavic 2 Pro*», «*DJI Mavic 3*», дрону-камікадзе «*FPV*» та цивільних квадрокоптерів «*FeiLun FX137*» і «*LH X43-W*». Проведений аналіз аудіозаписів надав можливість визначити основні частоти, де зосереджені складові спектру сигналів, що стало ключовим моментом у процесі розробки алгоритму класифікації безпілотних літальних апаратів.

Третій розділ роботи висвітлює процес формування алгоритму виявлення та класифікації аудіосигналів малих безпілотних літальних апаратів на основі згорткової нейронної мережі глибокого навчання. Надається докладний огляд процесу розроблення архітектури мережі, визначення усіх необхідних параметрів, а також проводиться теоретична оцінка ефективності її роботи.

Четвертий розділ містить результати перевірки практичного застосування розробленої моделі згорткової нейронної мережі для виявлення та класифікації МЛА.

У додатках до роботи подано список наукових публікацій автора, акт про впровадження результатів дисертаційної роботи та вихідний код програмного алгоритму для виявлення та класифікації МЛА.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Усі наукові публікації розглядають ключові принципи та досягнення автора дисертації у дослідженні. Публікації відзначаються високим науковим рівнем і дотриманням усіх принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом позитивно оцінюючи дисертаційну роботу Сокольського С. О., вважаю за необхідне акцентувати на наступних зауваженнях:

1. Формулювання пунктів наукової новизни вимагає змістовного пояснення. По першому науковому результату, доцільно було б вказати кількісні та якісні показники зменшення похибки під час класифікації акустичних сигнатур в розрізі анонсованої вперше запропонованої математичної моделі. Аналогічно по другому науковому результату, потрібно визначити як запропонований метод кількісно підвищив швидкість та ефективність ідентифікації типу малих безпілотних літальних апаратів в порівнянні з існуючими підходами.

2. В контексті представлення анонсованого нового розробленого автором методу цифрового оброблення сигналів вимагає пояснення формулювання третього розділу роботи, а саме як алгоритму для оброблення аудіосигналів із використанням методів машинного навчання.

3. В другому розділі дисертаційної роботи автор представляє розробку акустичного тракту детектору БПЛА схема якого представлена на стор. 43 дисертаційної роботи. Вимагає пояснення специфіка подання схеми. Чим ця схема відрізняється від класичних, діючих схем акустичних детекторів?

4. Подану практичну реалізацію методики побудови мережі виявлення БПЛА в стратегії представлення простого та дешевого для конструювання акустичного детектора (стор. 3) доцільно пояснити в контексті описаної елементної бази. Як зміниться конфігурація мережі виявлення БПЛА при зміні елементної бази тракту виявника?

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну актуальність та описане в дисертаційній роботі практичне подання результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сокольського Сергія Олеговича на тему «Акустичне виявлення безпілотних літальних апаратів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «17 — Електроніка та телекомунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю

та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Сокольський Сергій Олегович заслуговує присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент:

д.т.н., проф. каф. Телекому-
нікацій, медійних та
інтелектуальних технологій
Хмельницького національного
університету, МОН України

Підпис	_____
Засвідчую	_____
Начальник Відділу кадрів	_____
	І.С.Мартинюк



М.П.

Юлій БОЙКО

«02» лютого 2024 року

Документ підписано у сервісі Вчасно (продовження)
Boiko_Vid_Sokolskiy.pdf

Документ відправлено: 11:36 08.02.2024

Власник документу

Електронний підпис

11:36 08.02.2024

Ідентифікаційний код: 2789818815

Бойко Юлій Миколайович

Власник ключа: Бойко Юлій Миколайович

Час перевірки КЕП/ЕЦП: 11:36 08.02.2024

Статус перевірки сертифікату: Сертифікат діє

Серійний номер: 382367105294AF9704000000446E3A00DE07D001

Тип підпису: кваліфікований