

ВІДГУК

офіційного опонента завідувача кафедри штучного інтелекту
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
доктора технічних наук, доцента Зінченко Ольги Валеріївни
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 стають дедалі популярнішими та застосовуються майже у всіх галузях життєдіяльності людей. Хоча більшість операторів використовує МЛА для нешкідливих цілей, наприклад, для аерофйомок, зараз стрімко зростає загроза використання таких дронів в незаконних цілях: розвідувальних операціях або терористичних атаках на найбільш уразливі і важливі об'єкти: військову техніку, урядові 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 є 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 з одним вхідним сенсором-мікрофоном 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 МЛІА під час використання техніки зважування коефіцієнтів ШПФ за допомогою банків мел-фільтрів.

Достовірність наукових результатів підтверджується експериментально із використанням розробленого акустичного детектора для виявлення малих безпілотних літальних апаратів. Результати дисертації мають наукову новизну та обґрунтовані експериментальними даними у вигляді графіків.

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 МЛІА 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 Стандарту вищої освіти зі спеціальності «172 — Телекомунікації та радіотехніка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка».

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 співпадиння, 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 безпілотної 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 простого акустичного детектора, обладнаного одним мікрофоном. Такий акустичний детектор здатний виявляти звуки, що створюються двигунами та лопатями безпілотної на фоні шумів навколишнього середовища. Отримані акустичні сигнали піддаються подальшій обробці з метою визначення місцезнаходження та траєкторії руху малих безпілотних літальних апаратів. Після проведення експериментів була створена база аудіофайлів, 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 спектрів цих аудіозаписів надав автору можливість визначити основні частоти звукових сигналів, що стало ключовим моментом у процесі розробки алгоритму класифікації безпілотних літальних апаратів.

Третій розділ роботи висвітлює процес створення 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. Крім того, в цьому розділі надаються рекомендації щодо подальшого покращення продуктивності та адаптивності алгоритму.

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.

- 1) Не вказано параметри та характеристики апаратного засобу, за допомогою якого відбувався запис бази аудіосигналів безпілотних літальних апаратів.
- 2) Для навчання згорткової нейронної мережі використовувалась мала кількість моделей БПЛА.
- 3) За результатами отриманих даних не зрозуміло, чи можна для перекриття об'єкту використовувати мережу акустичних сенсорів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість 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:

завідувач кафедри штучного інтелекту
Державного університету інформаційно-
комунікаційних технологій,
доктор технічних наук, доцент



Ольга ЗІНЧЕНКО



«29» січня 2024 року

Підпис Зінченко О.В засвідчую:
Вчений секретар ДУІКТ



Анжела ТЯЖИНА