

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

на тему “Методика виявлення малорозмірних компактних об’єктів на основі
комплексування даних аерознімання різної фізичної природи”,

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Саприкіна Євгена Юрійовича

з галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
за спеціальністю 172 – Електронні комунікації та радіотехніка.

Фаховий семінар проведений на розширеному засіданні відділу
геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях (ГПМ в АКД)
Державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук Національної академії наук України”
“25” червня 2026 року, протокол № 1.

1. Актуальність теми. Сучасний етап розвитку дистанційного
зондування Землі характеризується активним впровадженням безпілотних
літальних апаратів та методів глибокого навчання для вирішення прикладних
задач моніторингу та безпеки. Однією з найбільш складних і соціально
значущих задач є виявлення малорозмірних компактних об’єктів, зокрема
наземних мін.

Існуючі підходи до виявлення таких об’єктів, як правило, базуються на
використанні одного типу сенсорів, що не забезпечує достатнього рівня
достовірності в складних умовах спостереження. Тому актуальною є розробка
методики, що поєднує дані різної фізичної природи та дозволяє підвищити
ефективність виявлення.

У зв’язку з цим тема дисертаційного дослідження Саприкіна Є.Ю. є
актуальною та своєчасною.

2. Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень, що
проводились у Державній установі “Науковий центр аерокосмічних
досліджень Землі ІГН НАН України” за темою “Розроблення програмно-
апаратних засобів дистанційного виявлення вибухонебезпечних предметів за
допомогою сенсорів різної фізичної природи і створення прототипу комплексу
для картування замінованих територій на основі БПЛА коптерного типу”,
шифр НЦАДЗ-2024/1 (№ 0121U000075д) за Цільовою науково-технічною
програмою оборонних досліджень НАН України на 2020-2024 рр.

3. Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

Вперше розроблено методику виявлення малорозмірних компактних
об’єктів на основі комплексування даних аерознімання різної фізичної
природи. Методика використовує раціональний набір сучасних методів

машинного та глибокого навчання для виявлення мін, розташованих на земній поверхні, за даними звичайного RGB аерознімання, аерознімання в інфрачервоному тепловому діапазоні та авіаційної магнітометрії. Видові дані аерознімання аналізуються нейромережами, магнітометричні вимірювання – шляхом статистичного виявлення аномалії сигналу магнітометра. Виконується статистичне злиття імовірностей виявлення цільових об'єктів. Взаємодія всіх задіяних апаратних та програмних засобів здійснюється в межах єдиної геоінформаційної платформи. Застосування розробленої методики забезпечує можливість виявлення мін на аерозображеннях за допомогою згорткових нейромереж із показниками повноти $R = 1$ та $mAP50 = 0,983$, та впевнене підвищення достовірності у складних умовах виявлення до 0,8 при комплексуванні результатів сенсорів різної фізичної природи.

Удосконалено модель трансферного (передавального) навчання нейромережі. Використовується підхід, за яким базова нейромережа, попередньо навчена на великому датасеті загального призначення, донавчається на основі спеціально створеного цільового датасету, сформованого з аерозображень, одержаних з БПЛА. При цьому досягається мінімізація необхідного обсягу навчальних даних і часу донавчання із можливістю швидко нарощувати навчальні дані. Підчас донавчання фіксуються значення шарів базової нейромережі, що містять інформацію про важливі ознаки об'єктів, які є спільними для базового і цільового датасетів. Удосконалення моделі донавчання дозволило покращити достовірність виявлення мін на аерозображеннях, що характеризуються збільшенням показника $mAP50$ з 0,316 до 0,983 за тих самих базового та цільового датасету.

Подальшого розвитку набуло статистичне виявлення об'єктів на аерокосмічному зображенні. Експериментальним шляхом визначено кількість пікселів, достатню для впевненого виявлення компактного об'єкта нейромережею архітектури YOLO. Визначення потрібної піксельної розрізненності дозволяє більш ґрунтовно визначати параметри польоту БПЛА при виявленні поверхневих мін за допомогою різних бортових сенсорів, і тим самим підвищити загальну продуктивність аерознімання при збереженні достовірності.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Розроблена методика дозволяє досягати високих показників виявлення мін (зокрема повноти до $R = 1$), підвищувати достовірність виявлення шляхом комплексування даних різних сенсорів, зменшити вимоги до обсягу навчальних даних за рахунок ефективного використання трансферного навчання, а також формувати рекомендації щодо параметрів аерознімання БПЛА.

Практична цінність підтверджується результатами експериментальних досліджень, зокрема значним покращенням показників mAP та $recall$.

Методика може бути застосована у гуманітарному розмінуванні, системах дистанційного моніторингу для задач безпеки та оборони, геоінформаційних системах обробки даних ДЗЗ.

5. Використання результатів роботи

У роботі надано рекомендації щодо вибору сенсорів залежно від умов середовища, параметрів навчання нейромереж, застосування комплексування результатів та використання геоінформаційної платформи для інтеграції результатів. Запропоновані рішення можуть бути впроваджені у практичні системи аналізу аерознімків. Розроблена Саприкіним Є.Ю. методика виявлення малорозмірних компактних об'єктів на основі комплексування даних аерознімання різної фізичної природи була застосована при виконанні наукових досліджень щодо виявлення вибухонебезпечних предметів при нетехнічному обстеженні територій із застосуванням безпілотного авіаційного комплексу в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, що підтверджується відповідним актом.

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі.

Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. Результати спільних досліджень відображені у публікаціях із зазначенням внеску автора.

Дисертаційна робота виконана у відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях Державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України”, науковий керівник – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях Станкевич С.А.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Саприкіна Євгена Юрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

Всі польові експериментальні вимірювання, описи, фото, а також результати обробки аерозображень автором проведені самостійно.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано **13** наукових праць, у тому числі **1** глава у монографії; у закордонних фахових виданнях – **2** статті (з них **2** проіндексовані в базі даних Scopus); статті у наукових виданнях, включених

на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорія **A** – **1** стаття; категорія **B** – **4** статті; **5** публікації у збірниках та матеріалах тез доповідей міжнародних конференцій, з яких **3** проіндексовані в базі даних Scopus; **1** свідоцтво про авторське право на твір; подано **1** заявку на патент.

(Далі роботи наводяться у такому порядку: монографії, статті у наукових фахових виданнях, інших виданнях, авторські свідоцтва, патенти, матеріали конференцій.

При наведенні статей у фахових виданнях вказується, які з них надруковано у закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus, у фахових виданнях України категорії «A», категорії «B», інших закордонних виданнях (крім видань держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором).

Після кожної роботи, яка опублікована зі співавторами, наводиться також особистий внесок здобувача.).

Публікації у монографіях

1. Ковтун, С. І., Мосов, С. П., Назаренко, О. О., Нероба, В. Р., Сєлюков, О. В., Станкевич, С. А., & Чубіна, Т. Д. (2025). Розвідка наземних мін з безпілотних літальних апаратів (видимий діапазон довжин хвиль): колективна монографія (В. П. Бабак, ред.). Видавничий дім “Вініченко”. (особистий внесок – розділ, присвячений виявленню мін за допомогою нейронних мереж)

Статті, опубліковані в наукових фахових виданнях:

2. Saprykin, I. Y. (2024). Optical deep learning landmine detection based on limited dataset of aerial imagery. *Science-Based Technologies*, 62(2), 107–115. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.62.18708> (Індексація: фахове видання України категорії «B»).

3. Popov, M. O., Stankevich, S. A., Mosov, S. P., Dugin, S. S., Golubov, S. I., Andreiev, A. A., Lysenko, A. R., & Saprykin, I. Y. (2024). The concept of a geoinformational platform for landmines and other explosive objects detection and mapping with UAV. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, (4). <https://doi.org/10.32620/reks.2024.4.17> (Індексація: Scopus; особистий внесок: удосконалення модуля планування місій БПЛА для урахування додаткових умов середовища, інтеграція навчених нейронних мереж у платформу).

4. Stankevich, S. A., & Saprykin, I. Y. (2024). Optical and magnetometric data integration for landmine detection with UAV. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 20, 1059–1066. <https://doi.org/10.37394/232015.2024.20.96> (Індексація: Scopus; особистий внесок: розробка методики обробки оптичних даних, здійснення розрахунків, аналіз, візуалізація, валідація).

5. Ментус, І. Е., Ясько, В. А., & Саприкін, Є. Ю. (2024). Методи виявлення мін для гуманітарного розмінування. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 11(3). <https://doi.org/10.36023/ujrs.2024.11.3.271> (Індексація: фахове видання України категорії «B»; особистий внесок – адаптація методів глибокого навчання із застосуванням нейронних мереж для виявлення ряду типів наземних мін).

6. Stankevich, S., Kondratov, O., Herda, M., & Saprykin, I. (2024). Infrared image iterative enhancement in frequency domain. *Radioelectronics and Communications Systems*, 67, 277–286.

<https://doi.org/10.3103/S0735272724070045> (Індексція: Scopus; *особистий внесок* – калібрування та обробка теплових аерозображень, підготовка даних).

Статті в інших виданнях:

7. Станкевич, С. А., Урусський, О. С., Мосов, С. П., & Саприкін, Є. Ю. (2024). Використання непрямих ознак для виявлення наземних мін з використанням безпілотних літальних апаратів. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України*, (2), 98–105. <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2024-2-81/98-105> (Індексція: фахове видання України категорії «Б»; *особистий внесок* – адаптація методів глибокого навчання із застосуванням нейронних мереж до врахування непрямих ознак наземних мін, обробка даних).

8. Мосов, С. П., Станкевич, С. А., Нероба, В. Р., & Саприкін, Є. Ю. (2026). Класифікація наземних мін як об'єктів повітряної розвідки в системі цивільного захисту. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки*, 102(1), 70–80. <https://doi.org/10.32453/3.v102i1.2133> (Індексція: фахове видання України категорії «Б»; *особистий внесок* – аналіз класифікації мін в контексті глибокого навчання, підготовка даних та ілюстрацій).

Авторські свідоцтва, патенти:

9. Здійснено державну реєстрацію авторського права на твір: Комп'ютерна програма “Геоінформаційна платформа для виявлення і картографування наземних мін та інших вибухонебезпечних предметів за допомогою безпілотних літальних апаратів” у співавторстві із Станкевич С.А., Титаренко О.В., Дугін С.С., Голубов С.І., Андреев А.А., Лисенко А.Р., Дьомін Д.В., Юзефович В.В., Цибульська Є.О., Додонов Є.О.

10. Подано заявку на патент “Спосіб дистанційного виявлення металевих об'єктів за допомогою магнітометра” у співавторстві з Михайло Попов, Сергій Станкевич, Сергій Мосов, Сергій Чорний, Станіслав Дугін, Станіслав Голубов, Артем Андреев.

Матеріали конференцій:

11. Popov M., Stankevich S., Mosov S., Saprykin I. Drone-based landmine detection by image and signal fusion. Proceedings of the TIEMS Hybrid Annual Conference. Port Alfred: TIEMS, 2023, p. 24. URL: https://www.tiems.info/images/pdf/TIEMS_2023_Hybrid_Annual_Conference_Preliminary_Program_ver_5.pdf (*особистий внесок*: підготовка та обробка зображень наземних мін, підготовка презентації, доповідь).

12. Popov, M. O., Stankevich, S. A., Mosov, S. P., Dugin, S. S., & Saprykin, I. Y. (2023). Drone-based landmine detection mission planning. In *Proceedings of the 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion*

Control (MSNMC) (pp. 151–154). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MSNMC61017.2023.10329129> (Індексація: Scopus; особистий внесок: удосконалення програмного модуля ГІС до планування місій із урахуванням додаткових умов аерознімання, підготовка презентації і тез, доповідь).

13. Stankevich, S. A., Mosov, S. P., & Saprykin, I. Y. (2023). Landmine detection in farmlands using optical/radar small drones. In *Proceedings of the International Research and Practice Conference “Sustainable Restoration of Agricultural Landscapes affected by Military Activities”* (p. 71). Talkom. <https://doi.org/10.36994/978-966-388-681-7-2023-71> (особистий внесок: підготовка та обробка даних з виявлення наземних мін за допомогою глибокого навчання).

14. Stankevich, S. A., Dugin, S. S., Golubov, S. I., & Saprykin, I. Y. (2024). Workflow for landmine detection in aerial imagery with YOLO-based deep learning. In *Proceedings of the 2024 IEEE 7th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/APUAVD64488.2024.10765896> (Індексація: Scopus; особистий внесок: участь у аерозйомці реальних мін, підготовка наборів навчальних даних, тренування і тестування нейронних мереж, інтеграція з ГІС, обробка аерозображень для виявлення мін, підготовка презентації і тез, доповідь).

15. Stankevich, S. A., Saprykin, I. Y., Dugin, S. S., & Golubov, S. I. (2025). Transfer learning in YOLO-based landmine detection in aerial imagery. In *Proceedings of the 2025 IEEE 8th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MSNMC61130.2025.11399716> (Індексація: Scopus; особистий внесок: розробка механізму передавального навчання і тонкого налаштуванням нейромереж, підготовка даних, навчання, тестування виявлення реальних наземних мін на аерозображеннях, узагальнення результатів, підготовка презентації і тез, доповідь).

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Саприкіна Євгена Юрійовича “Методика виявлення малорозмірних компактних об’єктів на основі комплексування даних аерознімання різної фізичної природи”, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 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 12.01.2022 р № 44 та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України” зі спеціальності 172 – Електронні комунікації та радіотехніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Методика виявлення малорозмірних компактних об’єктів на основі комплексування даних аерознімання різної фізичної природи”, подану Саприкіним Євгеном Юрійовичем на здобуття ступеня доктора філософії, **до захисту.**

Головуючий на засіданні
відділу геопросторового
моделювання в аерокосмічних
дослідженнях

к.т.н., старший дослідник, старший
науковий співробітник відділу
ГПМ в АКД ЦАКДЗ ІГН НАН України

Микола ЛУБСЬКИЙ

Підпис Миколи ЛУБСЬКОГО засвідчую

учений секретар ЦАКДЗ ІГН НАН України
к.т.н., ст. дослідник



Анна ХИЖНЯК

30.06.2026