

ВИСНОВОК**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації**

на тему «Кіберфізичні системи моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій»

(назва роботи)

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Лисого Андрія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

з галузі знань 12 Інформаційні технології

(шифр, назва галузі знань)

за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

(шифр, назва спеціальності)

Публічна презентація проведена на кафедрі комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

(назва)

«19» січня 2026 року, протокол № 14.

1. Актуальність теми дослідження Ефективність та пожежна безпека експлуатування об'єктів сонячної енергетики переважно залежать від своєчасного виявлення та усунення дефектів. Традиційні методи моніторингу, не завжди дають змогу ефективно виявляти пожежонебезпечні дефекти фотоелектричних модулів сонячних електростанцій. Тому, підвищення пожежної безпеки експлуатування об'єктів сонячної енергетики є важливою науковою задачею в галузі інформаційних технологій, орієнтованих на формування кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: Дисертаційна робота виконувалася в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету за держбюджетною науково-дослідною темою «Інтелектуальна система розпізнавання дефектів об'єктів зеленої енергетики із використанням БПЛА» ГУ 57-2024 (№ держреєстрації 0124U004665, фінансується коштом зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020»), в якій автор дисертації є виконавцем.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1) уперше розроблено архітектуру кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій на основі концепції периферійно-хмарного розподілу обробки даних. Новизною архітектури є формування її на принципах розподілу обчислень між бортовою і наземною системами управління безпілотним літальним апаратом (БПЛА), системою диспетчерського управління і хмарним сервісом;

2) удосконалено метод обробки даних програмно-апаратними засобами бортової системи управління БПЛА при моніторингу дефектів фотоелектричних модулів, що відрізняється введенням моделі визначення оптимального напрямку візування камер, застосуванням ансамблювання різнопалітрових термограм та RGB зображень, перетворенням піксельних координат виявлених дефектів у географічні координати;

3) удосконалено метод ансамблювання різнопалітрових термограм та RGB зображень для виявлення дефектів фотоелектричних модулів, який відрізняється розробкою математичної моделі класифікації дефектів за їх відносною площею щодо площі одного фотоелемента, введенням постоброби для створення композиційного термо-RGB зображення;

4) уперше розроблено метод функціонування КФС моніторингу дефектів ФЕМСЕ. Новизна методу полягає у реалізації концепції периферійно-хмарної обробки даних.

(наводяться нові наукові результати)

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації За результатами виконаних досліджень здобувачем розроблено архітектуру і метод функціонування кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій, а також метод обробки даних програмно-апаратними засобами бортової системи управління БПЛА і метод ансамблювання різнопалітрових термограм та RGB зображень для виявлення дефектів фотоелектричних модулів.

Результатом застосування концепції периферійно-хмарного розподілу обробки даних в архітектурі кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій стало забезпечення раціонального їх функціонування, опрацювання даних і збереження результатів моніторингу із забезпеченням низької затримки у реальному часі, утримання камер з заданим кутом спостереження, автоматичного налаштування насиченості колірної палітри зображення, прогнозування небезпек і сценаріїв їх розвитку та прийняття рішення щодо реагування при виникненні пожежонебезпечного режиму функціонування.

Застосування моделі згорткової нейронної мережі YOLOv12m-seg за архітектурним принципом anchor-free з комплексуванням методів і алгоритмів обробки зображень дозволяє отримати значення інтегрального показника точності та повноти виявлення дефектів за метрикою F1-score більше 90 %, що свідчить про достатньо високі показники якості автоматичного розпізнавання, з перевагою в точності знаходження реальних дефектів.

На основі застосування методу ансамблювання різнопалітрових термограм та RGB зображень для виявлення дефектів фотоелектричних модулів з використанням моделі згорткової нейронної мережі YOLOv12m-seg підвищено значення показника середньої точності детекції дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій на 2-3 %.

Розроблено алгоритм застосування кіберфізичних систем моніторингу фотоелектричних модулів сонячних електростанцій виявлення пожежонебезпечного режиму роботи та встановлення причини за

сукупністю ознак з використанням БПЛА та системи диспетчерського управління і збору даних.

Розроблено систему автоматичного оповіщення про появу підвищеної і пожежонебезпечної температури на поверхні фотоелектричного модуля сонячної електростанції з виробленням відповідних логічних змінних для розрізнення режимів роботи фотоелектричних модулів як пожежеза, пожежна небезпека, спрацювання захисту.

Пояснення: дисертація повинна містити наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та/або експериментальні результати проведених досліджень, що мають істотне значення для певної галузі знань та підтверджуються документами, які засвідчують проведення таких досліджень, а також свідчити про особистий внесок здобувача в науку та характеризуватися єдністю змісту.

5. Використання результатів роботи Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені: в компанії «Drone UA» ТОВ «Роботікс Дістрібьюшин» при розробці проекту комплексної системи моніторингу технічного стану сонячних електростанцій (акт впровадження від 27.11.2025); у ТОВ «Nolt technologies» при розробці веб-додатку контролю технічного стану панелей сонячних електростанцій із застосуванням технологій штучного інтелекту, машинного навчання та інтернету речей (акт впровадження від 26.11.2025); в освітньому процесі Хмельницького національного університету при викладанні дисциплін на кафедрі комп'ютерної інженерії та інформаційних систем для спеціальності 126 Інформаційні системи та технології, 123 Комп'ютерна інженерія (акт впровадження від 25.11.2025); у державній організації «УКРНОІВІ» при поданні заявки и202504589 на корисну модель (лист від 25.09.2025 № 16918/ЗУ/25); у науковій діяльності Національної академії Державної прикордонної служби України при розробці НДР «Методика опрацювання розрахунків з утримання прикордонної інфраструктури на ділянках державного кордону» (шифр 0124U004798).

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі всі основні результати дисертаційного дослідження, які представлені до захисту, отримані автором особисто.

Дисертаційна робота виконана комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету,

(назва кафедри (відділу), назва установи)

науковий керівник доктор філософії Савенко Богдан Олегович.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище, ініціали)

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, встановлено, що дисертаційна робота Лисого А.М.

(прізвище, ініціали здобувача)

є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

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

1. Lysyi A. Enhanced fire hazard detection in solar power plants: an integrated UAV, AI, and SCADA-based approach / A. Lysyi et al. Radioelectronic and Computer Systems. 2025. No. 2(114). P. 99–117. URL: <https://doi.org/10.32620/reks.2025.2.06> - здобувачем розроблено модель функціонування кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів із застосуванням системи диспетчерського управління.

2. Lysyi A. Method of UAV inspection of photovoltaic modules using thermal and RGB data fusion / A. Lysyi et al. Radioelectronic and Computer Systems, 2025(4), 186-205. doi:<https://doi.org/10.32620/reks.2025.4.13> .- обґрунтовано перспективні напрямки ансамблювання термографічних та RGB зображень для виявлення дефектів.

3. Lysyi A. Thermal and RGB images work better together in wind turbine damage detection / A. Lysyi et al. International Journal of Computing. 2024. Vol. 23, no. 4 P. 526–535. URL: <https://doi.org/10.47839/ijc.23.4.3752> - здобувачем розроблено модель поетапного ансамблювання зображень дефектів.

4. Лисий А. Дослідження технології використання термографії для виявлення несправностей сонячних панелей / А. Лисий, В. Кіретов. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024. № 4. С. 377–385. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-45>. - окреслено проблемні питання технології застосування термографії для моніторингу дефектів фотоелектричних модулів.

5. Лисий А. Метод виявлення пожежонебезпечного режиму роботи фотоелектричних модулів сонячних електростанцій / А. Лисий, Б. Савенко. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025. № 3. С. 153–164. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-20> - розроблено модель виявлення пожежонебезпечного режиму роботи фотоелектричних модулів.

6. Лисий А. Удосконалення методу функціонування кіберфізичної системи моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячної електростанції / М. Лисий, С. Партика, І. Кушнер, А. Лисий. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025. № 2. С. 257–262. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-35> – здобувачем розроблено алгоритм функціонування кіберфізичних систем моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій.

7. Lysyi A. A cyber-physical solar energy system for smart grids / Andrii Lysyi, Mykola Fedula, Artur Slyva, Liudmyla Koretska, Oleg Savenko. 2025 IEEE 13th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Gliwice, Poland, 2025, pp. 1-7, doi: 10.1109/IDAACS68557.2025.11322233 (Scopus).

8. Lysyi A. Determining the criticality assessment of defects on wind turbine components detected by UAV sensors / Serhii Svystun, Oleksandr Melnychenko, Pavlo Radiuk, Andrii Lysyi, Anatoliy Sachenko. Intelitsis-25: The 6th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security, April 04, 2025, Khmelnytskyi, Ukraine, 2025. P. 351–362. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3963/paper28.pdf> (Scopus).

9. Lysyi A. Distributed intelligent system architecture for UAV-assisted monitoring of wind energy infrastructure / Serhii Svystun, Oleksandr Melnychenko, Pavlo Radiuk, Oleg Savenko, Andrii Lysyi. AdvAIT-2024: 1st International Workshop on Advanced Applied Information Technologies, December 5, 2024, Khmelnytskyi, Ukraine - Zilina, Slovakia, 2024. P. 150–161. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3899/paper14.pdf> (Scopus).

10. Lysyi A. Dynamic trajectory adaptation for efficient UAV inspections of wind energy units / S. Svystun, O. Melnychenko, P. Radiuk, O. Savenko, A. Sachenko and A. Lysyi. 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2024, pp. 1-7, doi: 10.1109/DESSERT65323.2024.11122243. (Scopus).

11. Лисий А. Аналіз ефективності згорткових нейронних мереж класу YOLO при виявленні дефектів сонячних панелей джерел електроживлення військової інфраструктури / А. Лисий, М. Лисий. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення» (м. Харків, 20 березня 2025 р.). Харків : Вид-во НАНГУ, 2025. С. 650–651.

12. Лисий А. Програмно-апаратні засоби навігації безпілотного літального апарату / В. Купельський, А. Лисий. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Сектор безпеки і оборони України на захисті національних інтересів: актуальні проблеми та завдання в умовах воєнного стану» (м. Хмельницький, 23 листопада 2023 р.). Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2024. С. 480–481.

13. Лисий А. Математична модель визначення візуальної дальності виявлення безпілотного літального апарату / А. Лисий, А. Башинський, В. Купельський, В. Кіретов, М. Лисий,. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: Військові та технічні науки. 2023. № 3 (92). С. 213–221.

За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 0 монографій, 6 статей у наукових фахових виданнях (з них 3 статей у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу, фахових виданнях України категорії «А», або закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus), 6 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій, 1 стаття додатково висвітлює наукові результати роботи.

(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 виданнях держав, що входять до ОЕСР, ЄС, фахових виданнях України категорії «А», або закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus.

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

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Лисого А.М.

(прізвище, ініціали здобувача)

«Кіберфізичні системи моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій», _____

(назва)

яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає

вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Хмельницького національного університету зі спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія.

(шифр, назва)

РЕКОМЕНДУВАТИ:

Дисертаційну роботу «Кіберфізичні системи моніторингу дефектів фотоелектричних модулів сонячних електростанцій»,

назва роботи

подану Лисим Андрієм Миколайовичем

прізвище, ім'я, по батькові

на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

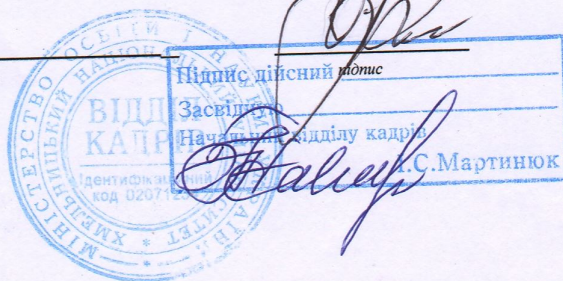
Головуючий публічної презентації
(завідувач кафедри):

доктор філософії

(науковий ступінь,

доцент

вчене звання, посада)



Ольга ПАВЛОВА

Ім'я ПРІЗВИЩЕ