Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003085

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-07-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковбаса Микола Юрійович
2. Mykola Kovbasa

Кваліфікація: 105

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7988-0175

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 15-09-2025

Спеціальність за освітою: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10614

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.03.31, 41.51.31, 28.23.15, 29.35.33

Тема дисертації:

1. Застосування комп'ютерного зору до інфрачервоних та терагерцових систем

2. Application of Computer Vision to Infrared and Terahertz Systems

Реферат:

1. Сфера комп’ютерного зору розвивається надзвичайно динамічно, охоплюючи дедалі ширший спектр застосувань, – від промислового контролю якості до систем безпеки й медицини. Окрему увагу привертають методи аналізу зображень в інфрачервоному (ІЧ) та терагерцовому (ТГц) діапазонах, адже вони дають змогу виявляти ознаки, недоступні для оптичних систем видимого діапазону спектра, і забезпечують високу проникність випромінювання через різні матеріали. Утім, у науковій літературі бракує досліджень, які б комплексно розкривали аспекти детектування й аналізу об’єктів на основі даних із ТГц-сканера, особливо в поєднанні з глибинним машинним навчанням. Увага також приділена автоматизованому детектуванню об’єктів на знімках ІЧ-камери. Низька просторова роздільна здатність і притаманні ТГц-зображенням шуми ускладнюють застосування класичних методів обробки, тож у роботі розглянуто глибинні нейронні мережі для детектування об’єктів у ТГц- та ІЧ-діапазонах. Окрім того, продемонстровано методику підвищення

просторової роздільної здатності отриманих ТГц-знімків, що додатково підсилює ефективність запропонованого підходу. Для досліджень використовувався лінійчатий 160-ти елементний приймач 140 ГГц випромінювання з детекторами на основі кремнієвих польових транзисторів з 1 мм кроком між елементами та виготовлених за 350 нм інтегральною технологією, що дає можливість працювати системі в режимі дифракційних обмежень. Метою дослідження є автоматизація розпізнавання ТГц- та ІЧ- зображень з використанням алгоритмів нейронних мереж, демонстрація універсальності підходів комп'ютерного зору до ТГц- та ІЧ-систем та покращення просторової роздільної здатності для ТГц-системи враховуючи її фізичні властивості, практична апробація результатів дослідження. Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому: Вперше продемонстровано автоматичне детектування різноманітних об'єктів в ТГц-діапазоні спектру на частоті 0.14 ТГц та в реальному масштабі часу з використанням алгоритмів нейромереж MobileNet, RCNN, YOLOv8 розроблених для роботи у видимому діапазоні спектра. Точність детектування (AUC-PR) об'єктів із розмірами >5 мм складає 95.5 % в експериментах зі сканером на частоті випромінювання 0.14 ТГц, динамічним діапазоном 35 дБ та швидкістю конвеєрної стрічки 200 мм/с. Представлений набір даних з 926 ТГц-знімків розміром 800x160 пікселів який було конвертовано в 5000 зображень розміром 200x160 пікселів для задач детектування. Набір даних містить наступні об'єкти: пігулки розміром від 5 до 10 мм, запаковані пігулки, леза, запальнички, пластикові картки, металеві ножі. Показано можливості з використання однакових алгоритмів нейронних мереж для детектування в ІЧ- та ТГц-діапазонах, що формує основу для автоматизованого об'єднання інформації, отриманої в цих діапазонах та поглибленого аналізу об'єктів спостереження. Продемонстровано підвищення якості ТГц-зображень на частоті 0.14 ТГц за допомогою алгоритму деконволюційного фільтру. Проведені експерименти показали, що запропонований алгоритм зменшує дифракційне розмиття та підсилює дрібні деталі об'єкту. По рівню 0.72 Contrast Transfer Function (CTF) деталізація поліпшується від 0.06 пар ліній на мм у необробленому знімку до 0.29 пар ліній на мм після деконволюційного фільтра. Особистий внесок здобувача полягає в такому: Брав участь в розробці 0.14 ТГц-сканера, зокрема був залучений до підбору окремих компонентів скануючої системи, вимірюванні діаграм направленості джерел випромінювання та удосконаленні коду програми для отримання та обробки знімків зі сканера. Створення коду програми в середовищі розробки Python для імплементації алгоритмів нейронних мереж. Вибір моделей нейронних мереж, їх тренування, валідація для завдань із детектування об'єктів на знімках з ТГц-сканера та ІЧ-камери. Проведення експериментів зі збору, розмітки та підготовки набору даних, отриманих за допомогою ТГц-сканера та ІЧ-камери. Проведення експериментів із вимірів функції розсіювання точки для різних джерел та розробка алгоритму застосування деконволюційного фільтра для покращення роздільної здатності ТГц зображень. Практичне значення отриманих результатів полягає у подальшій можливості створення систем для аналізу та розпізнавання ІЧ- і ТГц-зображень. Отримані результати можуть бути застосовані у промисловому контролі якості для швидкого виявлення дефектів та прихованих об'єктів у готовій продукції (наприклад вирішити проблему детектування сторонніх неметалічних предметів); у системах безпеки, митного огляду та поштових служб для автоматизованого розпізнавання потенційно небезпечних предметів у посилках та легкому багажі; в інтегрованих автоматизованих системах аналізу для моніторингу в реальному часі як допоміжне джерело інформації до рентгенівського, інфрачервоного та видимого діапазонів спектру.

2. The field of computer vision is advancing at an exceptional pace, encompassing an ever-wider range of applications—from industrial quality control to security and medicine. Particular attention is devoted to image-analysis methods in the infrared (IR) and terahertz (THz) spectral bands, which can reveal features invisible to optical systems operating in the visible range and provide high radiation penetration through various materials. Yet the scientific literature lacks studies that fully explore object detection and analysis based on THz-scanner data, especially when combined with deep machine learning. Automated object detection in IR-camera imagery has likewise attracted interest. Because the low spatial resolution and noise inherent to THz images hinder classical processing techniques, this work investigates deep neural networks for object detection in both the THz and IR bands. It also demonstrates a procedure for enhancing the spatial resolution of acquired THz images, further increasing the efficiency of the proposed approach. The research employed a linear 160-element receiver

for 140 GHz radiation that uses silicon field-effect-transistor detectors with a 1 mm element pitch fabricated in a 350 nm process, enabling the system to operate under diffraction-limited conditions. The aim of the study is to automate recognition of THz and IR images using neural-network algorithms, to demonstrate the universality of computer-vision approaches for THz and IR systems, to improve the spatial resolution of the THz system in view of its physical properties, and to conduct a practical validation of the research results. Scientific novelty: For the first time, automatic detection of various objects in the THz spectral range at a frequency of 0.14 THz and in real time has been demonstrated using the neural-network algorithms MobileNet, RCNN and YOLOv8, which were developed for operation in the visible spectrum. The detection accuracy (AUC-PR) for objects larger than 5 mm reaches 95.5 % in experiments with a scanner operating at a radiation frequency of 0.14 THz, a dynamic range of 35 dB, and a conveyor-belt speed of 200 mm/s. A dataset of 926 THz images with a resolution of 800 × 160 pixels has been presented and converted into 5 000 images of 200 × 160 pixels for detection tasks. The dataset contains the following objects: pills 5–10 mm in size, packaged pills, razor blades, lighters, plastic cards and metal knives. The possibility of using the same neural-network algorithms for detection in both the IR and THz ranges has been shown, which forms the basis for automated merging of information obtained in these ranges and for deeper analysis of observed objects. An improvement in the quality of THz images at a frequency of 0.14 THz has been demonstrated using a deconvolution-filter algorithm. The experiments performed showed that the proposed algorithm reduces diffraction blur and enhances fine object details. At a Contrast Transfer Function (CTF) level of 0.72, detail improves from 0.06 line pairs per mm in the raw image to 0.29 line pairs per mm after the deconvolution filter. Author’s contribution: Participated in developing the 0.14 THz scanner, including selecting the optimal conveyor-belt material, measuring radiation-source beam patterns, and improving the software for image acquisition and processing. Wrote Python code to implement neural-network algorithms; selected, trained and validated network models for object-detection tasks on images from the THz scanner and IR camera. Carried out experiments to collect, annotate and prepare datasets obtained with the THz scanner and IR camera. Performed point-spread measurements for different sources and developed an algorithm that applies a deconvolution filter to enhance the spatial resolution of THz images. Practical significance. The results open the way to new IR- and THz-image–analysis systems. They can be used in industrial quality control for rapid detection of defects and hidden objects in finished products (e.g., non-metallic contaminants); in security, customs inspection and postal services for automated recognition of potentially dangerous items in parcels and carry-on luggage; and in integrated real-time monitoring suites as an auxiliary information source complementing X-ray, infrared and visible-spectrum modalities.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Kovbasa M., Golenkov A., Sizov F. Neural Network Application to the Postal Terahertz Scanner for Automated Detection of Concealed Items. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, 21–25 September 2020. 2020, doi: 10.1109/ukrmw49653.2020.9252706.
- Golenkov A. G., Shevchik-Shekera A. V., Kovbasa M. Yu., Lysiuk I. O., Vuichyk M. V., Korinets S. V., Bunchuk S. G., Dukhnin S. E., Reva V. P., Sizov F. F. THz linear array scanner in application to the real-time imaging and convolutional neural network recognition. Semiconductor Physics, Quantum Electronics and

Optoelectronics. 2021. Vol. 24, no. 1. P. 90–99, doi: 10.15407/spqeo24.01.090.
- Shevchik-Shekera A.V., Sizov F.F., Golenkov O.G., Lysiuk I.O., Petriakov V.O., Kovbasa M.Yu. Silicon lenses with HDPE anti-reflection coatings for low THz frequency range. Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. 2023. Vol. 26, no. 1. P. 59-67, doi: 10.15407/spqeo26.01.059.
- Kovbasa M., Golenkov A., Shevchik-Shekera A., Sizov F. Study of object detection in linear terahertz imaging systems. Optical Engineering. 2023. Vol. 62, no. 08. 083104, doi: 10.1117/1.oe.62.8.083104.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів; забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0116U003696 0121U0108847

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голенков Олександр Геннадійович
2. Oleksandr Golenkov

Кваліфікація: к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8009-7161

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=jW7i6TkAAAAJ&hl=uk&oi=ao

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Боровицький Володимир Миколайович
2. Volodymyr Borovytskyi

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.11.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6816-0391

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=rOLaPUAAAAAJ&hl=uk&oi=sra

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Будник Микола Миколайович
2. Mykola Budnyk

Кваліфікація: д. т. н., старший науковий співробітник, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4020-0213

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=jJ3-NY4AAAAJ&hl=uk&oi=ao

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Цибрій Зіновія Федорівна
2. Zinoviia Tsybrii

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1718-5569

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=aRq4aOAAAAAJ&hl=uk&oi=ao

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Свеженцова Катерина Віталіївна

2. Kateryna Svezhentsova

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4309-556X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Коротєєв Вадим В'ячеславович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Коротєєв Вадим В'ячеславович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Пономаренко Валентина Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна