Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003236

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-07-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кравченко Олександр Сергійович
2. Oleksandr Kravchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6169-1250

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 25-08-2025

Спеціальність за освітою: прикладна математика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10460

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23, 28.23.29, 20.54.06

Тема дисертації:

1. Розробка методів діагностики дефектів поверхонь методами машинного навчання

2. Development of methods for diagnosing surface defects by using machine learning methods

Реферат:

1. У дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання розробки методів та інформаційних технологій для автоматичного виявлення й класифікації типових мікродефектів на плоских дзеркальних поверхнях (ДзП)за їх монохромними інтерференційними картинами (ІК), отриманими з використанням мікроінтерферометра Лінніка (МЛ). Об’єкт дослідження – зображення ІК плоских ДзП, отримані за допомогою МЛ. Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційні технології виявлення та класифікації дефектів на ДзП за зображеннями їх ІК. Мета і задачі дослідження – розробка моделей, методів й інформаційної технології для автоматичного виявлення і класифікації типових мікродефектів плоских ДзП

за монохромними ІК, отриманими з використанням МЛ. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зазначено її зв'язок з науковими темами, сформульовано мету, задачі й цілі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано новизну і практичне значення отриманих результатів і використання, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у публікаціях. Приведено відомості щодо структури та обсягу дисертаційної роботи. У І розділі проведено аналіз задачі автоматизації діагностики якості поверхонь у високоточних оптичних системах. Визначено особливості інтерференційної діагностики, наведено приклади обмежень традиційних методів аналізу ІК за швидкістю й точністю. Проаналізовано підходи до застосування глибокого навчання для обробки зображень і обґрунтовано вибір мети і задач роботи. У ІІ розділі проаналізовано оптичну схему МЛ та процес формування зображення ІК в його полі зору. Побудовано математичні моделі ІК, які враховують основні параметри МЛ і дозволяють розраховувати розподіл інтенсивності світла в кожній точці зображення за заданою топографією поверхні, що досліджується. На основі цієї моделі створено програмний модуль для генерації зображень синтетичних ІК. У ІІІ розділі проведено аналіз особливостей реальних дзеркальних плоских поверхонь із мікродефектами. Розроблено фізично обґрунтовані математичні моделі топографії реалістичних мікроподряпин та вм'ятин. Створено програмний модуль для генерації синтетичних карт висот поверхонь з дефектами. Ці карти подаються на вхід модуля генерації інтерференційних картин для отримання відповідних інтерференційних зображень. В результаті було сформовано синтетичну навчальну вибірку для подальшого тренування нейромережевих моделей аналізу інтерференційних зображень. У четвертому розділі розглянуто сучасні підходи до класифікації дефектів поверхонь за зображеннями ІК із застосуванням методів глибокого навчання. Обґрунтовано теоретичні основи використання згорткових нейронних мереж для аналізу інтерференційних зображень. Адаптовану архітектуру MobileNetV2 для класифікації дефектів за чотирма класами із впровадженням технологій fine-tuning, GlobalAveragePooling2D, Dense-шарів із BatchNormalization, Dropout та Softmax. Застосовано техніки аугментації даних і soft voting для підвищення стійкості моделі. Проведено навчання і валідацію моделі на синтетичних даних, а також її перевірку на реальних зображеннях, що дозволило оцінити практичну ефективність запропонованої інформаційної технології. У висновках наведено основні результати дисертаційної роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження. За результатами дослідження отримано такі наукові результати: обґрунтовано необхідність автоматизації діагностики мікродефектів для високоточних оптичних систем, проаналізовано обмеження традиційних методів обробки ІК. Розроблено математичну модель ІК в полі зору МЛ, що враховує параметри мікроінтерферометра та топографію поверхні зразка; реалізовано програмне забезпечення для синтезу відповідних зображень. Створено математичні моделі та алгоритми синтезу рельєфу плоских ДзП із типовими мікродефектами; реалізовано відповідне програмне забезпечення для генерації синтетичних карт висот. Згенеровано збалансовану синтетичну навчальну вибірку зображень ІК, що охоплює всі розглянуті типові мікродефекти, а також фізично обґрунтовані варіації значень їх параметрів і параметрів інтерферометра. Адаптовано архітектуру MobileNetV2 для аналізу зображень ІК, що дозволило вирішити задачу класифікації типових мікродефектів на плоских ДзП. Розроблено інформаційну технологію для виявлення та класифікації типових мікродефектів плоских ДзП методами машинного навчання, особливістю якої є використання синтетичної навчальної вибірки для тренування нейромережі. Результати роботи впроваджено у НДР та навчальному процесі кафедри КМАД НТУ «ХПІ». Запропоновані методи й інформаційна технологія можна впроваджуваи в системи контролю якості оптичних компонентів і сприяти подальшим дослідженням у сфері автоматизації діагностики дефектів. Ключові слова: глибоке навчання, машинне навчання, інтерференційна картина, мікродефекти, мікроінтерферометр Лінніка, класифікація дефектів, комп'ютерний зір.

2. The thesis solves the scientific and practical task of developing methods and information technologies for the automatic detection and classification of typical microdefects on flat mirror surfaces (FMS) based on their monochrome interference patterns (IP) obtained using a Linnik microinterferometer (ML). The object of study is the IR images of flat surfaces obtained with the help of ML. The subject of study is models, methods and information technologies for detecting and classifying defects on flat surfaces based on their IR images. The aim

and objectives of the study are to develop models, methods and information technology for automatic detection and classification of typical microdefects in flat-plate RS using monochrome IR images obtained with the help of ML. The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation, indicates its connection with scientific topics, formulates the purpose, objectives and goals of the study, defines the object, subject and methods of the study, shows the novelty and practical significance of the results obtained and their use, the personal contribution of the applicant, the testing of the research results and their Information is provided on the structure and scope of the dissertation. Section I analyses the problem of automating the diagnostics of surface quality in high-precision optical systems. The approaches to the application of deep learning for image processing are analysed and the choice of the goal and objectives of the work is justified. Section II analyses the optical scheme of the ML and the process of forming an IR image in its field of view. Mathematical models of IR are constructed that take into account the main parameters of the ML and allow calculating the distribution of light intensity at each point of the image according to the given topography of the surface under study. On the basis of this model, a software module for generating synthetic IR images was created. Chapter III analyses the features of real mirror flat surfaces with microdefects. Physically grounded mathematical models of the topography of realistic microscratches and dents were developed. A software module was created to generate synthetic height maps of surfaces with defects. These maps are fed to the input of the interference pattern generation module to obtain the corresponding interference images. As a result, a synthetic training set was formed for further training of neural network models for interference image analysis. Section 4 discusses modern approaches to classifying surface defects from IR images using deep learning methods. The theoretical foundations of using convolutional neural networks for the analysis of interference images are substantiated. The MobileNetV2 architecture was adapted to classify defects into four classes using fine-tuning, GlobalAveragePooling2D, Dense-layers with BatchNormalisation, Dropout and Softmax technologies. Data augmentation and soft voting techniques were applied to improve model stability. The conclusions present the main results of the dissertation work on solving the scientific tasks of the study. The following scientific results were obtained: the need to automate the diagnosis of microdefects for high-precision optical systems was substantiated, the limitations of traditional methods of IR processing were analysed. A mathematical model of IR in the ML field of view was developed, taking into account the parameters of the microinterferometer and the topography of the sample surface; software for synthesising the corresponding images was implemented. Mathematical models and algorithms for synthesising the relief of flat SEMs with typical microdefects were created; the corresponding software for generating synthetic DEMs was implemented. A balanced synthetic training sample of IR images was generated, covering all the considered typical microdefects, as well as physically justified variations of their parameters and interferometer parameters. The MobileNetV2 architecture was adapted for analysing infrared images, which made it possible to solve the problem of classifying typical microdefects on flat-plate switchgear. An information technology for detecting and classifying typical microdefects in flat-type relays using machine learning methods was developed, with a special feature of using a synthetic training sample to train a neural network. The results of the work have been implemented in the research and educational process of the Department of CMAD of NTU "KhPI". The proposed methods and information technology can be implemented in quality control systems for optical components and contribute to further research in the field of automation of defect diagnosis.Keywords: deep learning, machine learning, interference pattern, microdefects, Linnik microinterferometer, defect classification, computer vision.

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: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- 1. Mochurad L., Ilkiv A., Kravchenko O. A new information system for road surface condition classification using machine learning methods and parallel calculation. Comput. Syst. Inf. Technol, 2023, №1, с. 53-61. https://doi.org/10.31891/csit-2023-1-7.
- 2. Кравченко О. С., Галуза О. А., Савченко А. О., Погорєлов С. В., Роговий А. І. Моделювання топографії мікроподряпин на дзеркальних поверхнях // Системи управління, навігації та зв'язку. 2025. № 2. С.161-169. doi: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.161-169
- 3. Кравченко О. С. Виявлення та класифікація субмікронних дефектів поверхні за їх інтерференційними зображеннями за допомогою глибокого навчання. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, прорамами та проектами / 2024. № 2(9). 77-81 с. ISSN 2311-4738 (print). http://doi.org/10.20998/2413- 3000.2024.9.11
- 4. Галуза О. А., Ковальов О. М., Кравченко О. С. Симуляція мікроподряпин на плоских дзеркальних поверхнях // Інформаційні 6 технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – с. 1501.
- 5. Галуза О. А., Савченко А. О., Кравченко О. С., Малєєв О. С. Класифікація мікродефектів дзеркальних поверхонь за інтерференційними зображеннями із застосуванням нейромережевих моделей. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – с. 1502.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Галуза Олексій Анатолійович

2. Alexey A. Galuza

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3809-149X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Золотухін Олег Вікторович
2. Oleg V. Zolotukhin

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.13.23

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-0152-7600

Додаткова інформація: https://www.webofscience.com/wos/author/record/E-5814-2018; https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57207774022; https://scholar.google.com.ua/citations?user=B1sT8KsAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стрілець Вікторія Євгенівна
2. Viktoriia Strilets

Кваліфікація: к. т. н., 05.13.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-2475-1496

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волкова Наталія Павлівна

2. Nataliia Volkova

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.23

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3175-2179

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гавриленко Світлана Юріївна

2. Svitlana Y. Havrylenko

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6919-0055

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Любчик Леонід Михайлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Любчик Леонід Михайлович

Відповідальний за підготовку облікових документів Карпенко Наталія Вячеславівна

Реєстратор УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Тетяна Анатоліївна