Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003306

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голобородько Володимир Володимирович
2. Volodymyr Goloborodko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-8614-6606

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 152

Назва наукової спеціальності: Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Дата захисту: 08-09-2025

Спеціальність за освітою: Комп'ютерна інженерія

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 10649

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

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

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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 90.03

Тема дисертації:

1. Розробка інформаційно-вимірювальної системи тепловізійного контролю процесу зовнішнього точіння.
2. Development of an Information-Measuring System for thermal imaging control of the external turning process.

Реферат:

1. Дисертація присвячена дослідженню актуальної науково-технічної проблеми вимірювання параметрів теплового стану в зоні різання при зовнішньому точінні із застосуванням інформаційно-вимірювальної системи тепловізіного контролю. Для досягнення цієї мети в роботі проаналізовано основні закономірності теплоутворення та теплообміну процесу різання, проведено порівняльний аналіз існуючих методів та засобів вимірювання температури, придатних для застосування при обробці різанням. Визначено методики оцінювання метрологічних характеристик тепловізійних систем, які містять: визначення просторової та температурної роздільної здатності (теплової чутливості), з урахуванням характеристик поля зору тепловізійної камери. Для підвищення точності та достовірності отриманих результатів вимірювань, було оцінено вплив кута депресії на відбитки проекцій вертикальних та горизонтальних складових поля зору з

урахуванням випромінювальної здатності оброблюваних матеріалів. Запропоновано алгоритм для розпізнавання та автоматичної обробки термограм з використанням згорткової штучної нейронної мережі на базі архітектури U-Net. Для забезпечення якісного навчання був використаний алгоритм навчання з «Вчителем», а для формування якісної навчальної вибірки – було розроблено гібридний алгоритм бінаризації термограм з метою створення масок для виділення зон різання. За допомогою інференсу реалізовано можливість опрацювання інших термограм на базі вже навченої моделі. У вступі наведено загальну характеристику роботи, підкреслено її актуальність, визначено мету та завдання, об'єкт, предмет дисертаційного дослідження, відповідність науково-дослідним роботам. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора. В першому розділі зроблено аналіз літературних джерел, який дозволив проаналізувати особливості теплообміну у процесі різання та основні закономірності теплоутворення. Розглянуто існуючі методи та засоби вимірювання температури, зроблено порівняльний аналіз методів та засобів вимірювання температури, придатних для застосування при обробці різанням. Визначено переваги застосування методу тепловізійного контролю, який дає змогу не впливати на процес різання та навколишнє середовище, який не потребує зміни конструкцій інструменту та заготовки, підходить як для миттєвого визначення температури так і для моніторингу в реальному часі. Підкреслено важливість врахування метрологічних характеристик застосування тепловізорів у вимірювальних задачах та складнощі, які виникають у процесі збору та аналізу даних. В другому розділі для підвищення інформативності та достовірності результатів тепловізійного спостереження було визначено підхід до моделювання теплового стану зони різання на основі рівняння теплопровідності з урахуванням початкових та крайових умов. Запропоновано спрощену математичну модель для верифікації експериментальних температур отриманих методом тепловізійного контролю. Визначено методики оцінювання метрологічних характеристик тепловізійних систем, які містять визначення просторової роздільної здатності та теплової чутливості, з урахуванням характеристик поля зору тепловізійної камери. Запропоновано залежність для оцінювання стандартної невизначеності зміни температури за часом T(t) для результатів вимірювання, отриманих з тепловізійних відеокамер через стандартне відхилення залишків апроксимованої моделі. В третьому розділі було проаналізовано та обрано декілька алгоритмів бінаризації для комбінації з метою розробки гібридного методу бінаризації. Сформована та розгорнута архітектура згорткової нейронної мережі з використанням фреймворків TensorFlow та Keras, що дало змогу реалізувати архітектуру U-Net, яка є одною з передових у розпізнавання кадрів з нетиповою структурою та пошуку цікавих, для дослідників, об'єктів. В четвертому розділі на основі проведених експериментів із застосуванням різних тепловізорів різних моделей опрацьовано результати та оцінено невизначеності вимірювання температури методом інфрачервоної термографії для камери пістолетного типу та відеокамери. Опрацьовано результати роботи штучної нейронної мережі з обробкою відео записів термограм з тепловізору Flir P640 та проведено їх верифікацію, з урахуванням реальних показників термограм.

2. The dissertation addresses a pressing scientific and technical problem of measuring thermal state parameters in the cutting zone during external turning using an information-measurement system for thermal imaging control. To achieve this objective, the study analyses the fundamental principles of heat generation and heat transfer in the cutting process and conducts a comparative analysis of existing methods and tools for temperature measurement applicable to machining processes. Methods for evaluating the metrological characteristics of thermal imaging systems were defined, which include: determining the spatial and temperature resolution (thermal sensitivity), taking into account the characteristics of the field-of-view of the thermal imaging camera. To improve the accuracy and reliability of the measurement results, the impact of the depression angle on the projections of the vertical and horizontal components of the field of view was assessed, taking into account the emissivity of the materials being machined. An algorithm for recognising and automatically processing thermograms has been proposed, utilising a convolutional neural network based on the U-Net architecture. A supervised learning algorithm was employed to ensure high-quality training, while a hybrid thermogram binarisation algorithm was developed to create masks for isolating cutting zones and generating a robust training dataset. Inference capabilities have been implemented to process additional thermograms using the pre-trained model. In the

introduction, a general overview of the work is provided, emphasizing its relevance, defining the aim and objectives, as well as specifying the object and subject of the dissertation research. The alignment with scientific research projects is also highlighted. The scientific novelty and practical significance of the obtained results, as well as the author's personal contribution, are formulated. Chapter One provides a comprehensive review of the literature, which facilitated the analysis of heat exchange phenomena during cutting processes and the underlying regularities of heat generation. Various methods and instruments for temperature measurement are considered, with a comparative evaluation conducted to determine their applicability to cutting processes. Particular attention is given to the advantages of infrared thermographic techniques, which offer non-contact, non-intrusive temperature measurement without influencing the cutting operation or its environment. This approach does not require any modification to the geometry of the cutting tool or the workpiece and is suitable for both instantaneous temperature determination and continuous real-time thermal monitoring. The analysis highlights the necessity of accounting for the metrological performance of thermal imaging systems in measurement applications, as well as the challenges encountered during data acquisition and interpretation. Chapter Two addresses the enhancement of the informativeness and reliability of infrared thermographic observations by establishing an approach to modelling the thermal state of the cutting zone based on the heat conduction equation, incorporating relevant initial and boundary conditions. A simplified mathematical model is proposed to verify the experimental temperature data obtained via infrared thermography. Methodologies for assessing the metrological characteristics of thermal imaging systems are defined, including the determination of spatial resolution and thermal sensitivity, taking into account the characteristics of the camera's field of view. A relationship is proposed for estimating the standard uncertainty of temperature variation over time, T(t), based on the standard deviation of the residuals of the approximated model, for temperature measurements acquired using infrared video cameras. Chapter Three presents the analysis and selection of several binarisation algorithms for integration into a hybrid binarisation method. The architecture of a convolutional neural network was developed and implemented using the TensorFlow and Keras frameworks, enabling the realisation of the U-Net architecture – one of the state-of-the-art solutions for recognising frames with atypical structures and detecting objects of research interest. Chapter Four is dedicated to the processing of experimental results obtained using various models of thermal imaging devices. The measurement uncertainties associated with infrared thermography were evaluated for both a handheld infrared camera and a thermal video camera. The outputs of the artificial neural network were analysed through the processing of thermal video recordings acquired from a FLIR P640 camera, with verification performed based on the actual characteristics observed in the thermograms.

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:

- Oborsky, G.A., Goloborodko, V.V., Perperi, L.M. 2024. Implementation of the hybrid binarisation method for thermogram analysis. Proceedings of Odessa Polytechnic University. 2(70) (2024), 123–130. https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.14
- Oborskyi, G., Gugnin, V., Perperi, L., Goloborodko, G., Goloborodko, V. (2024). Evaluation of Dust Concentration Using Computer Measurement Technologies. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in

Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_50
- Gugnin, V., Perperi, L., Oborskyi, G., Goloborodko, G., Goloborodko, V. (2025). Development of a Simulator Program for Studying the Effect of Cutting Modes on Cutting Temperature. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G. (eds) Advanced Manufacturing Processes VI. Interpartner 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82746-4_25
- Голобородько В., Перпері Л. Верифікація результатів тепловізійного контролю теплових процесів зовнішнього точіння на основі математичного моделювання теплового стану зони різання // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2025. – № 2. – С. 142–150. – DOI: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-19

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

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U002860, 0116U004530

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Оборський Геннадій Олександрович
2. Gennadii Oborskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.01

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-5682-4768

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мигущенко Руслан Павлович
2. Ruslan Mygushchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.11.13

Ідентифікатор ORCHID ID: Не застосовується

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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Микийчук Микола Миколайович
2. Mykola Mykyichuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.01.02

Ідентифікатор ORCHID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чумаченко Тетяна Валеріївна
2. Tetiana Chumachenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.01

Ідентифікатор ORCHID ID: 0009-0000-3942-2284

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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голофєєва Марина Олександрівна
2. Maryna Holofieieva

Кваліфікація: д. т. н., доцент, 05.01.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-7632-9027

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

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Прокопович Ігор Валентинович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Прокопович Ігор Валентинович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Голобородько Володимир Володимирович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна