Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003243

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-07-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ВНТУ № 318 від 29.09.2025р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чжао Цайфен ..
2. Caifeng Zhao

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: 12-09-2025

Спеціальність за освітою: звукотехніка

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 10125

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Англійська

Коди тематичних рубрик: 28.23.29, 28.23.37, 76.03.59, 28.23.15

Тема дисертації:

1. Метод і мультимодальні програмні засоби для покращеної діагностики метастазів меланоми.
2. Method and multimodal framework for enhanced melanoma metastasis diagnosis

Реферат:

1. У галузі цифрової патології, яка стрімко розвивається, автоматизований аналіз цільних слайдів гістопатологічних зображень (WSI) став наріжним каменем, що поєднує передові галузі, такі як комп'ютерне бачення, машинне навчання, глибоке навчання та клінічна інформатика. Дисертація присвячена розробці нового методу та обчислювального фреймворку, спрямованого на покращення діагностики меланоми - критичної області в онкології через високий метастатичний потенціал меланоми та значний глобальний тягар для здоров'я. Вступ підкреслює критичне значення цього дослідження в контексті стрімкого розширення цифрової патології та нагальної потреби в передових діагностичних інструментах для боротьби з меланомою. Основна мета полягає в розробці мультимодальної інформаційної технології, яка покращує діагностику метастазів меланоми за допомогою нових високопродуктивних, інтерпретованих обчислювальних фреймворків для ефективної попередньої обробки, багатомасштабного аналізу ознак, мультимодального об'єднання даних та прозорого прийняття рішень. Об'єкт дослідження - процес діагностики меланоми та прогнозування її метастатичного потенціалу з використанням обчислювальних

методів, застосованих до WSI, геномних профілів та клінічних метаданих у рамках передових інформаційних систем. Предмет дослідження - передова обчислювальна система, що включає паралельну попередню обробку даних, багатомасштабні нейронні мережі, мультимодальне глибоке навчання та інтерпретовані ансамблеві класифікатори. Перший розділ окреслює трансформаційну траєкторію цифрової патології та її критичну роль у просуванні діагностики меланоми, з фокусом на виявленні метастатичного прогресування. Розділ роз'яснює виклики попереднього оброблення, зокрема обчислювальну складність WSI гігапіксельного масштабу та неефективність існуючих інструментів, як OpenSlide. Він підкреслює потенціал ШІ, зокрема згорткових нейронних мереж (CNNs), для уможливлення мультимодальних діагностичних фреймворків, які вирішують обмеження унімодальних підходів. Другий розділ встановлює теоретичний та методологічний фреймворк для покращення діагностики меланоми через передові обчислювальні парадигми. Він досліджує архітектури CPU та GPU, використовуючи OpenMP та CUDA для ефективної паралельної обробки, та пропонує паралельний конвеєр попереднього оброблення даних, що включає динамічне планування завдань та оптимізацію ресурсів. Нова багатовимірна нейронна мережа, що використовує розширені згортки та механізми злиття ознак, вводиться для врахування спектру морфологічних характеристик. Розділ розвиває мультимодальний підхід глибокого навчання, що інтегрує WSI, клінічні метадані та геномні дані через механізми уваги та видобуток біомаркерів. Додатково він представляє інтерпретувальний мультимодальний стекований ансамблевий фреймворк (IMSEF-Melanoma), який покращує діагностичну прозорість через градієнтну візуалізацію та мета-навчання. Третій розділ зосереджується на проектуванні та оптимізації алгоритмів і нейронних мереж для діагностики меланоми. Він вводить паралельний алгоритм попереднього оброблення даних з паралельною генерацією патчів та нормалізацією для підвищення обчислювальної ефективності. Техніки багатомасштабного вилучення ознак, що включають розширені згортки та механізми уваги каналів/простору, розроблені для оптимізації діагностичної точності. Стратегія злиття мультимодальних даних інтегрує WSI, прогнози глибини пухлини та клінічні метадані, з покращенням інтерпретованості через значення SHAP (SHapley Additive exPlanations) та Grad-CAM++ візуалізації. Четвертий розділ представляє практичну реалізацію та клінічну валідацію запропонованої інформаційної тенології, консолідуючи експериментальні результати для демонстрації її ефективності. Наукова новизна роботи полягає у новому паралельному фреймворку попереднього оброблення для WSI, що інтегрує паралельну обробку, прискорення GPU та адаптивну фільтрацію зображень; новій багатомасштабній нейронній мережі з розширеними згортками та механізмами уваги; методі мультимодального глибокого навчання для діагностики метастазів меланоми; інтерпретувальному мультимодальному стекованому ансамблевому класифікаторі IMSEF-Melanoma, що комбінує SHAP та Grad-CAM++ для надання прозорих, стадійно-адаптивних діагностичних інсайтів.

2. In the rapidly developing field of digital pathology, automated whole-slide analysis of histopathological images (WSI) has become a cornerstone, combining cutting-edge fields such as computer vision, machine learning, deep learning, and clinical informatics. The thesis is devoted to the development of a new method and computational framework that integrates WSI, tumor depth predictions, and clinical metadata, aimed at improving melanoma diagnosis. The main goal is to develop a multimodal information technology that improves the diagnosis of melanoma metastases using new high-performance, interpretable computational frameworks for efficient preprocessing, multiscale feature analysis, multimodal data fusion, and transparent decision-making. The object of the study is the process of diagnosing melanoma and predicting its metastatic potential using computational methods applied to WSI, genomic profiles, and clinical metadata within advanced information systems. The subject of the study is an advanced computing system that includes parallel data preprocessing, multiscale neural networks, multimodal deep learning, and interpretable ensemble classifiers. The first chapter outlines the transformative trajectory of digital pathology and its critical role in advancing melanoma diagnostics, with a focus on detecting metastatic progression. The chapter explains the challenges of preprocessing, including the computational complexity of gigapixel-scale WSI and the inefficiencies of existing tools like OpenSlide. It highlights the potential of AI, particularly convolutional neural networks (CNNs), to enable multimodal diagnostic frameworks that address the limitations of unimodal approaches. The second chapter establishes the theoretical

and methodological foundations for improving melanoma diagnosis. It explores CPU and GPU architectures, using OpenMP and CUDA for efficient parallel processing, and proposes a parallel data preprocessing pipeline that includes dynamic task scheduling and resource optimization. A novel multidimensional neural network using extended convolutions and feature fusion mechanisms is introduced to account for a spectrum of morphological features. The section develops a multimodal deep learning approach that integrates WSI, clinical metadata, and genomic data through attention mechanisms and biomarker mining. Additionally, it presents an interpretive multimodal stacked ensemble framework (IMSEF-Melanoma) that improves diagnostic transparency through gradient visualization and meta-learning. The third chapter focuses on the design and optimization of algorithms and neural networks for melanoma diagnosis. It introduces a parallel data preprocessing algorithm with parallel patch generation and normalization to improve computational efficiency. Multiscale feature extraction techniques, including extended convolutions and channel/space attention mechanisms, are designed to optimize diagnostic accuracy. A multimodal data fusion strategy integrates WSI, tumor depth predictions, and clinical metadata, with improved interpretability through SHAP (SHapley Additive exPlanations) values and Grad-CAM++ visualization. The fourth chapter presents the practical implementation and clinical validation of the proposed information technology, consolidating experimental results to demonstrate its effectiveness. The scientific novelty of the work lies in a new parallel preprocessing framework for WSI that integrates parallel processing, GPU acceleration, and adaptive image filtering; a new multiscale neural network with extended convolutions and attention mechanisms; a multimodal deep learning method for diagnosing melanoma metastases; and an interpretative multimodal stacked ensemble classifier IMSEF-Melanoma.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань

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

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Zhao, C. (2024). "Multi-scale neural network-based classification method for skin pathological images." Measuring and Computing Devices in Technological Processes, (4), 42–42. DOI: 10.31891/2219-9365-2024-80-42.
- 2. Zhao, C. (2024). "Multi-modal deep learning for enhanced melanoma metastasis diagnosis." Computer Systems and Information Technologies, (4), 143–149.
- 3. Zhao, C., & Dubovoy, V. M. (2025). "Framework for efficient parallel preprocessing of whole-slide histopathological images." Scientific Works of VNTU, (1). DOI: 10.31649/2307-5376-2025-1-128-138.
- 4. Zhao, C., & Dubovoy, V. M. (2025). " Research On Melanoma Depth of Invasion Prediction Method." OPTOELECTRONIC INFORMATION-POWER TECHNOLOGIES□Accepted).

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 46К7

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дубовой Володимир Михайлович
2. Volodymyr M. Dubovoy

Кваліфікація: д.т.н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0440-3643

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Поворознюк Анатолій Іванович
2. Anatolii Povoroznyuk

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2499-2350

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гнатушенко Володимир Володимирович
2. Volodymyr Hnatushenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.01.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3140-3788

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070743

Місцезнаходження: проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Павлов Сергій Володимирович
2. Serhii Pavlov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.11.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0051-5560

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гармаш Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Garmash

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-1861-8772

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Квєтний Роман Наумович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Квєтний Роман Наумович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Іванчук Ярослав Володимирович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна