Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002073

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/62/25 від 04.08.2025

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Трочун Євгеній Володимирович
2. Yevhenii Trochun

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2744-6681

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 121

Назва наукової спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Дата захисту: 17-07-2025

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

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 9281

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

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

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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.37, 28.23.01

Тема дисертації:

1. Метод гібридизації класичних та некласичних обчислень для завдань штучного інтелекту
2. Method of classical and non-classical computations hybridization for artificial intelligence

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці комплексного методу гібридизації класичних та квантових обчислень для підвищення продуктивності та ефективності роботи систем штучного інтелекту, які будуються на основі глибоких нейронних мереж. Вперше було розроблено комплексний метод підвищення ефективності роботи глибоких нейронних мереж за допомогою використання квантових обчислень. Досліджено метод використання квантового пристрою у вигляді одного з прихованих рівнів гібридної глибокої нейронної мережі для підвищення швидкодії моделі штучного інтелекту. Підвищення швидкодії досягається за рахунок інкапсуляції частини обчислень у квантовий пристрій, що виконується на квантовому апаратному забезпеченні, яке надає значне прискорення виконання обчислень порівняно з класичним апаратним забезпеченням. Це робить класичну частину гібридної моделі менш глибокою та відповідно зменшує кількість класичних операцій, що необхідна для роботи нейронної мережі, що відповідно збільшує

швидкодію моделі. Розроблено метод використання квантового пристрою для попередньої обробки вхідних даних для збільшення варіативності тренувального набору даних та підвищення точності роботи моделі за рахунок залучення більш різноманітних даних для тренування моделі. Відповідно до методу, квантовий пристрій використовується для квантового «зашумлення» тренувальних даних та виконує роль кроку штучного розширення тренувального набору даних (data augmentation, або ж скорочено DA) при підготовці моделі. Це дозволяє розширити тренувальний набір даних та відповідно досягнути вищих показників точності порівняно з референтними моделями, особливо у контексті задач, де тренувальний набір даних є обмеженим. Розроблено метод використання квантової схеми у якості першого згорткового шару глибоких згорткових нейронних мереж для підвищення точності роботи моделі штучного інтелекту. Відповідно до розробленого методу, квантовий згортковий шар створює багатоканальне представлення вхідного зображення та модель використовує глибоку згорткову мережу у якості класичної частини гібридної моделі для опрацювання багатоканального варіанту зображення, що сприяє кращому виділенню характерних рис класів та сприяє підвищенню точності роботи моделі. Розроблено набір програмних компонентів для виконання як класичних задач класифікації зображень, що використовуються для аналізу ефективності моделей штучного інтелекту, так і показано ефективність підходів для вирішення практико-орієнтованої задачі аналізу знімків місцевості, отриманих з супутника, для виявлення ділянок уражених природною катастрофою. Для експериментів було використано гібридні моделі, побудовані на основі глибоких згорткових нейронних мереж, як простої пірамідальної архітектури, так і складніші та більш сучасні рішення, такі як ResNet50 та EfficientNet. Проведено аналіз результатів застосування запропонованих методів гібридизації класичних та некласичних обчислень. За результатами експериментів з застосуванням запропонованих методів, було продемонстровано їх ефективність у контексті підвищення точності роботи моделей з простішими архітектурами (згорткові нейронні мережі пірамідальної архітектури) на класичних та достатньо повних наборах даних, таких як CIFAR100 (покращення точності класифікації на 2.9% порівняно з референтною моделлю VGG-16). На практико-орієнтованій задачі класифікації зображень, представленої набором даних супутникових знімків, який є менш повним, збільшення ефективності було продемонстровано гібридними моделями на основі як простіших, так і складних архітектур (таких як EfficientNet та ResNet50). Та було досягнуто нової найсучаснішої та найвищої «state-of-the-art» (SOTA) точності 98.81% (покращення на 0.31% порівняно з референтною моделлю) за допомогою гібридної квантово-класичної моделі, побудованої на основі EfficientNet. Також було доведено можливість та практичність використання методу гібридизації, що полягає у виокремленні частини прихованих шарів глибокої нейронної мережі у квантовий пристрій. Даний підхід гібридизації показав нижчу точність роботи моделі, досягнувши точності у 72.75% (зниження точності на 3.25% відносно референтної моделі) на наборі даних супутникових знімків. Проте це зниження точності може бути несуттєвим у ряді задач відносно пришвидшення операцій за рахунок перенесення частини обчислень на квантове апаратне забезпечення. Розроблені методи є складовими комплексного методу гібридизації класичних та некласичних обчислень та дозволяють підготувати гібридні моделі на основі класичних нейронних мереж, залежно від типу задачі та вимог з підвищення швидкодії чи точності роботи моделей при вирішенні ряду різноманітних практичних задач.

2. The dissertation focuses on the development of a comprehensive method for hybridizing classical and quantum computations to enhance the performance and efficiency of artificial intelligence systems based on deep neural networks. A comprehensive method to improve the efficiency of deep neural networks through quantum computing utilization was developed. A method that involves a quantum device as one of the hidden layers in a hybrid deep neural network to enhance the speed of artificial intelligence models was investigated and evaluated. The acceleration is achieved by encapsulating part of the computations within the quantum device, which is executed on quantum hardware that provides significant computational speed compared to classical hardware. This reduces the depth of the classical portion of the hybrid model, thereby decreasing the number of classical operations required, which, in turn, increases the model's speed. A method was also developed that uses a quantum device for preprocessing input data, increasing the variability of the training dataset and improving the

model's accuracy by incorporating more diverse data. This involves utilizing the quantum device for quantum noise injection in training data, effectively serving as a "data augmentation" step during model preparation. This expands the training dataset and results in higher accuracy compared to reference models, particularly for tasks with limited training data. Additionally, a method was designed to use quantum circuits as the first convolutional layer in deep convolutional neural networks to improve artificial intelligence model accuracy. This quantum convolutional layer creates multi-channel representations of input images, enabling the classical convolutional network in the hybrid model to process these enriched representations, which improves feature extraction and boosts model accuracy. A set of software components was developed to handle classical image classification tasks for benchmarking artificial intelligence models and to demonstrate the practical effectiveness of these approaches. These methods were applied to satellite imagery analysis for identifying areas affected by natural disasters. Hybrid models based on deep convolutional neural networks — ranging from simple pyramidal architectures to more advanced solutions like ResNet50 and EfficientNet — were used in experiments. An analysis of the proposed methods of hybridizing classical and quantum computations demonstrated their effectiveness. Experiments showed an accuracy improvement of 2.9% on the CIFAR100 dataset using simpler architectures like pyramidal convolutional neural networks, compared to the reference VGG-16 model. For satellite imagery classification with a less complete dataset, hybrid models with both simpler and more complex architectures (such as EfficientNet and ResNet50) showed improvements, achieving a new state-of-the-art accuracy of 98.81% — an increase of 0.31% over the reference model — with a quantum-classical hybrid model based on EfficientNet. The practicality of hybridizing neural network layers with quantum devices was also demonstrated. Although this method resulted in slightly lower accuracy (72.75%, a 3.25% decrease compared to the reference model) for satellite imagery classification, the trade-off for faster operations through quantum hardware could be valuable for specific tasks that value computation speed higher than classification accuracy. These methods are components of a comprehensive approach to hybridizing classical and quantum computations, enabling the preparation of hybrid models based on classical neural networks tailored to task requirements for speed or accuracy improvements across various practical applications.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

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

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Gordienko Y., Trochun Y., Stirenko S., “Multimodal Quanvolutional and Convolutional Neural Networks for Multi-class Image Classification”. Big Data and Cognitive Computing, 2024, Vol 8, №7, 75.
- Trochun Y., Gordienko Y., “Effectiveness of Hybrid Quantum-Classical and Quanvolutional Neural Networks for image classification”, Inf. Comput. and Intell. syst. j., no. 5, pp. 68–79, Dec. 2024.
- Gordienko Y., Trochun Y., Taran V., Khmelnytskyi A., Stirenko S., “HNN-QCn: Hybrid Neural Network with Multiple Backbones and Quantum Transformation as Data Augmentation Technique”. AI, 2025, vol 6, №2, 36.
- Trochun Y., Stirenko S., Gordienko Y., “Multichannel Quantum Data Preprocessing for Image Classification Problems”, Springer Book Series, Algorithms for Intelligent Systems, Innovations in Cybersecurity and Data Science, 2024, pp.807-821.
- Trochun Y., Stirenko S., Rokovyi O., Alienin O., Pavlov E., Gordienko Y., “Hybrid Classic-Quantum Neural Networks for Image Classification,” 2021 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Cracow, Poland, 2021, pp. 968-972.
- Trochun Y., Pavlov E., Stirenko S., Gordienko Y., “Impact of Hybrid Neural Network Structure on Performance of Multiclass Classification,” IEEE EUROCON 2021 - 19th International Conference on Smart Technologies,

Lviv, Ukraine, 2021, pp. 152-156.

- Trochun Y., Wang Zh., Rokovyi O., Peng G., Alienin O., Lai G., Gordienko Y., Stirenko S., “Hurricane Damage Detection by Classic and Hybrid Classic-Quantum Neural Networks,” 2021 International Conference on Space-Air-Ground Computing (SAGC), Huizhou, China, 2021, pp. 152-156.

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

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гордієнко Юрій Григорович
2. Yurii G. Gordienko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2682-4668

Додаткова інформація:

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Терещенко Василь Миколайович
2. Vasyl M. Tereshchenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0139-6049

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тульчинський Вадим Григорович
2. Vadim G. Tulchinskiy

Кваліфікація: д. ф.-м. н., ст. наук .співр., 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0280-223X

Додаткова інформація:

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. Терейковський Ігор Анатолійович
2. Ihor A. Tereikovskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.21

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4621-9668

Додаткова інформація:

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. Шимкович Володимир Миколайович

2. Volodymyr M. Shymkovych

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4014-2786

Додаткова інформація:

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

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Писарчук Олексій Олександрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Писарчук Олексій Олександрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Трочун Євгеній Володимирович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна