

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України  
"Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського"  
к.т.н., доцент  
Гетяна ЖЕЛЯСКОВА  
2025 р.

### ВИТЯГ

з протоколу № 8 від 19 лютого 2025 р. засідання  
кафедри обчислювальної техніки  
Національного технічного університету України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

### БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри обчислювальної техніки: старший викладач Алещенко О.В.; старший викладач Аленін О.І.; доцент, к.т.н., доцент Болдак А.О.; старший викладач Васильєва М.Д.; старший викладач Каплунов А.В.; старший викладач Кочура Ю.П.; доцент, к.т.н., доцент Верба О.А.; доцент, к.т.н., доцент Волокита А.М.; асистент Гончаренко О.О.; проф., д.ф.-м.н., с.н.с. Гордієнко Ю.Г.; доцент, к.т.н., доцент Долголенко О.М.; проф., д.т.н., проф. Жабін В.І.; доцент, д.т.н., доцент Клименко І.А.; асистент Череватенко О.В.; доцент, к.т.н., доцент Корочкін О.В.; проф., д.т.н., проф. Кулаков Ю.О.; доцент, к.т.н., доцент Марковський О.П.; проф., д.т.н., в.о. завідувача кафедри Новотарський М.А.; доцент, к.т.н., доцент Павлов В.Г.; проф., д.т.н., проф. Писарчук О.О.; доцент, к.т.н., доцент Порєв В.М.; доцент, к.т.н., доцент Роковий О.П.; доцент, к.т.н., доцент Русанова О.В.; асистент Русінов В.В.; асистент Нечай Д.О.; доцент, к.т.н., доцент Селіванов В.Л.; проф., д.т.н., проф. Сергієнко А.М.; старший викладач Сімоненко А.В.; проф., д.т.н., проф. Стіренко С.Г.; старший викладач, д-р. філос. Таран В.І.; доцент, к.т.н., доцент Ткаченко В.В.; проф., д.т.н., проф. Кулаков О.Ю.; старший викладач, д-р. філос. Міщенко Л.Д.; старший викладач, д-р. філос. Молчанова О.Ю.; старший викладач, д-р. філос. Шульга М.В.; старший викладач Шемсєдинов Т.Г.; асистент Ковальчук О.М.; асистент Пономаренко А.М.; асистент Нікольський С.С.; асистент Баран Д.Р.; асистент Гордієнко Н.Ю.; асистент Дремов А.К.; доцент, к.т.н., доцент Шимкович В.М. Всього присутніх на засіданні кафедри 43 науково-педагогічних працівника.

## СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри обчислювальної техніки Троцюка Євгенія Володимировича за матеріалами дисертаційної роботи "Метод гібридизації класичних та некласичних обчислень для завдань штучного інтелекту", поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення. Освітньо-наукова програма Інженерія програмного забезпечення.

Тему дисертаційної роботи "Метод гібридизації класичних та некласичних обчислень для завдань штучного інтелекту" затверджено на засіданні Вченої ради ФІОТ (протокол № 3 від 15 листопада 2021 року).

Науковим керівником затверджений доктор фізико-математичних наук, професор, Гордієнко Ю.Г.

## 2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

доцент, к.т.н., доцент, Волокита А.М.

в. о. завідувача кафедри, д.т.н., професор, Новотарський М.А.

## 3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

доцент, к.т.н., доцент, Волокита А.М.

в. о. завідувача кафедри, д.т.н., професор, Новотарський М.А.

професор, д.т.н., професор, Писарчук О.О.

професор, д.ф.-м.н., с.н.с., Гордієнко Ю.Г.

## УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

### 1. Актуальність теми дослідження

Квантові обчислення є однією з найбільш актуальних тем досліджень останніх років, і ця галузь є надзвичайно цікавою з точки зору можливостей, які нові досягнення в ній можуть принести в різні сфери науки, такі як штучний інтелект, фізика, хімія тощо. Досягнення в сфері квантових комп'ютерів обіцяють принести багато інновацій і революційних змін у багато різних сфер життя та досліджень. Однією з таких областей, яка може значно виграти від цього, є штучний інтелект (ШІ) і, зокрема, квантове машинне навчання. У контексті ШІ квантові комп'ютери можуть бути використані для підвищення ефективності операцій машинного навчання. Це реалізується у формі алгоритмів квантового машинного навчання, які дозволяють побудувати нейронну мережу, яка повністю працює на квантовому обладнанні, та гібридних квантово-класичних нейронних мереж, де частина моделі працює на класичному обладнанні, а інша частина

виконується на квантовому обладнанні. Оскільки квантові комп'ютери здатні виконувати певні обчислення значно швидше і, крім того, є більш енергоефективними порівняно з класичними, їх використання для задач ШІ обіцяє бути дуже перспективним у майбутньому.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана на кафедрі обчислювальної техніки та входить в план наукової роботи в рамках науково-дослідної роботи за грантом Національного Фонду Досліджень України «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди» (<https://nrfu.org.ua>), реєстраційний номер гранту: 2022.01/0199.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

Вперше запропоновано комплексний метод гібридизації класичних та квантових обчислень, який на відміну від існуючих може бути направлений на збільшення швидкодії моделей ШІ або на збільшення точності роботи моделей залежно від вимог задачі за рахунок залучення квантових обчислень у різних частинах гібридних нейронних мереж (у якості квантово-згорткового (quanvolutional) шару або ж у якості заміни частини прихованих повнозв'язних шарів глибокої нейронної мережі).

Вперше запропоновано метод побудови гібридних систем ШІ, який на відміну від існуючих дозволяє залучати незмінені сучасні передові (State of the Art - SOTA) моделі та дозволяє досягнути вищих значень точності роботи моделей порівняно з альтернативними підходами за рахунок залучення квантових обчислень у якості першого квантово-згорткового (quanvolutional) шару гібридних моделей.

Набув подальшого розвитку метод використання трансферного навчання у контексті гібридних квантово-класичних нейронних мереж, що дозволяє зменшити обсяг ресурсів (час обчислень, енергія), потрібних для підготовки моделі та підвищити точність роботи гібридних квантово-класичних моделей ШІ.

Набув подальшого розвитку метод використання багатоканальності (multi-channel) даних для вирішення задачі класифікації зображень, що дозволяє підвищити точність роботи гібридної моделі ШІ за рахунок використання квантового пристрою для створення додаткових каналів на основі вхідних даних.

Набув подальшого розвитку метод штучного розширення різноманітності даних (data augmentation) для вирішення задачі класифікації зображень, що дозволяє підвищити стійкість по відношенню до невідомих даних (generalization) гібридної моделі ШІ за рахунок використання квантово-згорткового штучного розширення різноманітності даних (quanvolutional data augmentation) і використання результатів роботи квантового пристрою в якості додаткових каналів вхідних даних.

Набув подальшого розвитку метод використання багатоструктурної (multi-backbone) моделі у якості класичної частини гібридної квантово-згорткової (quanvolutional) моделі для вирішення задачі класифікації

зображень, що дозволяє підвищити точність роботи гібридної моделі ІІІ за рахунок незалежного паралельного опрацювання додаткових каналів, що були створені за допомогою квантового пристрою, спеціалізованими базовими моделями, що входять до складу багатоструктурної класичної частини моделі.

Результати було продемонстровано на прикладі практичної задачі класифікації пошкоджень в зонах стихійних лих та в контексті використання систем ІІІ загального застосування, особливо для задач, що вимагають надвисокої швидкодії.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

Результати, отримані в ході дослідження, дозволяють застосовувати гібридні квантово-класичні моделі ІІІ для вирішення різноманітних практичних задач, що мають підвищені вимоги до швидкодії алгоритмів або ж підвищені вимоги до точності роботи систем ІІІ, особливо в контексті задач, що мають обмежений набір даних, які можна використати для тренування моделі. Розроблений метод пропонує два альтернативних підходи гібридизації нейронних мереж, що можуть бути використані залежно від вимог задачі. Перший з підходів полягає в зменшенні глибини класичної частини нейронної мережі за рахунок її заміни квантовим пристроєм, що надає приріст швидкодії системи. Другим підходом є створення додаткових каналів вхідних даних за допомогою квантового пристрою та використання SOTA класичних моделей для опрацювання додаткових каналів вхідних даних та залучає підхід на основі голосування більшістю для визначення фінального вердикту моделі на основі опрацювання додаткових каналів.

#### **5. Апробація/використання результатів дисертації**

Основні результати дисертаційного дослідження було представлено, обговорено та опубліковано на міжнародних наукових конференціях, а саме на: 19th International Conference on Smart Technologies, EUROCON 2021 (м. Львів, 2021 р.); International Conference on Space-Air-Ground Computing, SAGC 2021 (м. Хуейчжоу, Китай, 2021 р.); 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021 (м. Краків, Польща, 2021 р.); The International Conference on Security, Fault Tolerance, Intelligence, ICSFTI 2021 (м. Київ, 2021 р.).

За результатами наукових досліджень отримано запрошення до участі у міжнародному консорціумі COST Action OC-2024-1-27129 "Quantum Artificial Intelligence" (<https://www.cost.eu>), подано спільну заявку.

#### **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи, проведеної д.т.н., професором Писарчуком Олексієм Олександровичем, дисертаційна робота Трочуна Євгенія Володимировича є оригінальною роботою та не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень.

## 7. Перелік публікацій за темою дисертації

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових публікацій, у тому числі: 3 статті у періодичних наукових фахових виданнях: 2 статті у виданнях, проіндексованих у базах WoS та Scopus, віднесених до Q2 відповідно до класифікації Journal Citation Reports, що відповідають зазначеним вимогам та 1 стаття в фаховому виданні категорії «Б»; 3 доповіді та тези на наукових конференціях та 1 стаття, що додатково відображає матеріали роботи;

1. Trochun Y., Gordienko Y., "Effectiveness of Hybrid Quantum-Classical and Quantvolutional Neural Networks for image classification", Inf. Comput. and Intell. syst. j., no. 5, pp. 68–79, Dec. 2024 (Фахове видання категорії «Б»).
2. 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 (Scopus).
3. Trochun Y., Stirenko S., Gordienko Y., "Multichannel Quantum Data Preprocessing for Image Classification Problems", Springer Book Series, Algorithms for Intelligent Systems, pp.807-821.
4. Gordienko Y., Trochun Y., Stirenko S., "Multimodal Quantvolutional and Convolutional Neural Networks for Multi-class Image Classification". Big Data and Cognitive Computing. 2024, Vol 8, №7, 75 (Scopus, Q2).
5. 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, 6, 36 (Scopus, Q2).
6. 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 (Web of Science).
7. 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 (Scopus).

Якість та кількість публікацій відповідають "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Трочуна Є.В. "Метод гібридизації класичних та некласичних обчислень для завдань штучного інтелекту", що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні

технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «інженерія програмного забезпечення» зі спеціальності 121 «інженерія програмного забезпечення».

**РЕКОМЕНДУВАТИ:**

1. Дисертаційну роботу "Метод гібридизації класичних та неklasичних обчислень для завдань штучного інтелекту", подану Трочуном Євгенієм Володимировичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., професор, професор кафедри обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України,

**Писарчук Олексій Олександрович**

Члени:

Рецензенти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем та технологій, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України,

**Шимкович Володимир Миколайович**

д.т.н., професор, професор кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України,

**Терейковський Ігор Анатолійович**

Офіційні опоненти:

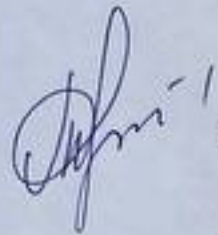
д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри математичної інформатики, Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

**Терещенко Василь Миколайович**

д.ф.-м.н., с.н.с., завідувач відділу автоматизації програмування № 145, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України,

**Тульчинський Вадим Григорович**

Головуючий на засіданні  
доктор технічних наук, професор,  
в.о. завідуючого кафедри ОТ



Михайло НОВОТАРСЬКИЙ

Вчений секретар кафедри ОТ  
кандидат технічних наук, доцент



Ольга РУСАНОВА