

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

Національного технічного

університету України

“Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського”

к.т.н., доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



“ 06 ” 06 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 15 від 14 травня 2025 р. розширеного засідання
кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях, доцент кафедри к.т.н., доц. Ільницький А.І., завідувач кафедри ІТТ д.т.н., проф. Скулиш М.А., професор кафедри д.т.н., проф. Глоба Л.С, ст. викладач Педан С.І., професор кафедри д.т.н., проф. Могилевич Д.І., професор кафедри д.т.н., доц. Недашківський Н.Н., професор кафедри д.т.н., проф. Федін С.С., в.о. директора НН ІТС доцент кафедри к.т.н. доц. Правило В.В., доцент кафедри к.т.н., доц. Астраханцев А.А., доцент кафедри к.т.н., доц. Суліма С.В., доцент кафедри к.т.н., доц. Алексєєв М.О., доцент кафедри к.т.н., доц. Кононова І.В., доцент кафедри к.т.н., доц. Цуканов О.Ф., доцент кафедри к.т.н., доц. Новогрудська Р.Л., старший викладач кафедри к.т.н. Педан С.І., старший викладач кафедри Курдеча В.В., асистент кафедри Захарчук Л.В., аспірант кафедри Ушаков С.М., аспірант кафедри Тихонов М., аспірант кафедри Міхненко Я.О., аспірант кафедри Ляшенко А.В., аспірант кафедри Леляк А.В., завідувач лабораторії Калайда Г.С., фахівець 2 кат. Виноградова Н.А.

- з кафедри телекомунікацій завідувач кафедри д.т.н., проф. Кравчук С.О., професор кафедри д.т.н., проф. Романов О.І., професор кафедри д.т.н., проф. Лисенко О.І., доцент кафедри к.т.н., Авдєєнко Г.Л.

- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського: професор кафедри електронних комунікацій та інтернету речей д.т.н., проф. Уривський Л.О., завідувач кафедри інформаційних систем та технологій д.т.н., проф. Ролік О.І., доцент кафедри інформаційної безпеки к.т.н., доц., Барановський О.М.; академік НАН України, д.т.н., професор Ільченко М.Ю.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях Касереса Антона за матеріалами дисертаційної роботи “Комплексний підхід проєктування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань в галузі знань 17 — Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 — Телекомунікації та радіотехніка, освітньо-наукова програма “Телекомунікації та радіотехніка”.

Тему дисертаційної роботи “Комплексний підхід проєктування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі” затверджено на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем (протокол № 10 від “22” листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем (протокол № 11 від “23” грудня 2024 року).

Науковим керівником затверджена д.т.н., професор Глоба Лариса Сергіївна.

2. Запитання до здобувача.

Запитання на тему дисертації ставили:

к.т.н., доц. Ільницький А.І., д.т.н., проф. Глоба Л.С., д.т.н., проф. Романов О.І., д.т.н., проф. Ролік О.І., д.т.н., проф. Лисенко О.І., д.т.н., проф. Уривський Л.О., проф. Скулиш М.А.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: к.т.н., доц. Ільницький А.І., д.т.н., проф. Скулиш М.А., д.т.н., проф. Ролік О.І., д.т.н., проф. Глоба Л.С., д.т.н., проф. Лисенко О.І., д.т.н., проф. Уривський Л.О.

УХВАЛИЛИ:

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

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розроблення комплексних підходів до проектування гнучких мультимарних інфраструктур, здатних ефективно розподіляти обчислювальні ресурси між різними провайдерами, що пов'язано зі зростаючою складністю інформаційних систем та дедалі зростаючими обсягами обчислювальних завдань, де потреба у високоефективних засобах розподілу обчислень у гетерогенних хмарних інфраструктурах є надзвичайно актуальною.

Особливо актуальним є дослідження та розробка нових методів, що дозволяють ефективно інтегрувати різні хмарні платформи для створення адаптивної та високопродуктивної інфраструктури, що є критично важливими для подальшого розвитку галузі. Запропонований комплексний метод щодо формування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі, поєднує переваги методів навчання з підкріпленням і багатокритеріальних еволюційних алгоритмів для пошуку ефективних рішень із урахуванням динаміки зміни як стану інфраструктури мультимарного середовища так і вимог кінцевого користувача, що дозволяє підвищити продуктивність, захищеність та знизити витрати виконання обчислювальних задач.

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

Робота виконувалась відповідно до планів наукових досліджень кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях Навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем в рамках держбюджетної теми: 2218п «Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid» (номер державної реєстрації 0119U001184); в рамках держбюджетної теми: 2313п «Побудова інформаційно-аналітичної платформи для супроводження функціонування кіберфізичних систем» (номер державної реєстрації 0120U102298); в рамках міжнародного проєкту “IDEA-East-Hub: International Innovation Hub for Data Science and renewable Energy”, DAAD Program - HAW International Modul за співпрацею НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» та Анхальтським університетом прикладних наук Кьотен, Німеччина (номер договору 57603761).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше запропоновано комплексний метод щодо формування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному

середовищі, який використовує інтегрований показник ефективності виконання обчислювальних завдань для визначення в автоматизованому режимі місця розташування і типу сервісів, які пропонуються хмарними провайдерами.

2.Запропоновано математичну модель мультихмарної взаємодії обчислювальних сервісів у динамічно змінюваному середовищі, яка враховує динаміку змін вимог кінцевого користувача та характеристик наявних хмарних ресурсів, що дозволяє автоматизувати переналаштування мультихмарної платформи.

3.Запропоновано метод визначення інтегрованого показника ефективності виконання обчислювальних завдань у динамічно змінюваному середовищі, який вирізняється врахуванням динаміки зміни як стану інфраструктури мультихмарного середовища так і вимог кінцевого користувача, що дозволяє автоматизувати процес проєктування та переналаштування віртуальної мультихмарної платформи.

4.Запропоновано метод визначення складових інтегрованого показника ефективності виконання обчислювальних завдань у динамічно змінюваному мультихмарному середовищі, який відрізняється використанням LLM моделі для аналізу стану обчислювального середовища за сукупністю критеріїв проєктування віртуальної мультихмарної платформи із динамічно змінюваним набором вимог, що дозволяє враховувати ступінь впливу кожного критерія та підвищити достовірність і об'єктивність прийняття рішень.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Теоретичне значення результатів

1.Розроблено математичну модель інтегрованого показника ефективності виконання обчислювальних завдань у динамічно змінюваному середовищі, яка враховує економічну ефективність, продуктивність, надійність, сумісність взаємодії та безпеку при автоматизованому проєктуванні оптимальної конфігурації мультихмарної інфраструктури.

2.Запропоновано метод визначення складових інтегрованого показника ефективності з використанням LLM для аналізу стану обчислювального середовища, що дозволяє враховувати ступінь впливу кожного критерія та підвищити достовірність прийняття рішень.

3.Формалізовано процес взаємодії LLM-агентів у мультихмарному середовищі та розроблено алгоритм узгодження їх висновків для формування фінального рішення, що підвищує надійність та адаптивність системи.

4. Розроблено комплексний метод формування обчислювальної інфраструктури, який поєднує навчання з підкріпленням і багатокритеріальні еволюційні алгоритми для пошуку ефективних рішень з урахуванням динаміки змін середовища та вимог користувача.

5. Запропоновано архітектуру мультиагентної системи підтримки прийняття рішень, в якій спеціалізовані агенти (технічний, економічний, безпековий) оцінюють варіанти розгортання за різними критеріями, а їх висновки узгоджуються через механізми консенсусу та компромісу.

6. Створено модель динамічної адаптації до зміни параметрів середовища, що включає моніторинг стану системи, виявлення відхилень, прогнозування змін та вибір стратегії адаптації для забезпечення стабільної роботи в умовах змінного навантаження.

Практичне значення результатів

1. Усі теоретичні розробки дисертації втілені у комплексному підході проєктування віртуальної мультихмарної платформи, що дозволяє ефективно обирати набір хмарних сервісів та автоматизувати їх розгортання для підвищення адаптивності та ефективності обчислювальних процесів.

2. Розроблено ПЗ, яке дозволило автоматизувати процеси проєктування і переналаштування віртуальної мультихмарної платформи із динамічно змінюваним набором вимог.

3. На основі запропонованої моделі і методу розроблено програмні рішення, які інтегровано в системи управління обчислювальними ресурсами віртуального мультихмарного середовища із динамічно змінюваним набором вимог для покращення гнучкості, підвищення рівня автоматизації та швидкості розгортання інфраструктури, зменшуючи залежність від ручних процесів та людського фактору.

4. Розроблено прототип системи управління обчислювальними ресурсами віртуального мультихмарного середовища із динамічно змінюваним набором вимог кінцевого користувача, який демонструє ефективність застосування запропонованих методів і моделей під час проєктування і розгортання обчислювальної інфраструктури, що підтверджує можливість практичного впровадження автоматизованих рішень у реальних сценаріях використання багатохмарних інфраструктур.

5. Здійснено практичне впровадження системи автоматизованого проєктування віртуальної мультихмарної платформи із динамічно змінюваним набором вимог, що продемонструвало значне зниження витрат, покращення продуктивності обробки обчислювальних завдань та підвищення масштабованості порівняно з традиційними підходами.

5. Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати дисертаційної роботи були представлені й одержали схвалення на: міжнародній конференції Voxxed Days Cluj 2023 (м. Клуж-Напока, Румунія, 2023 р.); міжнародній конференції EuroPython 2024 (м. Прага, Чехія, 2024 р.); технічній конференції PyconDE 2024 (м. Берлін, Німеччина, 2024 р.);

За результатами досліджень опубліковано статті у фахових журналах і збірниках матеріалів конференцій: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 тези у матеріалах міжнародної конференції TCSET (Scopus), та 8 виступів на міжнародних конференціях розробників.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Касереса А. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 5 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статті у наукових фахових виданнях України;
- 1 тези у матеріалах міжнародної конференції TCSET (Scopus).

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Caceres, A., & Globa, L. (2025). AHP-based multi-criteria analysis of multi-cloud data management techniques. *Radioelectronic and Computer Systems*, 1, Article 04. <https://doi.org/10.32620/reks.2025.1.04>.

Здобувачеві належить: розробка моделі багатокритеріального аналізу, а також побудова експерименту і аналіз результатів.

2. Caceres, A., & Globa, L. (2025). Аналіз підходів доступу до даних у мульти-клауд середовищі [Analysis of data access approaches in a multi-cloud environment]. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1. Retrieved from <https://ric.zp.edu.ua/article/view/324539/314660>.

Здобувачеві належить: опис підходів мультихмарної взаємодії, а також реалізація експерименту і побудова алгоритму оптимізації використання мультихмарних підходів.

3. Caceres, A., & Globa, L. (2024). Підхід до формування мультихмарного середовища на основі багатокритеріального аналізу та онтологічного моделювання [A multi-criteria and ontology-based approach to multi-cloud environment selection]. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 4. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.4.084>.

Здобувачеві належить: дослідження методів мультихмарної взаємодії, а також побудова онтологічної моделі.

4. Caceres, A., & Globa, L. (2024). Інтеграція ІІІ та мультиагентних систем для багатокритеріального аналізу у мультихмарному середовищі [Integration of AI and multi-agent systems for multi-criteria analysis in a multicloud environment]. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 35(74), № 6, Частина 2. Retrieved from https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/6_2024/part_2/12.pdf.

Здобувачеві належить: розробка концептуальної архітектури і прототипу мультиагентної системи.

Тези у матеріалах міжнародних конференцій (Scopus)

Caceres, A., & Globa, L. (2022). State-of-the-art architectures for interoperability of heterogeneous clouds. In Proceedings of the 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) (pp. 704–709). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9766965>.

Здобувачеві належить: аналіз сучасних архітектур гетерогенних хмар.

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 Касереса А. “Комплексний підхід проектування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка 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 Телекомунікації та радіотехніка зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Комплексний підхід проектування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі”, подану Касересом Антоном 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:

- доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського **Ролік Олександр Іванович**
- Члени:

Рецензенти:

- доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях КПІ ім. Ігоря Сікорського **Астраханцев Андрій Анатолійович**
- доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою інформаційних технологій в телекомунікаціях КПІ ім. Ігоря Сікорського **Скулиш Марія Анатоліївна;**

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор, директор інституту прикладних систем управління НАН України **Копійка Олег Валентинович;**
- доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп’ютерної інженерії та програмування, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" **Кучук Ніна Георгіївна.**

Головуючий на засіданні

доцент кафедри ІТТ, к.т.н.доц.

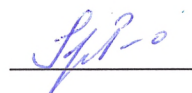


Анатолій ІЛЬНИЦЬКИЙ

Вчений секретар

кафедри ІТТ

к.т.н. доц.



Ріна НОВОГРУДСЬКА