

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Касереса Антона

на тему «Комплексний підхід проєктування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації  
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

### Актуальність теми дисертації.

Інтенсивний розвиток хмарних технологій та зростаючі потреби підприємств у гнучких і масштабованих обчислювальних рішеннях зумовлюють актуальність дослідження проблем проєктування мультимарних інфраструктур. Сучасні підходи до розподілу обчислювальних завдань у мультимарному середовищі часто не враховують динамічність змін навантаження, різноманітність критеріїв оптимізації та складність інтеграції сервісів різних провайдерів. У даній дисертаційній роботі розроблено формалізовану модель проєктування обчислювальної інфраструктури мультимарного середовища із динамічно змінюваним набором вимог.

### Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Запропоновано комплексний метод формування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультимарному середовищі, що відрізняється від існуючих використанням інтегрованого показника ефективності та поєднанням методів навчання з підкріпленням і багатокритеріальних еволюційних алгоритмів.
2. Розроблено математичну модель мультимарної взаємодії обчислювальних сервісів, яка враховує динаміку зміни вимог користувачів та характеристик хмарних ресурсів, що дозволяє автоматизувати процес переналаштування платформи.
3. Запропоновано метод визначення складових інтегрованого показника ефективності з використанням LLM для багатокритеріального аналізу, що підвищує достовірність і об'єктивність прийняття рішень.
4. Розроблено архітектуру мультиагентної системи підтримки прийняття рішень, яка включає спеціалізованих агентів для технічного, економічного та безпекового аналізу варіантів розгортання.

Отримані наукові результати автором пройшли апробацію у наукових статтях і конференціях.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформаційно-комунікаційних технологій та систем Навчально-наукового Інституту телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках: держбюджетної теми: 2218п «Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid» (номер державної реєстрації 0119U001184); держбюджетної теми: 2313п «Побудова інформаційно-аналітичної платформи для супроводження функціонування кіберфізичних систем» (номер державної реєстрації 0120U102298); 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) під керівництвом професора кафедри інформаційних технологій в телекомунікаціях, д.т.н, професора Глоби Л.С.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання підвищення рівня автоматизації, достовірності та об'єктивності оцінювання варіантів розгортання мультихмарної архітектури для обробки обчислювальних завдань виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Касереса Антона повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Телекомунікації та радіотехніка».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Касереса Антона є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Виклад пояснювальної записки дисертаційної роботи представлено у логічній послідовності та у доступному представленні для читача, що має відповідну професійну кваліфікацію за темою дослідження. Здобувач використав загальноприйнятну технічну термінологію.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 227 сторінок.

У вступі здобувач розкрив аспекти розвитку мультимарних обчислень, обґрунтував актуальність обраної теми, зазначив зв'язок роботи з науково-дослідними роботами та темами, в рамках яких виконувалась дисертаційна робота, а також розкрив мету роботи, об'єкт, предмет, методи і задачі дослідження, та надав інформацію про апробацію результатів дослідження.

У першому розділі здобувач детально розкрив проблему проєктування мультимарних систем, проаналізував процес функціонування існуючих методів та визначив їх недоліки. Автор розглянув особливості сучасних підходів та їх обмеження, що дозволило визначити напрямки вдосконалення.

У другому розділі здобувач описав відомі та запропоновані методи формалізації процесу взаємодії обчислювальних ресурсів, запропонував онтологічну модель для побудови мультимарного середовища, та провів аналіз статистичних показників функціонування систем.

У третьому розділі запропоновано методи і їх покращення для проєктування архітектури обчислювальної інфраструктури, а саме: комплексний метод формування інфраструктури на основі мультиагентних систем, що враховує технічні, економічні та безпекові аспекти, та передбачає автоматизоване виконання для стратегічного, оперативного та тактичного планування у режимі реального часу.

У четвертому розділі здобувач описав розроблене програмне забезпечення для реалізації запропонованого комплексного методу та оптимізації мультимарних систем. Автор також описав можливості інтеграції розробленого програмного забезпечення з існуючими процесами планування та оптимізації. Здобувач провів експеримент з визначення найбільш підходящого методу лінійної регресії для задач планування.

У п'ятому розділі здобувач описав розроблені програмні засоби для реалізації запропонованих методів та провів їх експериментальну перевірку. Детально описано процес перевірки ефективності запропонованих методів шляхом застосування методу імітаційного моделювання.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації пройшли рецензування і висвітлені у 5 наукових публікаціях, серед яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України та 1 теза у матеріалах міжнародної конференції TCSET, проіндексованої у базі даних Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях, в тому числі міжнародних. В наукових публікаціях здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Недостатньо повно розкрита архітектура, дизайн, реалізація програмних компонент та алгоритми роботи розробленого програмного забезпечення на основі підходу SPL (Software Product Line), які зазначені в роботі як такі, що використані для моделювання і верифікації запропонованих методів комплексного планування.

2. Реалізація мультиагентної системи у дисертаційній пояснювальній записці та її додатках представлена математичною моделлю комплексного методу формування інфраструктури. Проте, доцільно було б надати приклад повного циклу моделювання, який би починався з технічних параметрів системи, абонентів та їх географічного розміщення, маркетингових та інших параметрів, які беруть участь у розрахунках покращеного комплексного методу планування.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

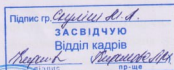
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Касереса Антона на тему «Комплексний підхід проєктування обчислювальної інфраструктури у гетерогенному мультихмарному середовищі» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Електроніка та телекомунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач Касерес Антон заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

**Рецензент:**

завідувач кафедру інформаційних технологій в телекомунікаціях навчально-наукового інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., проф.



Марія СКУЛИШ

М.П.

«        »        20        року