Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 26.133.102
у Київському столичному університеті
імені Бориса Грінченка
доктору технічних наук, професору
професору кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Факультету інформаційних технологій та математики Київського столичного університету імені Бориса Грінченка
Коршун Наталії Володимирівні

ВІДГУК

офіційного опонента **ДЕСЯТКО Альони Миколаївни**,

доктора філософії, доцента, завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки Державного торговельно-економічного університету

на дисертацію **ЦИРКАНЮК Діани Андріївни**

«Методи та моделі оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем для підвищення безпеки»

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

125 Кібербезпека

1. Актуальність теми дослідження

Збільшення кількості та складності кібератак на хмарні обчислювальні системи, що використовуються у критичній інфраструктурі, державному та комерційному секторах, зумовлює гостру необхідність удосконалення існуючих і розробки нових методів управління обчислювальними ресурсами таких систем з урахуванням безпекових ризиків. З іншого боку, багатокористувацька природа хмарних середовищ, поширення гібридних і мультихмарних архітектур, а також зростання обсягів автоматизованих і довготривалих обчислювальних задач призводять до

ускладнення процесів планування ресурсів і підвищують ймовірність їх неефективного використання, що може посилювати наслідки кіберінцидентів.

Традиційні методи розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем, як правило, орієнтовані на оптимізацію продуктивності або вартості та не враховують динамічний характер кіберзагроз і можливості кооперативної взаємодії між суб'єктами захисту. За таких умов хмарне середовище фактично функціонує у стані постійної невизначеності, що потребує адаптивних механізмів прийняття рішень і узгодження стратегій управління ресурсами. Використання кооперативно-еволюційних підходів дозволяє формувати компромісні рішення між вимогами до безпеки, продуктивності та економічної ефективності без необхідності кардинальної перебудови існуючих систем оркестрації.

Отже, вдосконалення методів розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем на основі кооперативно-еволюційних і ризик-орієнтованих підходів є вкрай актуальним і своєчасним завданням для забезпечення стійкого та безпечного функціонування як критичних, так і комерційних інформаційних систем, що й зумовлює доцільність та практичну значущість дисертаційного дослідження.

2. Зв'язок теми дисертаційної роботи з науковими планами, програмами, фундаментальними та прикладними дослідженнями

Дисертаційна робота виконана відповідно до планів наукової та науково-технічної діяльності кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка факультету інформаційних технологій та математики Київського університету імені Бориса Грінченка в межах науково-дослідної роботи «Методи та моделі забезпечення кібербезпеки інформаційних систем переробки інформації та функціональної безпеки програмно-технічних комплексів управління критичної інфраструктури» (реєстраційний номер 0122U200483, м. Київ, термін виконання 2022–2027 рр.).

Обрана тема дисертаційного дослідження відповідає науковому напряму кафедри та спрямована на вирішення актуальних завдань у сфері кібербезпеки

інформаційних систем і програмно-технічних комплексів критичної інфраструктури.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їхня достовірність

Зміст дисертаційної роботи повною мірою розкриває обрану тему дослідження та відповідає визначеним меті, завданням, об'єкту й предмету дослідження. Наукові положення, висновки та рекомендації, розроблені автором і викладені в дисертації, є аргументованими, логічно послідовними та належним чином обґрунтованими.

Отримані наукові результати і висновки характеризуються достатнім рівнем наукової обґрунтованості та достовірності, що зумовлено такими чинниками:

у процесі підготовки дисертації здійснено ґрунтовний аналіз значної кількості наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених у галузях хмарних обчислень, багатокритеріальної оптимізації та кібербезпеки, а також проаналізовано можливості адаптації сучасного зарубіжного досвіду до умов функціонування хмарних обчислювальних систем;

у роботі використано широкий спектр загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, зокрема аналіз і синтез, індукцію і дедукцію, логічне узагальнення, системний підхід, а також методи багатокритеріальної оптимізації, теорії ігор і моделювання ризиків;

автором здійснено критичний аналіз існуючих підходів до управління обчислювальними ресурсами хмарних систем, що дозволило аргументовано сформулювати власні наукові висновки та продемонструвати належний рівень наукової культури;

висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі, ґрунтуються на всебічному та об'єктивному аналізі досліджуваних процесів із використанням сучасного наукового інструментарію.

Дисертаційна робота є завершеним та оригінальним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методичному рівнях. Послідовна

структура роботи та комплексний характер розгляду проблеми свідчать про високий рівень підготовки автора та ґрунтовне володіння тематикою дослідження.

Викладене дає підстави для позитивної оцінки наукового рівня дисертаційної роботи, достовірності отриманих результатів, обґрунтованості теоретичних положень, а також практичної значущості сформульованих висновків і рекомендацій.

4. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

В рамках дисертаційного дослідження сформульовано та обґрунтовано низку наукових положень, висновків та рекомендацій, що відрізняються наявністю наукової новизни. Ключовим науково новим результатом цього дослідження є концептуальне вирішення нової наукової проблеми щодо підвищення ефективності та безпеки функціонування хмарних обчислювальних систем на основі удосконалення методів кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів з урахуванням ризиків кібербезпеки.

Найбільш значущі наукові досягнення, які розкривають особистий внесок автора у вирішення проблеми, що вивчається, і відображають новизну дослідження, полягають, на наш погляд, у наступному:

запропоновано та математично обґрунтовано метод кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів у хмарних системах з урахуванням ризиків кібербезпеки (CoopEvo-CloudSec), який забезпечує формування узгоджених стратегій захисту та адаптивну реконфігурацію ресурсів хмарних середовищ;

запропоновано багатокритеріальну оптимізаційну модель розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем, що враховує продуктивність, вартість, рівень ризику та коаліційну вигоду від взаємодії захисників, і дозволяє формувати множину Парето-оптимальних рішень в умовах мультиагентної протидії кіберзагрозам;

вдосконалено теоретико-ігрову модель конфліктної взаємодії типу «атакуючий-захисник» шляхом урахування часової змінності інтенсивності атак, що дозволило врахувати стохастичну та еволюційну природу ризиків у хмарних обчислювальних системах;

розроблено підхід до оцінювання доцільності кооперації між захисниками хмарного середовища на основі розрахунку виграшу коаліції, що забезпечує формування узгоджених стратегій захисту та підвищує ефективність розподілу обчислювальних ресурсів з урахуванням безпекових обмежень;

проведено комплексний аналіз ризиків функціонування хмарних систем у умовах динамічних кіберзагроз, результати якого покладено в основу формування адаптивних рішень щодо оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів.

5. Теоретична цінність і практична значущість наукових результатів

Проведене дисертаційне дослідження має як теоретичне, так і прикладне значення та є вагомим внеском у розвиток методів безпечного функціонування хмарних обчислювальних систем. Отримані результати свідчать про доцільність і ефективність застосування кооперативно-еволюційних підходів до оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем з урахуванням ризиків кібербезпеки.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у формуванні та обґрунтуванні теоретико-методичного підходу до управління обчислювальними ресурсами хмарних систем, який базується на поєднанні методів багатокритеріальної еволюційної оптимізації та елементів теорії ігор. Запропоновані теоретичні положення створюють підґрунтя для системного та цілісного врахування продуктивності, вартості та безпекових обмежень у задачах розподілу ресурсів хмарних середовищ.

Практична значущість результатів дисертаційного дослідження полягає у можливості їх використання під час виконання науково-дослідної роботи кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка факультету інформаційних технологій та математики Київського столичного

університету імені Бориса Грінченка «Методи та моделі забезпечення кібербезпеки інформаційних систем переробки інформації та функціональної безпеки програмно-технічних комплексів управління критичної інфраструктури» (№ 0122U200483, м. Київ), а також у прийнятті результатів до впровадження в діяльність Інституту програмних систем Національної академії наук України (акт від 09.12.2025 року).

Запропоновані наукові рішення можуть бути використані при розробці та модернізації систем управління обчислювальними ресурсами хмарних обчислювальних систем, зокрема в середовищах, що потребують підвищеного рівня стійкості та безпеки.

6. Повнота викладення наукових результатів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 7 наукових праць, з яких: 5 статей – у наукових фахових виданнях України, затверджених МОН України; 1 публікація – у виданні, що індексується в Scopus; 1 публікація – у матеріалах науково-практичної конференції. Результати дисертаційного дослідження додатково апробовано у матеріалах науково-практичних конференцій.

У публікаціях розкрито ключові результати проведеного дослідження та його наукову новизну, що дозволяє стверджувати, що висновки та пропозиції, викладені у дисертаційній роботі, є апробованими.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами перевірки дисертаційної роботи Цирканюк Д. А. на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерела для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних спотворень не виявлено. Звідси можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

8. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

У дисертаційній роботі можна виділити окремі положення дослідження, що мають дискусійний характер та можуть бути підґрунтям для подальших наукових досліджень:

1. У вступі дисертаційної роботи актуальність теми обґрунтована із використанням статистичних даних щодо інцидентів інформаційної безпеки за 2023–2024 рр. (60–80 % організацій). Водночас не наведено аналізу динаміки та еволюції загроз у більш тривалій часовій перспективі (наприклад, 2010–2020 рр.), що могло б поглибити обґрунтування актуальності обраного напряму дослідження.

2. У роботі не достатньо відображено вплив перспективних обчислювальних технологій, зокрема квантових обчислень, на безпеку хмарних систем. Потенційні загрози квантового криптоаналізу для сучасних криптографічних механізмів могли б бути враховані в запропонованих моделях оцінювання ризиків.

3. В аналізі сучасних наукових досліджень не розглянуто низку фундаментальних робіт у сфері federated learning (зокрема, McMahan та ін., 2017), які можуть бути релевантними для задач кооперативної обробки даних та забезпечення безпеки в розподілених хмарних середовищах.

4. Експериментальна частина дисертації базується на моделюванні та чисельних експериментах з використанням мови програмування Python та бібліотеки Pymoo. Разом з тим, відсутнє тестування запропонованих підходів на реальних хмарних платформах (наприклад, AWS або Azure), що дещо обмежує оцінювання практичної застосовності отриманих результатів.

Проте, зазначені недоліки не знижують ступінь наукової новизни та практичного значення одержаних в дисертації наукових результатів і, відповідно, позитивну оцінку роботи у цілому.

9. Загальна оцінка дисертаційної роботи, її відповідність встановленим вимогам

Дисертаційна робота ЦИРКАНЮК Діани Андріївни на тему «Методи та моделі оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем для підвищення

безпеки» є завершеним науковим дослідженням, яке за актуальністю, достовірністю отриманих результатів, їхньою науковою новизною і практичною цінністю відповідає вимогам «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 року №44, а її автор, ЦИРКАНЮК Діана Андріївна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 Кібербезпека.

Офіційний опонент:
завідувач кафедри інженерії
програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-
економічного університету Альона ДЕСЯТКО