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 **ОПІРСЬКОГО Івана Романовича**,
доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри захисту інформації
Національного технічного університету «Львівська політехніка»
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

У сучасних хмарних обчислювальних системах управління обчислювальними ресурсами традиційно орієнтувалося на забезпечення продуктивності та якості обслуговування за умов відносно стабільних навантажень і прогнозованої поведінки користувачів. Проте зі зростанням масштабів хмарних середовищ, їх багатокористувацької природи та поширенням моделей IaaS, PaaS і SaaS, процеси розподілу ресурсів стали тісно пов'язаними з питаннями безпеки, надійності та економічної ефективності. В умовах динамічних навантажень і варіативних кіберзагроз традиційні статичні методи управління ресурсами хмарних систем уже не забезпечують необхідного рівня захищеності та адаптивності.

Сьогодні ефективність функціонування хмарних систем значною мірою

визначається здатністю своєчасно реагувати на атаки типу DDoS та EDoS, а також на приховані загрози, що призводять до перевантаження ресурсів і деградації сервісів. За таких умов управління обчислювальними ресурсами перестає бути суто технічною задачею і набуває стратегічного значення, оскільки помилки в розподілі ресурсів без урахування ризиків безпеки можуть спричиняти значні фінансові та репутаційні втрати. Це зумовлює необхідність переходу від ізольованих і локальних рішень до більш гнучких підходів, здатних одночасно враховувати продуктивність, вартість і безпекові обмеження.

У зв'язку з цим актуальним є розвиток методів розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем, що поєднують багатокритеріальну оптимізацію з механізмами врахування ризиків кібербезпеки та кооперативної взаємодії між суб'єктами захисту. Використання еволюційних алгоритмів оптимізації у поєднанні з апаратом кооперативної теорії ігор створює передумови для формування узгоджених стратегій захисту та отримання синергетичного ефекту від взаємодії захисників. Саме тому розробка методу кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів, а також експериментальне дослідження його ефективності за відповідними метриками якості, є доцільним і своєчасним напрямом сучасних наукових досліджень у сфері безпечних хмарних обчислень.

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

Дисертація виконана на кафедрі інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка факультету інформаційних технологій та математики Київського університету імені Бориса Грінченка відповідно до теми науково-дослідної роботи. Дослідження здійснене відповідно до наукової теми кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка «Методи та моделі забезпечення кібербезпеки інформаційних систем переробки інформації та функціональної безпеки програмно-технічних комплексів управління критичної інфраструктури» (реєстраційний номер 0122U200483, термін виконання 2022–2027 рр.).

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

Автором у дисертаційній роботі розроблено та представлено наукові положення, висновки і рекомендації, що характеризуються достатнім рівнем обґрунтованості. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз праць вітчизняних і зарубіжних учених у галузі хмарних обчислень, багатокритеріальної оптимізації та кібербезпеки, а також приділено увагу можливостям адаптації сучасного зарубіжного наукового досвіду до умов функціонування хмарних обчислювальних систем. Під час розв'язання поставлених у дисертації завдань автор критично оцінював існуючі підходи та результати наукових досліджень, аргументовано формулював власні висновки та демонстрував належний рівень наукової культури. Висновки і рекомендації, наведені в роботі, є логічно послідовними та ґрунтуються на всебічному й об'єктивному аналізі досліджуваних процесів із використанням сучасного наукового інструментарію. У ході дослідження застосовано загальнонаукові та спеціальні методи пізнання, що дозволило авторові обґрунтувати теоретичні, методичні та практичні аспекти вдосконалення методів кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем з урахуванням ризиків кібербезпеки.

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

Представлені в дисертації наукові положення, концептуальні засади, структура дослідження, постановка наукових завдань та шляхи їх розв'язання, а також узагальнені висновки є результатом реалізації авторських ідей та самостійно виконаної наукової праці. У дисертаційній роботі обґрунтовано низку концептуальних положень, узагальнень і висновків, які відповідають критеріям наукової новизни, зокрема:

- запропоновано та математично обґрунтовано метод кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів у хмарних обчислювальних

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, на відміну від існуючих підходів, одночасно враховує продуктивність, вартість, рівень ризику та коаліційну вигоду від взаємодії захисників і дозволяє формувати множину Парето-оптимальних рішень в умовах мультиагентної протидії кіберзагрозам;
- подальшого розвитку набула теоретико-ігрова модель конфліктної взаємодії типу «атакуючий – захисник» шляхом урахування часової змінності інтенсивності атак, що дало змогу 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, який забезпечує формування узгоджених стратегій захисту та підвищує ефективність розподілу обчислювальних ресурсів з урахуванням безпекових обмежень;
- проведено комплексний аналіз ризиків функціонування хмарних обчислювальних систем в умовах динамічних кіберзагроз, результати якого покладено в основу формування адаптивних рішень щодо оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів.

Усі отримані автором результати мають самостійний характер та можуть бути використані як науково-теоретичне підґрунтя для подальшого розвитку методів безпечного управління обчислювальними ресурсами хмарних систем.

5. Теоретична цінність і практична значущість наукових результатів

Результати аналізу дисертаційної роботи та опублікованих праць свідчать про важливість отриманих результатів проведеного дослідження. Основним досягненням дисертаційної роботи є формування теоретико-методичного підходу до підвищення ефективності та безпеки функціонування хмарних обчислювальних систем, який базується на кооперативно-еволюційній

оптимізації розподілу обчислювальних ресурсів з урахуванням ризиків кібербезпеки. Запропонований підхід передбачає поєднання методів багатокритеріальної еволюційної оптимізації з елементами теорії ігор для формування узгоджених стратегій взаємодії між суб'єктами захисту, що дозволяє адаптивно реагувати на динамічні зміни навантаження та характер кіберзагроз у хмарному середовищі.

Зазначені теоретичні положення становлять основу для створення системного та цілісного підходу до управління обчислювальними ресурсами хмарних систем з урахуванням безпекових обмежень, що підтверджує наукову значущість та теоретичну вагомість проведеного дослідження.

Висновки та пропозиції дисертаційного дослідження мають практичне значення та використані в межах 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 прийняті до впровадження в діяльність Інституту програмних систем Національної академії наук України (акт від 09.12.2025 року).

6. Повнота викладення наукових результатів дисертації в опублікованих працях

Результати дисертаційного дослідження, основні положення, висновки та рекомендації знайшли відображення у вітчизняних і зарубіжних наукових публікаціях.

За темою дисертації опубліковано 7 наукових праць, з яких 5 статей опубліковано у наукових фахових виданнях України, затверджених МОН України, 1 публікація – у науковому виданні, що індексується в наукометричній базі Scopus, та 1 публікація – у матеріалах науково-практичної конференції.

Слід відзначити належний рівень апробації результатів дослідження, які також були представлені та обговорені на науково-практичних конференціях.

Обсяг і зміст опублікованих праць свідчать про те, що в них повною мірою висвітлено основні положення дисертаційного дослідження, його наукову новизну та практичну спрямованість, а отримані результати пройшли апробацію і отримали позитивну оцінку на наукових заходах різного рівня.

У публікаціях, виконаних у співавторстві, зазначено особистий внесок здобувача.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Аналіз дисертаційної роботи Цирканюк Д. А. засвідчує відсутність ознак порушення вимог академічної доброчесності. За результатами перевірки встановлено коректність використання текстових та ілюстративних матеріалів, а також правильність оформлення посилань на першоджерела у випадках використання запозичених ідей, положень і результатів досліджень.

Дисертаційна робота відповідає нормам законодавства про авторське право і суміжні права, відображає прагнення автора до надання достовірної інформації щодо результатів власної наукової діяльності, застосованих методів дослідження та використаних інформаційних ресурсів. Навмисних спотворень чи неправомірних запозичень у роботі не виявлено, що дозволяє зробити висновок про дотримання автором принципів академічної доброчесності.

8. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

У дисертаційній роботі запропоновано оригінальний підхід до кооперативно-еволюційного розподілу обчислювальних ресурсів хмарних систем з урахуванням ризиків кібербезпеки. Водночас окремі положення дослідження мають дискусійний характер та можуть бути підґрунтям для подальших наукових досліджень:

1. Зокрема, у запропонованій моделі розподілу обчислювальних ресурсів не повною мірою враховано вплив мережевої латентності та пропускної здатності

каналів зв'язку на продуктивність системи, що є особливо актуальним для географічно розподілених хмарних середовищ і може суттєво впливати на результати оптимізації в реальних умовах експлуатації хмарних систем.

2. Багатокритеріальна оптимізаційна модель орієнтована переважно на аналіз статичних множин Парето та не враховує у повному обсязі динамічні зміни кількості користувачів, задач або навантаження в часі. Урахування таких динамічних факторів могло б підвищити прикладну цінність моделі для практичного використання в середовищах із високою варіативністю запитів.

3. Запропонований метод CoopEvo-CloudSec демонструє високу ефективність з точки зору якості отриманих рішень, однак має потенційні обмеження масштабованості. Зокрема, використання алгоритму NSGA-III призводить до суттєвого зростання часу обчислень (приблизно у 9 разів), що не отримало достатнього обговорення в контексті застосування методу у великих хмарних системах із тисячами вузлів.

4. Крім того, в описі алгоритмічного забезпечення не наведено достатнього обґрунтування вибору саме алгоритмів NSGA-II та NSGA-III. Альтернативні багатокритеріальні еволюційні алгоритми, такі як SPEA2 або MOEA/D, могли б бути розглянуті для порівняльного аналізу та, можливо, виявитися більш ефективними для окремих класів критеріїв або сценаріїв функціонування хмарних систем.

Наведені зауваження та дискусійні положення не знижують загальної наукової цінності дисертаційної роботи, а навпаки, підкреслюють складність і багатогранність обраної тематики, її актуальність та перспективність для подальших теоретичних і прикладних досліджень.

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:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри захисту інформації
Національного університету
«Львівська політехніка» Іван ОПІРСЬКИЙ

Підпис д.т.н., професора Опірського І.Р. засвідчую
Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка», к.т.н., доцент Роман БРИЛИНСЬКИЙ