

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
Державного університету
інформаційно-комунікаційних
технологій
доктору технічних наук, професору
Сторчак Камілі Павлівні
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора, професора кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці, Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Федорової Наталії Володимирівни на дисертаційну роботу Твердохліба Арсенія Олександровича на тему: «Моделі та метод забезпечення масштабованості високонавантажених комп'ютерних систем із блокчейн», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 - Комп'ютерна інженерія

Актуальність теми дисертації.

Перехід індустрії до парадигм Web3 та децентралізованих автономних організацій диктує нові умови проєктування IT-інфраструктур. Високонавантажені комп'ютерні системи, що забезпечують роботу IoT, глобальних ланцюгів постачань чи хмарних сервісів, стикаються з критичною проблемою централізації даних, що генерує загрози безпеці та стабільності. Рішення у вигляді блокчейну надають незмінність та прозорість, проте їх "вузьким місцем" залишається масштабованість при обробці великих масивів інформації. Дисертація Твердохліба А.О., яка пропонує симбіоз розподіленого зберігання, делегування обчислень та смарт-контрактів як координаторів, є виключно актуальною для сучасної комп'ютерної інженерії та кібербезпеки.

Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Достовірність наукових положень і розроблених моделей надійно підкріплена використанням математичного апарату розподілених систем, алгоритмів консенсусу та імітаційного моделювання. Автор не лише пропонує архітектурні концепти, а й проводить ретельне навантажувальне тестування з імітацією реальних загроз, зокрема атак типу "double spending" та "Byzantine Fault". Збіг теоретичних припущень із практичними показниками тестування свідчить про високу обґрунтованість висновків.

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження.

Найвагомішими результатами, що складають наукову новизну роботи, є:

1. Запропонована нова модель координації розподіленого зберігання та обробки даних, яка вперше органічно об'єднує механізми делегування обчислень та зберігання під єдиним децентралізованим керуванням смарт-контракту, забезпечуючи прозорий SLA та масштабування.

2. Вдосконалена модель архітектурної інтеграції блокчейну в ВКС, що заснована на гібридній взаємодії. Шляхом винесення ресурсомістких обчислень off-chain та залишення on-chain лише легковагового консенсусного підтвердження, автор розв'язав задачу латентності транзакцій.

3. Удосконалений агентно-орієнтований метод управління ресурсами, який замінює традиційних оркестраторів кластерів на децентралізовану мережу смарт-контрактів, гарантуючи стійкість управління навіть при значній деградації мережі.

Практична цінність отриманих результатів.

Отримані результати мають чітко виражений прикладний характер. Впровадження запропонованої архітектури дозволило збільшити ефективність використання обчислювальних ресурсів на 21% та підтримувати стабільну роботу системи (90% успішних транзакцій) навіть при примусовому відключенні 40% вузлів під час тестування. Методи і алгоритми можуть бути безпосередньо імплементовані в архітектуру сучасних розподілених брокерних та логістичних систем.

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

Робота виконувалася в Державному університеті інформаційно-комунікаційних технологій і є складовою частиною держбюджетної НДР «Комплексна розробка прикладних IT-рішень для підвищення продуктивності комп'ютерних систем у комерційному та соціальному секторі» (реєстраційний номер 0125U003178).

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях.

Кількість та якість наукових праць здобувача повністю розкриває зміст дисертації. Основні ідеї опубліковані у 15 працях, включаючи 8 статей у вітчизняних фахових виданнях та 1 статтю в іноземному виданні (Scopus).

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Структура і зміст дисертаційної роботи (182 сторінки, 4 розділи) повністю відображають логіку наукового пошуку. Оформлення списку літератури та графічного матеріалу відповідає вимогам МОН України (Постанова КМУ №44 від 12.01.2022).

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.

Незважаючи на позитивну оцінку роботи, до неї є низка зауважень:

1. Описуючи модель розподіленого зберігання на базі IPFS, автор недостатньо уваги приділив питанню "закріплення" файлів у довгостроковій перспективі, оскільки в IPFS дані можуть зникати з кешу, якщо їх активно не підтримують вузли-піннери.

2. Під час аналізу алгоритмів консенсусу у розділі 2 бракує порівняльного графіка впливу географічного розподілу вузлів на час до фіналізації.

3. В експериментальному розділі 3.2.4 атаки типу Byzantine Fault були змодельовані, але було б корисно більш детально описати конкретні вектори цієї симуляції: чи це було звичайне замовчування повідомлень, чи цілеспрямована підробка станів з боку шкідливих вузлів.

Вказані зауваження мають дискусійний характер і не знижують загального високого наукового рівня виконаного дослідження.

Висновок.

Дисертаційна робота Твердохліба Арсенія Олександровича є самостійним, завершеним науково-дослідним завданням, що містить нові науково обґрунтовані результати в галузі масштабування блокчейн-орієнтованих систем. За своїм обсягом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю дисертація відповідає всім вимогам чинного законодавства України, зокрема п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (Постанова КМУ від 12 січня 2022 р. № 44), а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент

професор кафедри інженерії програмного забезпечення
в енергетиці

Навчально-наукового інституту атомної
та теплової енергетики

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор

«21» травня 2026 року

Підпис Федорової Н.В. засвідчую:

Наталія ФЕДОРОВА



М.П.

Учасник в наукових дослідженнях
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Валерія Холєвко
ВХ