

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 - кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка Довженко Надії Михайлівни 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.

Високонавантажені комп'ютерні системи є фундаментом сучасного цифрового суспільства. Зі збільшенням потоку транзакцій традиційні архітектури, орієнтовані на централізовані бази даних, виявляють вразливість до точкових відмов та кібератак. Використання блокчейн-технологій пропонує ідеальну модель довіри та відмовостійкості, проте створює значні бар'єри для масштабування через обмежену пропускну здатність алгоритмів консенсусу. Тому наукове завдання, вирішене в дисертації Твердохліба А.О., що полягає в оптимізації методів інтеграції блокчейну в ВКС із забезпеченням високих показників TPS за рахунок off-chain та гібридних обчислень, є надзвичайно актуальним і своєчасним.

Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Наукові висновки Твердохліба А.О. ґрунтуються на строгому математичному фундаменті теорії масового обслуговування та теорії графів. Висока достовірність результатів забезпечується коректною постановкою імітаційних експериментів, де досліджено показники системи під навантаженням до 5000 TPS та змодельовано відмову до 40% вузлів мережі. Практична збіжність розроблених теоретичних моделей із результатами тестування в контейнеризованих середовищах не викликає сумнівів.

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження.

У роботі отримано такі наукові результати, що становлять безсумнівну новизну:

1. Дістав подальшого розвитку агентно-орієнтований метод управління ресурсами, який вперше формалізує смарт-контракти як повноцінних автономних диспетчерів. Це виключає потребу у центральному оркестраторі та створює криптографічно захищений імутабельний аудит усіх подій в системі.

2. Вдосконалено архітектурну модель ВКС із застосуванням гібридної взаємодії on-chain та off-chain компонентів через оракули. Моделювання потоків як стохастичної системи масового обслуговування дозволило оптимізувати черги запитів та знизити середній час обробки.

3. Вперше створено комплексну модель координації децентралізованого обчислення та зберігання, яка автоматизує делегування завдань у гетерогенній мережі на основі жорстких умов смарт-контрактів та SLA.

Практична цінність отриманих результатів.

Створені моделі готові до впровадження в корпоративні та публічні системи електронної комерції. Експерименти автора довели, що розроблена гібридна архітектура дозволяє збільшити відмовостійкість на 25% при незначних накладних витратах (8-12%) на блокчейн-шар, забезпечуючи при цьому пропускну здатність до 100 000 транзакцій на секунду у масштабованих конфігураціях.

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

Дисертаційне дослідження повністю відповідає пріоритетним напрямкам розвитку інформаційних технологій в Україні і було виконане в рамках НДР Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій (реєстраційний номер 0125U003178).

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях.

Зміст та результати досліджень автора висвітлено у 15 публікаціях, з них 8 статей у фахових виданнях України, 1 публікація індексується в Scopus, що цілком відповідає нормативним вимогам.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Робота написана академічною мовою, має класичну структуру (вступ, 3 розділи, висновки), логічно вивірена. Графіки, формули і таблиці оформлені за чинними вимогами постанови КМУ № 44 до кваліфікаційних праць.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.

Незважаючи на високий рівень виконання роботи, є деякі зауваження:

1. При моделюванні гібридної архітектури (Розділ 2) автор спирається на використання оракулів для отримання зовнішніх даних, але не наводить кількісної оцінки ймовірності та наслідків атаки на сам оракул, що може скомпрометувати логіку смарт-контракту.

2. В експериментальній частині (Розділ 3) для генерації навантаження застосовувались Apache JMeter/Locust. Варто було б уточнити, яким чином генерувалися та підписувалися криптографічні ключі для такої великої кількості паралельних транзакцій без створення вузького місця на боці генератора навантаження.

3. Економічний аспект розгортання запропонованої системи масштабування розкрито недостатньо детально у порівнянні з класичним AWS/GCP хостингом.

Зазначені зауваження не применшують наукової цінності та обґрунтованості отриманих результатів.

Висновок.

Дисертаційна робота Твердохліба Арсенія Олександровича на тему «Моделі та метод забезпечення масштабованості високонавантажених комп'ютерних систем із блокчейн» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. За актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю результатів дисертація повністю відповідає вимогам п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою КМУ від 12 січня 2022 р. № 44. Здобувач Твердохліб Арсеній Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка **ДОВЖЕНКО**

