

## ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри транспортного зв'язку

Українського державного університету залізничного транспорту

доктора технічних наук, професора Трубчанінової Карини Артурівні

на дисертаційну роботу Резанова Богдана Михайловича

«Моделі та методи оптимізації розподілу завдань у туманному середовищі

Інтернету речей»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

**Актуальність теми.** Розвиток Інтернету речей (IoT) і туманних обчислювальних платформ (Fog Computing) призводить до виникнення нових викликів та завдань в сфері обчислення та обробки даних. Основний фокус тепер звертається на якість обслуговування: своєчасну відповідь на потреби бізнесу, легкість використання, швидкість обробки типових завдань та ін. Підвищення рівня збалансованості та розпарпелювання сильнозв'язних інформаційних потоків за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів розподілу завдань сприяє зменшенню черг та ймовірності втрати пакетів і підвищує ефективність використання обчислювальних ресурсів у туманному середовищі. Саме тому дисертаційна робота Резанова Богдана Михайловича, що пропонує розробку нових та удосконалення існуючих методів розподілу завдань в туманних середовищах Інтернету речей, є актуальною.

У дисертаційній роботі вирішена науково-технічна задача розробки нових та удосконалення існуючих методів розподілу завдань, що потребують виконання у режимі, наближеному до реального часу, в туманних середовищах Інтернету речей з метою підвищення ефективності використання обчислювальних ресурсів.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри «КІП» НТУ «ХПІ» ДР №0122U200526 «Моделі і методи обробки та захисту інформації в комп'ютерних системах», де здобувач був виконавцем.

**Ступінь новизни, обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.** Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Резанова Богдана Михайловича, є обґрунтованими і базуються на використанні технологій туманного обчислення, теорії моделювання, критеріїв ефективності та теорії прийняття рішень.

Дослідження виконані з використанням сучасних комп'ютерних систем, віртуальних машин та мережного обладнання. Результати перевірені шляхом проведення практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень. Наукові результати застосовані під час експлуатації програмного забезпечення, що реалізують запропоновані методи. Наукові результати впроваджені в ІТ-компанії, що дозволяє підтвердити їх достовірність.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- отримав подальший розвиток метод кластеризації туманного середовища підтримки Інтернету речей за рахунок використання математичної моделі початкового розподілу інтегрованого кластера обчислювальних ресурсів, що дозволило покращити якість групування завдань і ресурсів та сприяло підвищенню продуктивності туманної платформи;
- вперше розроблено модель елементарних потоків завдань Інтернету речей при використанні туманної платформи, яка враховує особливості розподілених обчислень та дозволяє провести декомпозицію зв'язної неперервної послідовності вхідних даних;
- удосконалено комплекс методів розподілу ресурсів туманного середовища підтримки Інтернету речей, який відрізняється від відомих сумісним використанням

розробленої моделі елементарних потоків завдань та методу кластеризації, що дозволило прискорити процес адаптивного перерозподілу ресурсів та проводити його без призупинення процесу обробки транзакцій у випадках змінного навантаження та збільшених вимог до ресурсів, а також значно зменшити час обробки та збалансувати використання хмарних ресурсів при надходженні великих потоків даних;

– отримав подальший розвиток метод швидкої двохфакторної аутентифікації між пристроями Інтернету речей за рахунок інтеграції другого фактору в службу аутентифікації з централізованою базою користувачів, що дозволило суттєво зменшити час на перевірку санкціонованості доступу та забезпечення конфіденційності даних.

**Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Представлені в дисертаційній роботі Резанова Богдана Михайловича методи мають наступні переваги:

– підвищення продуктивності туманної платформи IoT до 9%. Однією з ключових переваг є покращення виробничих результатів системи завдяки оптимізації розподілу завдань. Це дозволяє більш швидко та ефективно обробляти дані, що надходять від сенсорів IoT та виконувати завдання обробки даних;

– зменшення часу відгуку до 10%: розроблені методи дозволяють більш раціонально використовувати ресурси, такі як обчислювальні потужності та пропускну здатність мережі. Це призводить до зменшення середнього часу відгуку системи;

– покращення методу швидкої двохфакторної аутентифікації в туманних середовищах Інтернету речей. Внаслідок цих покращень підвищилася швидкість аутентифікації у 2.65 рази при використанні цього методу для розглядаємої туманної платформи;

– розвиток сучасних застосувань: отримані результати роблять доступними більшу кількість сценаріїв використання систем IoT на туманній платформі. Це

розширює можливості для застосувань в таких галузях, як управління містом, промисловість, охорона здоров'я та багато інших;

– забезпечення стійкості та надійності в середньому до 3%: оптимізовані методи роблять системи IoT більш стійкими до викликів та забезпечують надійність роботи в умовах навантаження та змін.

Результати були впроваджені:

– в IoT систему компанії Sonerim OU (Естонія);  
– в навчальний процес кафедри «Комп'ютерної інженерії та програмування», НТУ «ХП».

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 13 наукових праць. Основні наукові положення викладено у 5 наукових статтях, надрукованих у фахових виданнях України. Крім того, зазначені положення дисертаційної роботи пройшли обов'язкову і достатню апробацію на 5 наукових міжнародних конференціях, з яких 1 проіндексована у SCOPUS. Результати практичних досліджень відображені у 2 патентах на корисну модель. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено достатньо повно та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.** Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Усі положення, винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві.

Дисертація написана грамотною науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів, текст і графічний матеріал виконані акуратно з використанням комп'ютерної техніки.

Дисертаційна робота Резанова Богдана Михайловича складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та 2 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показано її наукову та практичну значимість, представлено мета і задачі дослідження, сформульовано об'єкт та предмет дослідження, описано зв'язок дисертації з науковими темами, наведено апробацію дисертаційної роботи та список публікацій.

В першому розділі досліджено актуальні науково-технічні завдання, пов'язані з розподілом завдань в туманних середовищах IoT. Здійснено аналіз сучасних підходів та розглянуто їх обмеження. Сформульовано основну наукову проблему, яка полягає у покращенні ефективності розподілу завдань у таких середовищах з метою задоволення вимог до продуктивності та зниження затримок.

У другому розділі проведено обґрунтування вибору методів кластеризації та формування топологічної структури туманної платформи підтримки Інтернету речей, зокрема, методів формування топологічної структури туманних середовищ для підтримки Інтернету речей та методів кластеризації.

В третьому розділі запропоновані моделі та методи для підвищення ефективності розподілу завдань у туманному середовищі Інтернету речей.

В четвертому розділі проведено аналіз ефективності запропонованих у дисертаційній роботі методів розподілу завдань, методу швидкої двохфакторної аутентифікації в туманних середовищах IoT та виконано порівняльний аналіз з класичними методами.

Висновки до розділів та результати дисертаційного дослідження сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи. Список використаних джерел містить 112 найменувань. Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи. В додатках представлено публікації та акти впровадження.

**Академічна доброчесність.** Порухень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати роботи, не виявлено. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані

самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

**Зауваження до дисертаційної роботи.** В процесі ознайомлення з роботою позитивне враження справила практична спрямованість роботи, докладне обґрунтування усіх висунутих у роботі положень.

Але при цьому виникли такі зауваження та недоліки:

першому розділі здобувачем проведений детальний аналіз сучасних методів розподілу завдань у туманних середовищах підтримки Інтернету речей. Але постановочна частина дисертації виглядала б краще, якби більш наглядно (у вигляді діаграм та графіків) були б наведені результати аналітичного огляду основних характеристик розглянутих методів. Це підвищило б ступінь обґрунтованості зробленого автором висновку щодо необхідності розробки нових та удосконалення існуючих методів розподілу завдань, що потребують виконання у режимі, наближеному до реального часу, в туманних середовищах Інтернету речей з метою підвищення ефективності використання обчислювальних ресурсів.

першому розділі було б доцільно більш детально розглянути особливості функціонування комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей на туманній платформі, зосередивши увагу на випадках, при яких необхідно підтримувати режим, наближений до реального часу.

підрозділі 2.2 здобувачем занадто надмірно описані існуючі методи кластеризації туманного середовища Інтернету речей. Треба було б більше зосередитися на обраному методі, детально розкривши всі його переваги над іншими методами, можливо сконцентрувавши їх в окремій таблиці.

третьому розділі, в частині моделювання елементарних потоків завдань, недостатньо висвітлено процес інтеграції потоків в саму систему, що ускладнює розуміння елементарних потоків завдань в туманному середовищі Інтернету речей.

**Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.** Зазначені недоліки суттєво не впливають на загальне позитивне враження від

роботи, не зменшують її якості, а також наукової та практичної цінності. Вони не є визначальними і можуть бути враховані як напрямки подальших досліджень.

За змістом, актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною значимістю одержаних результатів дисертаційна робота «Моделі та методи оптимізації розподілу завдань у туманному середовищі Інтернету речей» відповідає вимогам п.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», із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Резанов Богдан Михайлович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри транспортного зв'язку

Українського державного університету

залізничного транспорту



Карина ТРУБЧАНІНОВА

“ 18 ” грудня 2023 р.



Особистий підпис  
засвідчую 18.12 2023 р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

Карина Трубчанінова  
Труф Шилко