

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук,

професора **Леонова Сергія Юрійовича**

на дисертаційну роботу **Резанова Богдана Михайловича**

**«МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ У
ТУМАННОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Ступінь актуальності теми дисертаційної роботи. Розвиток Інтернету речей (IoT) та області туманних обчислень породжує нові проблеми в обробці та дистрибуції інформації. Важливість якості послуг, включаючи такі завдання, як швидке вирішення бізнес-запитів, зручність використання та ефективність обробки даних, набуває особливого значення. Оптимізація процедур розподілу інтегрованих даних може істотно скоротити час виконання запитів та зменшити можливість втрати інформації, що сприятиме кращому використанню ресурсів у туманних мережах. В дисертаційній роботі Резанова Богдана Михайловича «Моделі та методи оптимізації розподілу завдань у туманному середовищі Інтернету речей», розглядаються новітні та удосконалені стратегії розподілу завдань для середовищ IoT, що підкреслює актуальність та практичну важливість цієї наукової праці.

Зв'язок теми дисертаційної роботи з науковими планами, програмами, фундаментальними та прикладними дослідженнями. Дисертаційна робота та її тематика відповідають пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні з розділу «Інформаційні та комунікаційні технології». Дисертаційна робота була виконана у межах науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» в рамках науково-дослідної теми: «Моделі і методи обробки та захисту інформації в комп'ютерних системах» (ДР №0122U200526, ТОВ «Передові цифрові рішення», м. Харків), де здобувач брав участь у якості виконавця.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі. За підсумками ґрунтовного вивчення дисертації можна зазначити, що викладені в ній наукові положення, узагальнення та рекомендації виявилися вичерпними та добре підкріпленими доказами. Автор провів ретельну теоретичну та практичну роботу, для чого використовував актуальні джерела з національного та міжнародного контенту. Застосування різноманітних дослідницьких підходів, включаючи класичні та інноваційні методи, а також детальний аналіз літератури, гарантували обґрунтованість та достовірність висновків. Результати дослідження, що були представлені на міжнародних наукових конференціях та опубліковані у фахових виданнях, виявились надійними та узгодженими з відомими літературними даними, а також успішно застосованими на практиці. Дисертант зумів повністю досягти поставленої мети та завдань дослідження, що видно з логічних висновків у кожному розділі. Обґрунтованість наукових тверджень також підкреслюється комплексним підходом у вивченні обраного предмету дослідження. Вищевикладене свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладені у дисертаційній роботі Резанова Богдана Михайловича.

Наукова новизна положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукова новизна дослідження зумовлена розробкою та апробацією теоретично обґрунтованого підходу до вирішення науково-технічного завдання оптимізації використання обчислювальних потужностей у середовищах туманних обчислень IoT. Це досягнуто через створення та вдосконалення підходів для ефективного розподілу завдань. Дисертація включає наступні ключові наукові результати:

– 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.

Наукова та практична цінність одержаних результатів. Дана робота відзначається своєю логічною структурою, в якій чітко сформульовані поставлені задачі та їх рішення. Автор використовував сучасні математичні методи для досягнення цілей дослідження. Сформульовані у роботі висновки та рекомендації є важливими для практичного використання.

Усі теоретичні розробки здобувач довів до конкретних методик та алгоритмів. Зокрема, отримані такі практичні результати:

1) 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;

2) зменшення часу відгуку до 10%. Розроблені методи дозволяють більш раціонально використовувати ресурси, такі як обчислювальні потужності та пропускна здатність мережі. Це призводить до зменшення середнього часу відгуку системи;

3) 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;

4) вдосконалення для розвитку 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;

5) забезпечення стійкості та надійності в середньому до 3%. Оптимізовані методи роблять системи IoT більш стійкими до викликів та підтримують надійність роботи в умовах навантаження та змін.

Результати дисертації впровадженні та використані в діяльності компаній Sonerim OU (Естонія) та використовуються в навчальному процесі кафедри “Комп’ютерна інженерія та програмування” Національного технічного університету “ХПІ”.

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації в опублікованих працях. Результати наукових досліджень відображено в 13 друкованих працях, зокрема в 5 статтях у наукових фахових виданнях України, 5 публікаціях в матеріалах міжнародних наукових конференцій (1 – SCOPUS), 1 закордонній статті та 2 патентах України на корисну модель. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено достатньо повно.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення. Структура дисертації відповідає загальноприйнятим стандартам наукових досліджень. Всі тези, які представлені на обговорення, належним чином розкриті у тексті роботи, а

її зміст відображає заявлену назву.

Дисертація написана якісною науковою мовою і оформлена згідно з встановленими нормативними вимогами, текст та ілюстративний матеріал представлені чітко з використанням комп'ютерних технологій.

Дисертаційна робота Резанова Богдана Михайловича складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків та 2 додатків.

У вступі детально викладено актуальність обраної тематики дисертації, підкреслено її наукову та практичну важливість. Тут же окреслено цілі та завдання дослідження, визначено основний об'єкт та предмет розгляду, проаналізовано взаємозв'язок роботи з іншими науковими напрямками, представлено інформацію про апробацію дисертації та перелік пов'язаних публікацій.

В першому розділі зосереджено увагу на дослідженні ключових наукових та технічних аспектів, пов'язаних з розподілом завдань в рамках туманних обчислень IoT. В ході роботи були проаналізовані існуючі методики, ідентифіковані їх слабкі сторони та окреслені основні наукові проблеми, які потребують розв'язання.

У другому розділі розглянуто процес вибору та обґрунтування методів кластеризації та підходів до створення топологічної структури. Також відбулося детальне вивчення різних способів формування топології, що забезпечують ефективну підтримку IoT, та визначення найбільш підходящих методів кластеризації для цих умов.

В третьому розділі представлені нові моделі та методи, розроблені для оптимізації процесу розподілу завдань в середовищах туманних обчислень IoT з метою підвищення їх загальної ефективності.

В четвертому розділі здійснено оцінку результативності методів розподілу завдань та швидкої двофакторної аутентифікації для туманних обчислень IoT, запропонованих у дисертації, і проведено їх порівняння з традиційними підходами.

Висновки кожного розділу та загальні результати дисертаційного дослідження викладені ясно та узгоджуються з основним змістом дисертаційної роботи.

Список використаних джерел містить 112 найменувань.

Анотація відображає основний зміст дисертації та розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

В додатках А та Б представлено публікації за темою дисертаційної роботи та акти впровадження.

Зауваження до дисертаційної роботи. Під час ознайомлення з дисертацією виникли такі зауваження та недоліки:

1. У першому розділі необхідно було більш детально провести аналіз сучасних методів розподілу завдань в туманних середовищах Інтернету речей, а також було б доцільніше додати діаграми та графіки для більш наглядного аналітичного огляду.

2. У другому розділі доцільніше було б провести узагальнене порівняння розглянутих методів кластеризації туманного середовища по основних параметрах, можливо у зведеній таблиці.

3. У третьому розділі з рис. 3.1, на якому наведена структура пропонуємого метода кластеризації туманного середовища підтримки IoT, не зрозуміло, яким чином відбувається кластеризація C-Means та DBCAN, паралельно чи послідовно.

4. На жаль, в дисертаційній роботі не розкриваються тип, характеристики та особливості технічного обладнання, на якому проводилися наведені експерименти, що не дозволяє в повному обсязі оцінити ефективність розроблених методів щодо розподілу ресурсів в комп'ютерних системах.

Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки. Наявні недоліки не впливають на загальне враження від дисертації, не знижують її якісних характеристик, наукового та практичного значення. Ці недоліки не є критичними і можуть бути використані як напрямки для майбутніх досліджень. В процесі ознайомлення та аналізу дисертаційної роботи **порушень академічної доброчесності** виявлено не було.

Дисертаційна робота Резанова Богдана Михайловича є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову

новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає спеціальності 123 –Комп'ютерна інженерія.

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.

Професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
доктор технічних наук, професор

Сергій ЛЕОНОВ

“ 20 ” 12 2023 р.

Підпис *Сергій Леонов*
ЗАСВІДЧУЮ!
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
20. 12 2023 р.



ЗЯЦЕВ Ю.І.