

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н., професору Литвиненко
Ярославу Володимировичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора

Турбала Юрія Васильовича

на дисертаційну роботу

Станька Андрія Андрійовича

«Мережева інформаційно-технологічна платформа супроводу

об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст»»,

подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 12 «Інформаційні технології»

та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими напрямками та темами

Стрімкий розвиток кіберфізичних систем та їх активне впровадження в міську інфраструктуру робить можливим реалізацію широкого спектру цифрових послуг та сервісів, що створюються з використанням різноманітних мережевих протоколів, програмно-алгоритмічних комплексів та інформаційно-технологічних платформ «розумних міст». Водночас стають жорсткішими вимоги користувачів до систем такого класу, а впровадження розробниками інноваційних підходів та ідей з використанням різноманітних інформаційних та комунікаційних технологій спричиняє ускладнення процесів інтеграції та масштабування кіберфізичних систем в «розумних містах». Звідси виникає потреба у засобах, які реалізують механізми системного прийняття рішень при проектуванні, розробці та застосуванні «розумних» міських послуг та сервісів.

Актуальність дисертаційної роботи Станька Андрія Андрійовича полягає у розвитку розробок уніфікованих моделей, обчислювальних архітектур та

мережевих інформаційно-технологічних платформ з використанням периферійних, туманних та хмарних обчислень, що забезпечують розширення можливостей масштабування та зменшення витрат для запровадження розроблених систем управління на базі кіберфізичних систем «розумних міст».

Тема виконаної на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя дисертаційної роботи Станька А.А. відповідає науковим напрямкам кафедри та науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль». Викладені в дисертації результати отримано, відповідно до пріоритетних напрямків досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, в процесі виконання науково-дослідних робіт за темою «Моделі і методи захисту інформаційних процесів у корпоративних системах та освітніх середовищах» (№ держреєстрації 0121U114176).

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Станька А.А. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами. У процесі розробки мережевої інформаційно-технологічної платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем використано методи синтезу та аналізу, багатовимірний аналіз даних та метаданих, теоретичні засади побудови озер сховищ даних та веб-програмування.

Дисертаційна робота має логічну структуру, а її основні висновки та рекомендації впливають з наведених у розділах результатів, що підтверджує коректність міркувань та забезпечує сприйняття викладеного матеріалу.

Аналіз змісту розділів, застосованого інструментарію та способів його використання дає змогу зробити висновок про належне обґрунтування наукових положень, рекомендацій та висновків на основі теоретичних та практичних

результатів використання інформації з науково-технічних літературних джерел, що підтверджено характеристиками впроваджених систем.

Одержані висновки, положення та рекомендації характеризуються новизною підходів до побудови моделей обчислювальної та інформаційно-технологічної архітектури мережевої платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». Розлого описано практичне використання запропонованого методу формування інформаційно-технологічних наборів для цифрових послуг та застосунків. Подано моделі «архітектури озер даних» для супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст» та управління метаданими озер даних «розумних міст».

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

На основі аналізу змісту дисертаційної роботи та наведених наукових праць можна чітко виокремити сформульовані наукові положення, висновки та пропозиції, що характеризуються науковою новизною та особистим внеском здобувача:

- розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів, що дає можливість впроваджувати множини цифрових послуг на базі різнотипових міських комунікаційних мереж.

- подано інформаційну технологію багатовимірного аналізу метаданих в міських озерах сховищ даних, яка використовує гіперкуби для опису процесів супроводу кіберфізичних систем.

- подальший розвиток отримала функціональна модель «розумних міст», яку розширено набором кіберфізичних систем для спостереження та регулювання показників якості міського повітряного середовища.

- подальший розвиток отримала модель обчислювальної архітектури міської мережевої інформаційно-технологічної платформи на основі хмарних, туманних і периферійних обчислень.

- подальший розвиток отримала модель надання послуг Data as a Service на основі NDN-архітектури мережі IoT-пристроїв.

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації є обґрунтованими та містять наукову новизну. Проведені дисертантом дослідження є внеском у вирішення поставленої задачі.

4. Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих наукових результатів насамперед полягає у доведенні їх до конкретних технологій, методів, програмно-алгоритмічних комплексів та застосунків для цифрових послуг та сервісів. На основі методу було сформовано інформаційно-технологічний набір для мережевої інформаційно-технологічної платформи супроводу кіберфізичних систем, що дало змогу провести розгортання відповідної багаторівневої обчислювальної інфраструктури для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища. На основі моделі управління метаданими об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст» було сформовано інформаційну технологію багатовимірного аналізу метаданих супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст», що дало змогу провести макетування та прототипування сховищ озер даних для зберігання результатів спостереження показників якості повітря навчальних та серверних приміщень. Результати дисертаційної роботи впроваджені в освітньому процесі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Крім того їх використано для супроводу процесів спостереження та регулювання показників якості повітря серверного приміщення в ТНТУ ім. І. Пулюя та в процесі розробки та впровадження «розумних» систем вентиляції та кондиціонування будівель приміщень ТОВ «Сахара».

5. Короткий аналіз основного змісту дисертації

Анотація дисертації коректно відображає її основні положення.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, відображено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз множини інформаційних та комунікаційних технологій для практичних реалізацій мережевих платформ «розумних міст» на базі кіберфізичних систем.

У другому розділі сформовано модель інформаційно-технологічної архітектури мережевої платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст» з використанням кіберфізичного, мережевого та хмарного рівнів. Розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів для цифрових послуг та сервісів на базі кіберфізичних систем «розумних міст».

У третьому розділі розроблено формалізований опис озер даних для супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст», сформовано модель управління метаданими на основі гіперкубів і проведено класифікацію та параметризацію множини категорій та атрибутів для опису процесів у міських кіберфізичних системах.

В четвертому розділі розроблено інформаційно-технологічний набір для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища, сформовано туманний кластер та здійснено розгортання хмарної інфраструктури. З використанням інформаційної технології багатовимірного аналізу метаданих супроводу об'єктів кіберфізичних сформовано дві цілісні інформаційні системи супроводу процесів спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища.

Основні результати дисертаційної роботи сформульовано у висновках.

У додатках подано акти впровадження та додаткові матеріали.

6. Повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях, дотримання вимог академічної доброчесності

Основні положення та практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на конференціях: VIII та XI міжнародних науково-практичних конференцій молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2022 р. та 2019 р.), Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій (Тернопіль, 2020 р.), VIII та X науково-технічних конференціях «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 2020 р. та 2022 р.), PDT-2022 (Тернопіль, 2022 р.), III Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2023» (Одеса, 2023 р.),

Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальний ресурс сьогодення: наукові задачі, розвиток та запитання» (Дніпро, 2023 р.),.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 5 публікаціях в наукових фахових виданнях України з технічних наук та 1 статті у науковому виданні іншої держави. Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих наукових працях. Виконано вимоги щодо кількості та якості публікацій. Таким чином, вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» до кількості публікацій виконано. Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, що передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність заповичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. Всі відомості в дисертації, що отримані з використанням результатів досліджень інших науковців, вірно оформлені та мають посилання на джерела. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

7. Мова, стиль та оформлення дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана доступно, логічно, зв'язно та структуровано на високому фаховому рівні з використанням сучасної термінології, характерної для галузі знань 12 «Інформаційні технології». Дисертація написана в індивідуальному авторському стилі. Основні висновки та рекомендації логічно витікають з поданих у розділах роботи результатів.

Повний обсяг дисертаційної роботи становить 173 сторінки друкованого тексту, з них основний текст подано на 128 сторінках. У списку використаних джерел перелічено 159 позицій, на які посилається автор дисертації.

Тема, зміст та отримані наукові результати дисертації відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 «Інформаційні технології».

8. Зауваження до дисертації:

1. У дисертаційній роботі недостатньо розглянуто методи забезпечення надійності роботи існуючих кіберфізичних систем при різких змінах навантаження на обчислювальні ресурси.

2. Подана в першому розділі функціональна модель «розумного міста» з використанням кіберфізичних систем потребує детальнішого математичного опису та формалізації.

3. У дисертації не розкрито достатньої інформації про реалізацію процедур додавання нових та вивільнення зайвих хмарних обчислювальних ресурсів платформою Amazon Web Services під час пікових навантажень на систему.

4. З тексту дисертаційної роботи не зрозуміло особливості використання термінів «Data Lake» («Озера даних») та «Data LakeHouse». Потрібно детальніше розкрити їхні відмінності.

5. Поданий в третьому розділі опис інформаційної технології багатовимірного аналізу метаданих супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст» можна розширити подавши відповідні алгоритми в додатках дисертаційної роботи.

6. Подані в четвертому розділі на рисунках 4.11 та 4.12 діаграми прецедентів користувачів доцільно доповнити аналогічними діаграмами адміністраторів цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища приміщень «TNTU Smart Campus».

7. Дисертація містить ряд синтаксичних і граматичних огріхів (наприклад, «показників» – стор. 20, «формують корельовані його моделі» – стор. 33 тощо) та агліцизмів.

Перелічені зауваження не є принциповими, не піддають сумніву результати досліджень та не применшують наукову і практичну цінність дисертаційної роботи.

9. Висновок щодо дисертації в цілому

Дисертаційна робота Станька Андрія Андрійовича є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані, раніше

не захищені наукові положення і одержані автором результати в галузі міських мережевих інформаційно-технологічних платформ.

В підсумку з огляду на актуальність задачі, вклад автора в теорію та практику створення цифрових послуг та сервісів на базі кіберфізичних систем, високий рівень виконаних досліджень та результати практичного впровадження вважаю, що дисертаційна робота «Мережева інформаційно-технологічна платформа супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст»» відповідає Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. та чинним вимогам МОН України, а її автор, Станько Андрій Андрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент – доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук
та прикладної математики Національного
університету водного господарства
та природокористування

Ю.В. Турбал