

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

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента

Марценка Сергія Володимировича

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 зі
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» в галузі знань

12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Впродовж останнього періоду часу в наукових та виробничих колах зростає інтерес до «розумних міст», що супроводжується впровадженням обширної множини інфраструктурних систем. При цьому активно застосовуються кіберфізичні системи, які дають можливість оптимізувати процеси використання ресурсів, покращити якість надання послуг та забезпечити сталість розвитку міських громад і середовищ.

Реалізація інноваційних проектів «розумних міст» стикається з різними технічними, організаційними та соціальними задачами, для вирішення яких використовуються мережеві інформаційно-технологічні платформи. Які забезпечують взаємодію та координацію зростаючої множини інтегрованих в міське середовище зв'язаних об'єктів, підвищуючи ефективність процесів надання цифрових послуг та управління містом загалом.

При проектуванні інформаційно-технологічних платформ виникають потреби використання різних мережевих архітектур і протоколів, обробки великих за обсягом та швидкоплинних наборів даних різних форматів. Одним із шляхів збільшення ступені інтеграції та масштабування міських кіберфізичних систем є

формування інформаційно-технологічних наборів для платформ, що відповідають конкретним вимогам прикладних задач створення цифрових послуг та сервісів. Таким чином, розроблення інформаційних та комунікаційних архітектур, моделей та методів відбору, передавання, зберігання та опрацювання даних щодо об'єктів кіберфізичних систем в цифровому середовищі міської мережевої платформи для супроводу процесів впровадження «розумних» послуг та застосунків, які здійснено в дисертаційному дослідженні Станька А. А., є актуальним в теоретичних та прикладних аспектах.

Отже задача розроблення мережевої інформаційно-технологічної платформи супроводу процесів кіберфізичних систем «розумних міст» є актуальною.

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

Тема дисертації, виконаної Андрієм Андрійовичем Станьком на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, відповідає науковим напрямкам кафедри, науково-дослідної лабораторії кіберфізичних систем та науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль». Викладені в дисертації результати відповідають пріоритетним напрямкам досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, в рамках виконання науково-дослідних робіт за темою "Моделі і методи захисту інформаційних процесів у корпоративних системах та освітніх середовищах" (№ держреєстрації 0121U114176).

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи.

Вивчення змісту дисертації та наведених наукових праць дає змогу виокремити основні наукові положення, висновки та пропозиції, які сформульовані здобувачем і характеризуються науковою новизною, відображаючи особистий внесок дисертанта. Основними науковими результатами рецензованого дисертаційного дослідження є:

– розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів, що враховує різномірну структуру міських комунікаційних мереж та дає можливість впроваджувати цифрові послуги.

– розроблено інформаційну технологію багатовимірного аналізу метаданих в міських озерах сховищ даних, що використовує методологію побудови гіперкубів метаданих на основі множини категорій та атрибутів для супроводу об'єктів кіберфізичних систем спостереження та керування параметрами міського повітряного середовища.

– подальший розвиток отримала, розширена набором кіберфізичних систем для спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища, функціональна модель «розумних міст».

– подальший розвиток отримала, сформована на основі трьох рівнів, модель обчислювальної архітектури міської мережевої платформи, що призначена для наближення процесів опрацювання даних до точок їх відбору.

– подальший розвиток отримала, створена на основі NDN-архітектури мережі IoT-пристроїв, модель надання послуг DaaS, що надає споживачам можливість отримувати доступ до даних як до послуги.

Практична цінність одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів підтверджується впровадженням у ТОВ «Сахара». Результати роботи також впроваджені в освітньому процесі кафедри комп'ютерних наук при викладанні освітнього компонента «Електронні місто та регіон» та кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій при викладанні освітнього компонента «Комп'ютерні мережі». Також результати досліджень впроваджено у науково-дослідний процес лабораторії кіберфізичних систем та у роботі відділу Інтернет-технологій що функціонує при Центрі електронного навчання Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

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

Основні положення та результати дисертації висвітлено у 15 наукових роботах автора: серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, одна стаття у науковому виданні іншої держави, а також 9 праць апробаційного характеру у тезах міжнародних, наукових, науково-практичних та науково-технічних конференцій. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

Публікація дисертантом результатів досліджень у рецензованих виданнях, які здійснюють перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним з елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. Аналіз структури та змісту дисертації та опублікованих автором наукових праць, дає змогу стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані ним особисто та достатньою мірою опубліковані й апробовані. В дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Підстав для сумнівів у науковій доброчесності здобувача Станька А. А. під час детального ознайомлення з дисертацією не виявлено.

Ступінь обґрунтованості та достовірність сформульованих в дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій.

Дисертація містить ряд нових для вітчизняної та світової науки положень. Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дає змогу зробити висновок про належну обґрунтованість отриманих автором наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, обґрунтовано шляхом коректного застосування методів синтезу та аналізу, методів багатовимірної аналізу даних та метаданих на основі теоретичних засад побудови озер сховищ даних, методів веб-програмування.

Обґрунтованість теоретичних результатів підтверджується практичною реалізацією розроблених програмно-алгоритмічних комплексів з можливістю кількісного та візуального контролю її результатів. Достовірності отриманих дисертантом наукових положень, висновків і рекомендацій, засвідчено відповідними актами впровадження, обговоренням матеріалів дисертації на міжнародних наукових, науково-практичних та науково-технічних конференціях, а також наукових семінарах лабораторії «Розумне місто Тернопіль», лабораторії кіберфізичних систем та кафедри комп'ютерних наук ТНТУ ім. І. Пулюя, де було отримано позитивну оцінку.

Оцінка структури, обсягу та змісту дисертації.

Дисертація загальним обсягом 173 сторінки складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 159 найменувань та додатків, у яких подано інформацію щодо апробації одержаних практичних результатів та документи, що підтверджують їх впровадження. Основний текст займає 128 сторінок. Оформлення дисертаційної роботи відповідає всім необхідним вимогам.

У **вступі** автором подано загальну характеристику дисертації, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, об'єкт та предмет дослідження, викладені наукова новизна, практична цінність отриманих результатів, зв'язок з науковими напрямками та програмами, зазначено відомості про особистий внесок здобувача, наведено апробацію наукових результатів та публікації.

У **першому розділі** дисертантом проведений критичний аналіз літературних джерел. За результатами огляду охарактеризовано недоліки існуючих досліджень в галузі мережевих інформаційно-технологічних платформ «розумних міст». Зокрема, проаналізовано особливості впровадження кіберфізичних систем «розумних міст», що дали змогу виокремити причини ускладнення процесів створення унікальних інформаційно-технологічних структур та розробити, подану в графічній формі, функціональну модель «розумних міст». Проаналізовано особливості комунікаційних мереж та протоколів кіберфізичних систем «розумних міст».

У **другому розділі** автором запропоновано модель інформаційно-технологічної архітектури мережевої платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». Розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів для цифрових послуг та сервісів, який забезпечує узгодженість процесів створення та впровадження «розумних» застосунків. На основі аналізу моделей надання послуг засобами туманних обчислень розроблено модель DaaS та сформовано NDN-мережу IoT-пристроїв для мережевого супроводу процесів спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища.

Третій розділ роботи Станька А.А. присвячений формалізації описів озер сховищ даних для супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». За допомогою гіперкубів сформована модель управління метаданими. Розроблено інформаційну технологію багатовимірному аналізу метаданих в міських озерах сховищ даних. На основі класифікації та параметризації множини категорій та атрибутів для опису процесів у міських кіберфізичних системах виконано аналіз та побудову прототипів гіперкубів метаданих «розумних» послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища. Це дало змогу розробити концептуальну структуру озер даних, яка розширює інформаційний супровід процесів проєктування, створення та запровадження цифрових послуг.

У **четвертому розділі** автором проведено моделювання програмно-алгоритмічних комплексів для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища, на базі сформованого інформаційно-технологічного набору. При цьому для супроводу об'єктів кіберфізичних систем виконано розгортання туманного кластера та хмарної інфраструктури. Сформовано два програмно-алгоритмічних комплекси «розумних» послуг.

Основні результати дисертаційної роботи сформульовано у **висновках**.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Дисертаційна робота Станька А. А. написана логічно, зв'язно та структуровано. Кожен з чотирьох розділів органічно пов'язаний з рештою, що свідчить про цілісність та завершеність дослідження. Дисертація написана в оригінальному авторському стилі. Висновки логічно слідують з поданих у розділах результатів проведених досліджень. Таким чином, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що написана з використанням характерної для галузі знань 12 «Інформаційні технології» термінології. Зміст, структура, послідовність викладення та розв'язані задачі повністю відповідають темі роботи. Тема, зміст та отримані наукові результати дисертації Станька А. А. відповідають галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та чинним вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.

Зауваження до дисертації:

1. У першому розділі роботи не достатньо уваги приділено аналізу безпекових аспектів використання мережевих протоколів та інформаційно-технологічних платформ «розумних міст».

2. У другому розділі не зрозуміло як здійснюється вибір метрик якості протоколу маршрутизації «BATMAN», що використані для оцінювання витрат на маршрутизацію мережі IoT-пристроїв. Їхній перелік було б доцільно подати в додатках.

3. В параграфі 2.7 процес кластеризації сформовано на основі оцінки подібності між часовими рядами з використанням алгоритму DTW, який функціонує засобами динамічного програмування. Час його виконання може бути значним для великих часових рядів. На мою думку доцільно подати кількісні характеристики використаного автором підходу до організації процесу кластеризації NDN-шляхів.

4. В зображеному на рис. 3.5 гіперкубі метаданих кіберфізичних систем доцільно подати переліки атрибутів 2-го та 3-го вимірів.

5. Для кращого розуміння дисертаційної роботи, в параграфі 3.5 потрібно подати опис множини категорій та атрибутів гіперкубів метаданих на мережевому рівні моделі інформаційно-технологічної архітектури платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст».

6. В четвертому розділі доцільно описати, яким чином відбувається адміністрування Mesh-мережі кіберфізичного рівня інформаційно-технологічного набору для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища.

7. В тексті дисертації присутні граматичні, та стилістичні помилки, не коректні вирази: “... дозволяє ...” – “... дає змогу ...” (ст. 132), “... дозволило ...” – “... надало можливість ...” (ст. 144, 145), “... вирішувати задачу ...” – “... розв’язувати задачу ...”, та ін.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації Станька А. А.

Висновки щодо дисертації в цілому:

Подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» дисертація Станька Андрія Андрійовича «Мережева інформаційно-технологічна платформа супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст»» – завершена кваліфікаційна наукова праця, в якій розв'язано наукову задачу розроблення інформаційних та комунікаційних архітектур, моделей та методів супроводу кіберфізичних систем в багаторівневому обчислювальному середовищі мережевої інформаційно-технологічної платформи «розумного міста» для супроводу процесів розгортання, впровадження та масштабування цифрових послуг та застосунків.

Тема та зміст дисертації Станька А.А. відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Вважаю, що дисертаційна робота “Мережева інформаційно-технологічна платформа супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст»” повністю відповідає діючим вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» з внесеними, згідно Наказу Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р., змінами та затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Станько Андрій Андрійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

Рецензент – кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя

С.В. Марценко