

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, ст.н.с. Досина Дмитра Григоровича
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

Кіберфізичні системи дають змогу об'єднувати фізичні системи з інформаційними та комунікаційними технологіями, що призводить до формування нових можливостей управління, контролю та оптимізації процесів інформаційно-технологічного супроводу проектів класу «розумне місто». Останнім часом широке коло фахівців використовують кіберфізичні системи для розроблення нових цифрових послуг у процесі створення «розумних» будинків та приміщень, «розумних громад», «розумних міст» та різнотипових інтелектуальних систем.

Розроблені на базі кіберфізичних систем інформаційні та комунікаційні технології використовуються для підвищення ефективності та надійності фізичних систем, зокрема, для попередження поломок обладнання, оптимізації процесів постачання та використання ресурсів, підвищення безпеки, причому в режимі реального часу. Проте на даний час немає загальноприйнятих підходів до формування моделей, обчислювальних архітектур та інформаційно-технологічних платформ на базі кіберфізичних систем. Використання різнотипових інформаційних та комунікаційних технологій ускладнює, а нерідко й унеможлиблює, процеси їх системної інтеграції, масштабування та комплексного впровадження в міську інфраструктуру.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Станька Андрія Андрійовича, присвяченої розв'язанню задачі розроблення інформаційних та комунікаційних архітектур, моделей та методів спостереження, комунікації, зберігання та опрацювання даних кіберфізичних систем в єдиному інформаційно-

аналітичному середовищі мережевої інформаційно-технологічної платформи «розумного міста» для супроводу процесів широкомасштабного розгортання та запровадження інноваційних цифрових послуг та застосунків.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Станька А.А. виконана на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри та науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль».

Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт 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).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Отримані наукові результати є розв'язком задачі підвищення ступеня повноти подання інформації щодо процесів, що протікають в міських кіберфізичних системах шляхом розроблення моделей, методів та інформаційних технологій для підтримки прийняття рішень під час створення цифрових послуг і сервісів.

При цьому автором вперше розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів, що враховує різноманітну структуру міських комунікаційних мереж, яка використовується для формування множини цифрових послуг та застосунків.

Автором вперше на базі методології побудови гіперкубів розроблено інформаційну технологію багатовимірного аналізу метаданих в міських озерах сховищ даних. При цьому використано сформовану множину категорій та атрибутів для опису процесів спостереження та керування параметрами міського повітряного середовища.

Отримала подальший розвиток функціональна модель «розумних міст», що враховує параметри розширеного набору кіберфізичних систем спостереження та регулювання показників якості міського повітряного середовища.

Отримала подальший розвиток модель обчислювальної архітектури міської мережевої платформи, що сформована на базі трьох обчислювальних підходів (хмарного, туманного і периферійного) для наближення процесів опрацювання даних до точок їх відбору.

Отримала подальший розвиток DaaS-модель надання послуг на основі мережевої NDN-архітектури, яка дає можливість отримувати доступ до даних як до послуги за допомогою мережі IoT-пристроїв.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

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

У першому розділі проведено аналіз інформаційних та комунікаційних технологій супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». На основі проведеного аналізу особливостей використання кіберфізичних систем «розумних міст» сформовано та подано в графічній формі їхню класифікацію, розроблено розширену функціональну модель «розумних міст».

У другому розділі проаналізовані моделі обчислювальної архітектури мережевих платформ супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». Розроблено модель інформаційно-технологічної архітектури мережевої платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». А також розроблено метод формування інформаційно-технологічних наборів для цифрових послуг та застосунків. Описано мережевий супровід процесів спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища «розумних приміщень».

У третьому розділі виконано концептуальне моделювання засобів зберігання та опрацювання даних кіберфізичних систем «розумних міст». На основі запропонованої автором моделі управління метаданими об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст» було розроблено інформаційну технологію багатовимірного аналізу метаданих супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст».

У четвертому розділі було сформовано інформаційно-технологічний набір для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища а також виконано макетування прототипів цифрових послуг на базі інформаційно-технологічної платформи супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст». Проаналізувавши отримані експериментальні результати можна зробити висновок, що було досягнуто основні поставлені задачі дисертаційного дослідження.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Станька А.А. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного

апарату, підкріплені ефективною реалізацією, успішним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало відповідність теоретичних досліджень з реальними результатами.

Обґрунтованість сформульованих у дисертаційній роботі Станька А.А. наукових положень та висновків, є достатньою. Вона базується на детальному аналізі джерел даної проблемної області, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних дослідницьких методів, обґрунтованому, аргументованому та якісному формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих моделей, методу та засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень і коректним застосуванням наукових підходів, які були використані під час виконання роботи.

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації, логічно випливають з отриманих результатів, що сформульовані за допомогою чітких та лаконічних трактувань. Тому можна стверджувати, що отримані у роботі висновки та практичні рішення, коректні, достатньо обґрунтовані й можуть бути рекомендовані при формуванні цифрових послуг проєктів класу «розумне місто».

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, перш за все, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних моделей, методу, інформаційної технології, алгоритмів та програмних продуктів. На основі яких було сформовано інформаційно-технологічний набір для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітряного середовища, що забезпечує масштабованість пам'яті та зменшує навантаження на сервер. Результати роботи впроваджені в освітньому процесі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя при викладанні освітніх компонент кафедри комп'ютерних наук та кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Результати досліджень Станька А.А. було використано для супроводу процесів спостереження та регулювання показників якості повітря серверного приміщення відділу Інтернет-технологій ТНТУ ім. І. Пулюя та використано ТОВ «Сахара» в процесі проектування, інтеграції та використання «розумних» систем вентиляції та кондиціонування «розумних будівель» та «розумних приміщень». А також використано в лабораторії кіберфізичних систем ТНТУ ім. І. Пулюя при формуванні озера даних для зберігання результатів спостереження показників якості повітря навчальних приміщень.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 173 сторінки друкованого тексту, з них основний текст – на 128 сторінках. Список використаних джерел містить 159 найменувань. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну та зв'язну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають з поданих у розділах роботи результатів.

Отримані результати дисертаційного дослідження свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без вказання посилань на відповідні джерела.

Основні результати дослідження опубліковано у 5 статтях в наукових фахових виданнях України, 1 статті у науковому виданні іншої держави, а також 9 праці апробаційного характеру – у матеріалах і тезах конференцій. Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих наукових працях. Виконано вимоги щодо кількості та якості публікацій.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно та зв'язно на високому фаховому рівні з використанням сучасної термінології.

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

9. Зауваження до дисертації:

1. При висвітленні практичного значення та впровадження результатів дисертаційної роботи не зазначено кількісні характеристики ефекту, що забезпечили розроблені автором моделі, метод та інформаційна технологія в цілому та для підприємств, на яких відбувалось впровадження, зокрема.

2. У вступі зазначено, що дисертаційне дослідження пов'язане з виконанням науково-дослідної теми «Моделі і методи захисту інформаційних процесів у корпоративних системах та освітніх середовищах», № держреєстрації 0121U114176. Проте не вказано які саме результати досліджень належать автору.

3. На рис. 4.6. зображена блок схема алгоритму використання моделі KNN для пошуку аномалій у нових даних щодо якості повітря. З поданого алгоритму незрозуміло, за якими критеріями відбувається вибір найбільшої кількості альтернатив та виконується класифікація його найближчих сусідів.

4. В розділі 4 дисертації наявна велика кількість структурних схем взаємодії на різних рівнях інформаційно-технологічного набору для цифрових послуг спостереження та регулювання показників якості повітря. На мою думку, автору варто було подати більше деталей цих інженерних рішень в додатках до дисертаційної роботи.

5. В дисертації термін «TNTU Smart Campus» використано в контексті концепції, прототипів «розумних» послуг та показників якості повітряного середовища. При цьому не зрозуміло, яке саме значення має кожен з них. Автору було варто позначити ці терміни по різному так, щоб можна було їх однозначно ідентифікувати.

6. В роботі не згадано існуючий стандарт ISO 37120, який визначає необхідний перелік індикаторів для оцінки діяльності міста та відповідний йому ДСТУ ISO 37120:2019 Сталі міста та громади. Показники міських послуг і якості життя, з яким доцільно було б співвіднести розроблену інформаційно-технологічну платформу на рівні контрольованих показників.

7. Частину наведених діаграм доцільніше було б подати в одній із стандартних графічних нотацій UML, IDEF0 чи аналогічних для кращого сприйняття.

Тим не менше, вказані тут зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не применшують її наукової та практичної цінності.

Висновок щодо дисертації в цілому

Дисертаційна робота «Мережева інформаційно-технологічна платформа супроводу об'єктів кіберфізичних систем «розумних міст»» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ступеня повноти подання інформації щодо процесів, що протікають в міських кіберфізичних системах.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі інформаційних технологій в цілому та комп'ютерних наук зокрема. Тема та зміст дисертації відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, що сформовані в дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, які

висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктор філософії, а її автор, Станько Андрій Андрійович, *заслужує* на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – доктор технічних наук,
старший науковий співробітник, професор
кафедри інформаційних систем та мереж
Національного університету
«Львівська політехніка»

Дмитро ДОСИН

Підпис д.т.н., ст.н.с. Досина Д.Г. засвідчую:
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»

Роман БРИЛИНСЬКИЙ