

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

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора

**Турбала Юрія Васильовича**

на дисертаційну роботу

**Палки Олега Вікторовича**

**«Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти»,**

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**

На сучасному етапі урбанізації та цифрової трансформації, концепт розвитку міської інфраструктури. Гіперскладні системи «Розумних міст» поєднують в собі обширні переліки взаємопов'язаних елементів, які функціонують завдяки сучасним інформаційним та комунікаційним технологіям. Такі системи забезпечують ефективне управління ресурсами, підвищення якості життя містян та інноваційний розвиток. Попри значні переваги та потенціал гіперскладних систем «Розумне місто», існує ряд завдань, які необхідно вирішити для забезпечення її ефективного функціонування та

розвитку, зокрема, дефіцит ресурсів, забруднення довкілля, транспортні затори, безпекові ризики, підвищення ефективності управління, соціальні послуги і особливості міських спільнот та громад. Розв'язання цих завдань вимагає комплексного підходу та активного використання інформаційно-технологічних інструментів. Впровадження таких технологій сприятиме не лише покращенню якості життя містян, але й забезпеченню сталого розвитку міського середовища.

Актуальність дисертаційної роботи Палки Олега Вікторовича полягає у розробці методів, засобів та інформаційно-технологічних інструментів для побудови та оцінювання характеристик гіперскладних систем класу «Розумне місто» у вітчизняних реаліях.

Тема виконаної на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя дисертаційної роботи Палки О.В. 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 Палки О.В. 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 інформаційно-технологічних інструментів, необхідних для успішної побудови гіперскладної системи «Розумне місто», використано методи синтезу та аналізу, правило Байєса, метод Сааті, принцип Парето та метод машинного

навчання на основі випадкових лісів, теоретичні та практичні засади побудови інформаційно-технологічних платформ «розумних міст», методи об'єктно-орієнтованого програмування.

Дисертаційна робота має логічну структуру, а її основні висновки та рекомендації випливають 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 інформаційно-технологічних інструментів.

Одержані висновки, положення та рекомендації характеризуються новизною підходів до побудови моделей інформаційно-технологічних архітектур та інформаційно-технологічних платформ гіперскладних систем «Розумне місто». Розлого описано практичне використання запропонованого методу оцінювання показників «розумності» гіперскладних міських систем. Розроблено інформаційно-технологічні інструменти консолідації, аналізу та візуалізації «відкритих даних» «розумних міст» у вигляді інформаційних панелей.

### **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:

– запропоновано метод вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ гіперскладної системи «Розумне місто» за принципом Парето, що дає можливість сформувати комплексну множину засобів та інструментів оцінювання практичних реалізацій інформаційно-технологічних

платформ «розумного міста».

– розроблено метод оцінювання показників «розумності» міст, який на відміну від існуючих, враховує різнотипові характеристики та критерії оцінювання систем «розумних міст» як елементів гіперскладних систем.

– подальший розвиток отримав метод вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста» на основі правила Байєса, який дає змогу адаптувати ймовірнісні показники критеріїв відповідно до мінливих характеристик «розумного міста».

– подальший розвиток отримав метод вибору інформаційно-технологічної платформи з використанням методу Сааті, що дало змогу у порівнянні із існуючими методами розширити переліки категорій та критеріїв, які використовуються при виборі платформи гіперскладної системи «Розумне місто».

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 методів, програмно-алгоритмічних комплексів та інформаційно-технологічних інструментів для практичного впровадження гіперскладних систем «Розумне місто». Створено інформаційно-технологічні інструменти для супроводу процесів консолідації, аналітичного опрацювання та візуалізації даних в гіперскладній системі «Розумне місто» у вигляді інформаційних панелей з рекомендаційними функціями для виявлення проблемних локацій водопровідної мережі на основі «відкритих даних» щодо запитів громадян до КП «Тернопільводоканал» і установ та організацій при отриманні дозволів на обслуговування міської інфраструктури. Розроблено програмно-алгоритмічний комплекс, який може застосовуватись як інструмент оцінювання показників «розумності» міст за розширеними наборами

характеристик та множинами критеріїв гіперскладної системи «Розумне місто». Результати дисертаційної роботи впроваджені в освітньому процесі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Крім того їх використано для аналізу при супроводі процесів прийняття рішень щодо виявлення проблемних локацій водопровідної мережі м. Тернопіль в КП «Тернопільводоканал», застосовано для супроводу аналітичних та транспортних процесів ТОВ «ЛІМБЕР» і для інтеграції та консолідації «розумних» логістичних послуг в режимі реального часу ТОВ «МЕРКАДА».

## **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 концепту «Розумне місто» як обширної множини взаємозалежних елементів та інформаційних сутностей, що дало змогу виокремити набір притаманних йому характеристик складних систем та виділено множину інформаційних та комунікаційних технологій для формування гіперскладної системи «Розумне місто».

У другому розділі виділено множину характеристик, що дало змогу сформулювати задачу вибору серед п'яти інформаційно-технологічних платформ «розумних міст». Сформовано перелік ключових характеристик для постановки задачі вибору моделей інформаційно-технологічної архітектури «розумних міст».

У третьому розділі розроблено метод вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста» з використанням правила Байєса, розроблено метод вибору інформаційно-технологічної платформи «розумного міста» з використанням методу Сааті та створено інформаційно-технологічні інструменти для супроводу процесів консолідації, аналітичного опрацювання та візуалізації даних в гіперскладній системі «Розумне місто» у вигляді

інформаційних панелей.

У четвертому розділі розроблено метод вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ на основі оригінального застосування принципу Парето, розроблено оригінальний метод оцінювання показників «розумності» гіперскладної міської системи, який використано для оцінювання показників «розумності» українських міст. Розроблено програмно-алгоритмічний комплекс, що може застосовуватись як інструмент оцінювання показників «розумності» міст за розширеними наборами характеристик та множинами критеріїв гіперскладної системи «Розумне місто».

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: XXI науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 2019 р.), VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 2019 р.), XII, XI та XI Міжнародних науково-практичних конференціях молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2023 р., 2022 р. та 2020 р.), COLINS-2023 (Харків, 2023), VI Міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання, керування та інформаційні технології» (Рівне, 2023 р.), ITTAP-2023 (Тернопіль, 2023 р.).

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 5 статтях в наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 статтях у наукових періодичних виданнях інших держав та 1 авторському свідоцтву на комп'ютерну програму. Основні 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 запозичень, 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 172 сторінки друкованого тексту, з них основний текст подано на 118 сторінках. У списку використаних джерел перелічено 155 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 зустрічаються терміни «розумне місто» та «Розумне місто». Доцільніше було б дотримуватись по всьому тексту одного стилю при його застосуванні – «Розумне місто».

2. Подані в першому розділі індекси «розумності» міст потребують детальнішого математичного опису. Наявність детальних формул та методів розрахунку кожного індексу дали б змогу визначити вплив конкретних характеристик на загальну оцінку «розумності» міста.

3. У дисертації відсутнє графічне подання структури інформаційно-технологічних платформ Amazon Web Services, IBM Watson та Google Cloud IoT Core.

4. Поданий у другому розділі параграф 2.3 доречно було б розділити на підпункти, у кожному із яких розглядалась би окрема модель інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста».

5. Подана в третьому розділі інформаційна панель сформована на основі вхідних наборів «відкритих даних». Доцільно було б подати хоча б один набір початкових необроблених даних в додатках дисертаційної роботи.

6. Подані в четвертому розділі на рисунках 4.6 та 4.7 діаграми прецедентів акторів програмно-алгоритмічного комплексу доцільно було б доповнити аналогічними діаграмами для кожного конкретного актора.

7. Дисертація містить ряд синтаксичних і граматичних огріхів (наприклад, «засносунки», «ресурсів», «надійних» – стор. 36, «IoT-пристроїв моніторити їх стан» – стор. 63 тощо).

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 Палки Олега Вікторовича є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані, раніше не захищені наукові положення і одержані автором результати в галузі гіперскладних систем «Розумне місто».

У підсумку з огляду на актуальність задачі, вклад автора в теорію та практику створення інформаційно-технологічних інструментів, високий рівень виконаних досліджень та результати практичного впровадження вважаю, що дисертаційна робота «Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти» 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, Палка Олег Вікторович, 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

  
Юрій ТУРБАЛ



НУВГП	
Особистий підпис	<i>Юр</i>
Засвідчую	
На ч. д. ділу кадрів	
31	05
2022 р.	

*Александр Уль*