

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, доцента Утрина Дмитра Ілліча  
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**

Розвиток гіперскладних систем класу «Розумне місто» стає ключовим фактором модернізації урбаністичних територій, покращення якості життя громадян та забезпечення стійкості міських інфраструктур. Україна, переживаючи складний період трансформацій та реформ, прагне інтегрувати передові технологічні рішення у всі сфери життя та діяльності. Проекти класу «Розумне місто» можуть стати відправною точкою для впровадження інновацій в управління міськими ресурсами, безпекою, екологією, транспортом та соціальними послугами. Це особливо важливо в контексті прагнення України до цифровізації та автоматизації управління, збереження ресурсів та підвищення загальної якості життя. Інтеграція інформаційних та комунікаційних технологій у процеси міського управління дає змогу гнучко реагувати на виклики, зумовлені пандеміями, природними катастрофами, військовими діями або іншими надзвичайними ситуаціями, що підвищує стійкість міст. Автоматизація та використання великих за обсягом даних можуть значно підвищити ефективність міських послуг, оптимізувати споживання енергії та ресурсів, забезпечити ефективніший моніторинг стану інфраструктури.

Розробка інформаційно-технологічних інструментів для гіперскладних систем «Розумне місто» відіграє ключову роль у підвищенні ефективності, безпеки та стійкості міських середовищ. Вони надають можливості реалізувати високий рівень інтеграції, автоматизації та ефективності управління міськими процесами і ресурсами. Проте на даний час немає загальноприйнятих підходів

до формування та вибору моделей інформаційно-технологічних архітектур та платформ, оцінювання показників їх впровадження.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Палки Олега Вікторовича, присвяченої розв'язанню задачі розроблення методів, засобів та інформаційно-технологічних інструментів для побудови та оцінювання характеристик гіперскладних систем класу «Розумне місто» у вітчизняних реаліях.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами**

Дисертаційна робота Палки О.В. 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 розроблення методів, засобів та інструментів для формування інформаційно-технологічних платформ гіперскладної системи «Розумне місто».

При цьому автором вперше запропоновано метод вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ гіперскладної системи «Розумне місто» за принципом Парето, який дає змогу визначити комплексну множину засобів та інструментів оцінювання практичних реалізацій інформаційно-технологічних платформ «розумного міста».

Автором вперше розроблено метод оцінювання показників «розумності» міст, що враховує різноманітні характеристики та критерії оцінювання систем «розумних міст» як елементів гіперскладних систем. Він дає можливість виділити їх переваги та недоліки в процесі взаємодії інформаційно-технологічних інструментів.

Отримав подальший розвиток метод вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста» на основі правила Байєса, що дало змогу адаптувати ймовірнісні показники критеріїв у відповідності із мінливими характеристиками «розумного міста».

Отримав подальший розвиток метод вибору інформаційно-технологічної платформи з використанням методу Сааті для розв'язання багатокритеріальної задачі на основі узагальненої множини критеріїв експертних оцінок, що дало змогу розширити переліки категорій та критеріїв у порівнянні з існуючими методами, які використовуються при виборі платформи гіперскладної системи «Розумне місто».

#### **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* ««Розумне місто»: інформаційні та комунікаційні технології, стандартизація та інструменти рейтингування» проведено аналіз інформаційних та комунікаційних технологій, що дають змогу впроваджувати гіперскладну систему «Розумне місто» із врахуванням її характеристик та елементів. На основі проведеного аналізу особливостей побудови гіперскладної системи «Розумне місто» формалізовано модель життєвого циклу даних в системах такого класу.

У *другому розділі* «Аналіз інформаційно-технологічних платформ і моделей інформаційно-технологічних архітектур «розумного міста»» проаналізовані інформаційно-технологічні платформи та моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумних міст». Виділено особливості реалізації та ключові характеристики для постановки задачі їх вибору. А також сформовано концептуальну модель структури даних та описано етапи опрацювання даних інформаційно-технологічними інструментами платформ «розумного міста».

У *третьому розділі* «Інформаційно-технологічні інструменти побудови гіперскладних систем «розумних міст»» виконано розроблення інформаційно-технологічних інструментів для подальшого впровадження гіперскладної системи «Розумне місто». На основі розробленого метод вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури з використанням правила Байєса було адаптовано ймовірнісні показники критеріїв відповідно до мінливих характеристик гіперскладної системи «Розумне місто». Розширено умови вибору критеріїв для гіперскладної системи «Розумне місто» шляхом розроблення методу вибору інформаційно-технологічної платформи з використанням методу Сааті. А також створено інформаційно-технологічні інструменти аналітичного опрацювання та візуалізації «відкритих даних» у вигляді інформаційних панелей з рекомендаційними функціями.

У четвертому розділі «Інформаційно-технологічні інструменти оцінювання характеристик гіперскладних систем «розумних міст»» було сформовано комплексну множину засобів та інструментів оцінювання результатів практичної реалізації інформаційно-технологічної платформи для формування гіперскладної системи «Розумне місто» за допомогою розробленого методу вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ на основі оригінального застосування принципу Парето. Розроблено метод та програмно-алгоритмічний комплекс для оцінювання показників «розумності» 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 Палки О.В. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені ефективною реалізацією, успішним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало відповідність теоретичних досліджень реальним результатам.

Обґрунтованість сформульованих у дисертаційній роботі Палки О.В. 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 методів та інформаційно-технологічних інструментів для побудови гіперскладної системи «Розумне місто» 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 інформаційно-технологічних платформ гіперскладних систем класу «Розумне місто».

## **6. Практичні результати роботи**

Практичне значення одержаних результатів полягає, перш за все, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних методів, програмно-алгоритмічних комплексів та інформаційно-технологічних інструментів для реалізації гіперскладних систем «Розумне місто». На основі яких було сформовано інформаційні панелі для консолідації, аналітичного опрацювання та візуалізації «відкритих даних» з рекомендаційними функціями та розроблено програмно-алгоритмічний комплекс для оцінювання показників «розумності» міст, що забезпечує підвищення ступеня поінформованості громадян, представників місцевої влади, працівників комунальних підприємств та міських установ. Результати роботи впроваджені в освітньому процесі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя при викладанні освітніх компонент кафедри комп'ютерних наук та кафедри менеджменту та адміністрування.

Результати досліджень Палки О.В. було використано для аналізу при супроводі процесів прийняття рішень щодо виявлення проблемних локацій водопровідної мережі м. Тернопіль в КП «Тернопільводоканал» та використано ТОВ «ЛІМБЕР» для покращення візуалізації процедур аналізу даних при супроводі процесів прийняття оперативних рішень. А також використано ТОВ «МЕРКАДА» при інтеграції «розумних» логістичних послуг та передбаченні їх попиту.

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

Повний обсяг роботи становить 172 сторінки друкованого тексту, з них основний текст – на 118 сторінках. Список використаних джерел містить 155 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, 2 статтях у науковому виданні іншої держави, 1 авторському свідоцтву на комп'ютерну програму, а також 10 праць

апробаційного характеру – у матеріалах і тезах конференцій. Основі 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. 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. Втім не зазначено, який саме вклад автора у результати наукових досліджень.

2. На мою думку, не зовсім коректно сформульовано мету дисертаційного дослідження, оскільки «розроблення методів, засобів та інструментів...» є засобом досягнення мети, а не, власне, метою.

3. У розділі 1.3 згадується лише про 2 стандарти елементів гіперскладної системи «Розумне місто» – PAS 180 та PAS 181. Проте на рис. 1.12 подано множину стандартів для різних галузей «розумного міста». На мою думку, автору варто було б подати детальніший порівняльний аналіз стандартів у вигляді таблиці.

4. У розділі 2.2 доцільно було б після аналізу п'яти інформаційно-технологічних платформ «розумних міст» подати їх порівняльну характеристику у вигляді таблиці, що б підсилило роботу.

5. На рис. 2.11 подано територіально-розподілену модель управління ресурсами «розумних міст» на основі даних. У одному із блоків даної моделі незрозуміло для якого саме управління він призначений, адже відсутній його опис.

6. У розділі 3.2 при реалізації методу вибору інформаційно-технологічної платформи «розумного міста» задано множину із семи критеріїв, проте не обґрунтовано їх вибір та можливість розширення даної множини.

7. Частина поданих у дисертаційній роботі таблиць із результатами обчислень було б доцільно винести в додатки.

Однак 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 «Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу розроблення методів, засобів та інструментів для формування інформаційно-технологічних платформ гіперскладної системи «Розумне місто».

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, Палка Олег Вікторович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерних наук  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича

  
Дмитро УГРИН

**Підпис Д.І. Угрин засвідчую**

