

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

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора **Пастуха Олега Анатолійовича**
на дисертаційну роботу **Палки Олега Вікторовича**
«Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні
інструменти», подану до захисту на здобуття
наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

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

На даний час, із зростанням міських населених пунктів та підвищенням вимог до ефективності урбаністичного управління, виникає актуальна потреба у побудові гіперскладної системи «Розумне місто». Ця потреба зумовлена декількома ключовими факторами, зокрема, збільшенням населення у містах, потребою сталого розвитку, а також викликами, пов'язаними з кліматичними змінами та ресурсозбереженням. Інформаційні та комунікаційні технології відіграють ключову роль у вирішенні цих проблем шляхом інтеграції різноманітних даних, систем обробки даних та інформаційно-технологічних платформ для аналітики в режимі реального часу, що дають змогу містам ставати більш адаптивними до потреб своїх мешканців. З метою ефективної реалізації гіперскладної системи «Розумне місто» постає задача розробки інформаційно-технологічних інструментів. А саме алгоритмів машинного навчання для прогнозування та оптимізації міських процесів, інформаційно-технологічних платформ для інтеграції та управління даними та інтерфейсів для взаємодії з містянами. Такі інструменти не тільки сприяють підвищенню ефективності міського управління, але й забезпечують

можливості для залучення містян у процесі прийняття рішень, підвищуючи тим самим прозорість та відповідальність місцевої влади.

Актуальність дисертаційної роботи Палки Олега Вікторовича зумовлена необхідністю розробки інформаційно-технологічних інструментів для побудови гіперскладної системи «Розумне місто». Інформаційно-технологічні інструменти надають можливості щодо впровадження та оцінювання практичної реалізації інформаційно-технологічних платформ «розумних міст».

Тема дисертації Палки О.В. відповідає науковим напрямкам кафедри комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль». Подані в дисертаційній роботі результати отримано, згідно пріоритетних напрямків досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, в процесі виконання науково-дослідної теми «Моделі і методи захисту інформаційних процесів у корпоративних системах та освітніх середовищах» (№ держреєстрації 0121U114176).

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи.

У дисертаційній роботі Палки О.В. отримано такі основні наукові результати:

– розроблено метод вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ гіперскладної системи «Розумне місто» за принципом Парето, що дало змогу завдяки множині засобів та інструментів оцінити практичне застосування інформаційно-технологічних платформ «розумного міста».

– розроблено метод оцінювання показників «розумності» міст, що дає можливість на основі різнотипових характеристик та критеріїв оцінювання виокремити переваги та недоліки гіперскладних систем «розумних міст» в контексті взаємодії інформаційно-технологічних інструментів.

– отримав подальший розвиток метод вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста» з використанням правила Байєса, що дає змогу здійснити адаптацію ймовірнісних показників критеріїв в залежності від характеристик гіперскладної системи «Розумне місто».

– отримав подальший розвиток метод вибору інформаційно-технологічної платформи на основі методу Сааті, що дало змогу забезпечити розширення переліків категорій та критеріїв при виборі платформи гіперскладної системи «Розумне місто» у порівнянні із існуючими методами.

Практична цінність одержаних результатів.

Використання розроблених методів дало змогу комплексно сформувати множину інформаційно-технологічних інструментів для побудови та оцінювання характеристик гіперскладної системи «Розумне місто». Застосування інформаційної технології машинного навчання забезпечило можливість реалізації інформаційних панелей для супроводу процесів консолідації, аналітичного опрацювання та візуалізації «відкритих даних». Результати дисертаційної роботи впроваджені: в Тернопільському національному технічному університету імені Івана Пулюя у навчальному процесі двох кафедр; для аналізу при супроводі процесів прийняття рішень щодо виявлення проблемних локацій водопровідної мережі м. Тернопіль в КП «Тернопільводоканал»; для супроводу аналітичних та транспортних процесів ТОВ «ЛІМБЕР»; для супроводу процесів інтеграції та консолідації даних щодо «розумних» логістичних послуг ТОВ «МЕРКАДА».

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

Основні положення та результати дисертаційного дослідження відображено у 18 наукових працях: з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України та дві статті у науковому виданні іншої держави, одне авторське свідоцтво на комп'ютерну програму, 10 матеріалів міжнародних, наукових, науково-практичних та науково-технічних конференцій. Таким чином щодо кількості та якості публікацій виконано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Здійснена автором публікація результатів дисертаційних досліджень у рецензованих виданнях, що проводять перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є елементом підтвердження відсутності

порушень академічної доброчесності. Вся інформація в дисертаційній роботі, що отримана з використанням опублікованих результатів інших дослідників, оформлена належним чином та містить посилання на джерела. В цілому у дисертаційній роботі Палки О.В. порушень академічної доброчесності не виявлено.

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

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Палки О.В., впливають із достовірності отриманих дисертантом результатів, засвідчених відповідними актами впровадження, обговоренням матеріалів дисертації на міжнародних наукових, науково-практичних та науково-технічних конференціях, а також наукових семінарах кафедри комп'ютерних наук і науково-дослідної лабораторії «Розумне місто Тернопіль» ТНТУ ім. І. Пулюя, де отримали позитивну оцінку.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 172 сторінках, включаючи 118 сторінок основного тексту. Перелік використаних джерел містить 155 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зазначено зв'язок з науковими напрямками та програмами, сформульовані мета і завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, викладені наукова новизна та практичне значення отриманих дисертантом результатів, подано дані про особистий внесок здобувача, апробацію наукових результатів та публікації.

У **першому розділі** проведено аналіз літературних джерел, у якому виділено характеристики, фактори та критерії, що використовуються для створення інформаційно-технологічних інструментів рейтингування «розумних міст». Показано, що перспективним дослідженням є розроблення методів, засобів та інформаційно-технологічних інструментів для побудови та оцінювання характеристик гіперскладних систем класу «Розумне місто».

У **другому розділі** сформовано задачу вибору інформаційно-технологічної платформи гіперскладної системи «Розумне місто» на основі множини її характеристик. Досліджено моделі інформаційно-технологічної архітектури та виділено концептуальну структуру потоків даних «розумного міста».

У **третьому розділі** на основі розробленого методу вибору моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста» з використанням правила Байеса реалізовано створення інформаційно-технологічних інструментів консолідації, аналітичного опрацювання та візуалізації «відкритих даних» «розумних міст». Розроблено метод вибору інформаційно-технологічної платформи «розумного міста» з використанням методу Сааті, на основі якого обґрунтовано вибір сервіс-орієнтованої моделі інформаційно-технологічної архітектури «розумного міста».

У **четвертому розділі**, на основі методу вибору засобів оцінювання інформаційно-технологічних платформ «розумного міста» із застосуванням принципу Парето рекомендовано застосовувати індекс «розумності» міста. Розроблений метод та програмно-алгоритмічний комплекс слугують інструментом оцінювання показників «розумності» міст за розширеними наборами характеристик та множинами критеріїв гіперскладної системи «Розумне місто».

Висновки по дисертаційній роботі підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень. У процесі яких було проаналізовано сучасні наукові результати, опубліковані провідними вітчизняними та закордонними ученими, про що свідчить перелік використаних джерел і посилання на них у тексті дисертації. Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи висвітлені в публікаціях у наукових фахових виданнях та апробовані на міжнародних, науково-практичних та науково-технічних конференціях.

У **додатках** до дисертаційної роботи подано акти впровадження її результатів та інформацію щодо апробації одержаних практичних результатів.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Матеріал дисертації викладено досить логічно, зв'язно, обґрунтовано та структуровано. Кожен з чотирьох розділів має свою специфіку та, водночас, пов'язаний з рештою розділів, що в сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи. Дисертація написана з використанням оригінального авторського стилю подання інформації, а висновки та рекомендації логічно випливають з поданих у розділах результатів досліджень. Таким чином, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка написана науковою мовою з використанням термінології галузі знань 12 «Інформаційні технології». Зміст дисертації, її структура, послідовність та повнота розв'язаних задач повністю відповідають темі роботи. Тема, зміст та отримані наукові результати дисертації Палки О.В. відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Зауваження до дисертації:

1. На рис. 1.2 подано світовий рейтинг «розумних міст» за 2023 рік. Вважаю що, коректніше було б назвати його як ранжування «розумних міст» за 2023 рік, адже у даному випадку наведено саме результати ранжування від 1 по 10 місце без відображення значень індексу «розумності» на осі абсцис.

2. Для підсилення роботи доцільніше було би сформулювати матрицю ІКТ у відповідності до характеристик гіперскладної системи «Розумне місто» та подати її у вигляді таблиці.

3. У таблиці 1.1 подано порівняння результатів оцінювання «розумності» міст за шістьма індексами. Було б варто додати у даній таблиці ключові характеристики, фактори та критерії для спрощення процесу їх порівняння.

4. На рис. 2.2 подано концептуальну модель структури даних «розумного міста» та у таблиці 2.1 наведено етапи опрацювання даних інформаційно-технологічною платформою «розумного міста». Варто було би на рис. 2.2 відобразити взаємодію «розумних» послуг та сервісів через API, що в свою чергу

додало б кореляцію між обробкою даних та засобами інформаційно-технологічних платформ.

5. Серед розглянутих у підрозділі 2.3 моделей інформаційно-технологічних архітектур «розумного міста» відсутня гібридна модель, що поєднує в собі елементи інших моделей. Доречно було б враховувати її при подальшому виборі із множини моделей.

6. У підрозділі 3.3.1 для виділення кластерів геолокаційних даних було використано метод некерованого випадкового лісу. Вважаю, що потрібно було б додати обґрунтування вибору саме даного методу машинного навчання у порівнянні із іншими.

7. Для запропонованого у підрозділі 4.2 методу оцінювання показників «розумності» гіперскладних міських систем виділено двадцять п'ять факторів та п'ятдесят індикаторів, проте не описано процес їх відбору. Варто вказати, чи передбачає метод їх розширення або звуження у зв'язку із змінами в конкретно досліджуваних містах.

8. У висновках, на мою думку, доцільно додати кількісні показники переваг розроблених інформаційно-технологічних інструментів у контексті їх впливу на побудову гіперскладної системи «Розумне місто» в українських містах.

Наведені зауваження не вплинули на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та можуть розглядатись як рекомендації для продовження подальших досліджень.

Висновки щодо дисертації в цілому:

1. Дисертаційна робота Палки Олега Вікторовича «Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти», що подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій розв'язано наукову задачу розроблення методів, засобів та інформаційно-технологічних інструментів для побудови та оцінювання характеристик гіперскладних систем класу «Розумне місто» у вітчизняних реаліях.

2. За темою та змістом дисертаційна робота відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

3. Вважаю, що дисертаційна робота «Побудова гіперскладної системи «Розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти» відповідає 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., та Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Палка Олег Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології».

Рецензент – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри програмної інженерії
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя



Олег ПАСТУХ



Oleg Pastukh

Oleg V. Pastukh