

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу  
Іцкович Вікторії Євгенівни

на тему «Інформаційні технології дослідження параметрів стану довкілля  
промислового міста»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань Інформаційні технології  
за спеціальністю 112 – комп'ютерні науки

### **Актуальність теми дисертації.**

В роботі розглядаються інформаційні технології дослідження параметрів стану довкілля у місті Києві на основі специфікації LoRaWAN. Зазначена специфікація має широкосмуговий мережевий протокол LPWA, який завдяки енергоефективності та малій потужності надає можливість підключати різноманітні датчики контролю, а сама технологія реалізації передбачає, що кожен датчик активується тільки у разі наявності інформації від об'єкта. Діапазон далекої дії передбачає функціонування системи за бездротовою технологією, а шлюзи до далекого сервера підключаються IP-з'єднаннями у якості «прозорого мосту», перетворюючи пакети інформації у потрібний формат даних.

Враховуючи те, що кожне місто має свої особливості функціонування, свої «слабкі місця» в сфері транспортного обслуговування, різні рівні зносу комунікацій, індивідуальні параметри антропогенного чи техногенного впливу на довкілля, необхідність розробки нових інформаційних технологій дослідження параметрів стану довкілля для виконання задач кожного окремого великого міста є актуальною.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Уперше визначено комплекс системних вимог для реалізації інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля великого міста з побудовою інформаційної моделі процесу управління сучасним містом з врахуванням критерію часу, яка дає можливість при створенні інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста усвідомити, що управління ситуацією є процесом підтримання балансу норм, регламентів та протоколів на засадах порівняння екстраполяції поточної ситуації до ідеальної ситуації за критерієм дотримання цільової функції;



2. Уперше розроблено сервіс отримання інформації від давачів для наступної обробки та представлення через дашборди із застосуванням методу інформаційної згортки. Особливістю розробленого сервісу є розподіл даних за автоматичними чергами, вичленування необхідної інформації та алгоритмізація процесу представлення стислої інформації про об'єкт дослідження;

3. Дістав подальшого розвитку метод рекурсивного копіювання даних для інформування та моніторингу стану об'єкта спостереження, яка відрізняється тим, що базисом виступають компоненти управління безпекової складової міста, щодо яких формуються масиви інформації щодо параметрів стану довкілля, з яких і відбувається формування пакетів формалізації знань за компонентами безпекової складової про складну систему промислового міста;

4. Уперше розроблено підхід до побудови моделі оптимальної кількості давачів системи моніторингу для оповіщення про аварійні ситуації для застосування цієї моделі при розробці інформаційної технології для оповіщення про аварійні та надзвичайні ситуації (з використанням функціонального рівняння Беллмана).

Результати роботи є достовірними, оскільки їх було отримано за застосування науково-обґрунтованих методів, математичних та комп'ютерних експериментів, чисельного та імітаційного моделювання. Частина результатів була отримана на практиці при тестуванні інформаційної технології та перевірена за допомогою статистичних методів дослідження.

Достовірність основних положень та результатів дисертації доведено:

– використанням апробованих методів математичного та чисельного аналізу, статистичного спостереження та експерименту;

– використанням сертифікованих давачів, застосованих при створенні мережі, спеціальних ліцензованих комп'ютерних програм;

– відповідністю результатів моделювання та результатів експерименту.

Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані, тому що базуються на класичних підходах до створення інформаційних технологій і методах математичного та чисельного аналізу, законах математичної логіки та спостереженнях математичної статистики. Розроблені алгоритми пройшли тестування на основі статистичних даних.

Наукові дослідження були виконані здобувачем в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору у відділі природних ресурсів під керівництвом доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НАН України Трофимчука Олександра Миколайовича.



Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо розробки моделей та алгоритмів створення інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Іцкович В. Є. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям технічних наук.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Іцкович Вікторії Євгенівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Робота виконана якісно, із застосуванням логічних переходів та узагальнень, викладена науковим стилем грамотною українською мовою. Загальноприйнята термінологія та спеціальні терміни використані відповідно своєму значенню з необхідним поясненнями.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 195 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, розглянуто зв'язок роботи з науковими темами та актуальними напрямками, сформульовані мета та задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність. Значну роль приділено аналізу робіт, націлених на вдосконалення розвитку технологій Інтернету речей і функціонуванню «розумних міст», які виступили фундаментом досліджень цієї дисертаційної роботи.

У першому розділі проведений теоретичний аналіз та огляд джерел за темою дослідження. Визначено, що одним з відкритих питань побудови інформаційних технологій дослідження параметрів стану довкілля промислового міста є питання аналізу відповідності моделі управління системним потребам об'єкта управління, хоча, при цьому, ретельно досліджуються вимоги до подібних систем, що знайшли своє втілення у «розумних містах» – електронних системах управління функціонуванням



населених пунктів. Технології моніторингу стану довкілля націлені на відтворення поведінки системи таким чином, щоб попередити розвиток критичної події. Подібне реалізується через комплекс уніфікованих процедур, засоби автоматизації, алгоритми, моделі управління. Не зважаючи на широкий огляд зазначеного у досліджених джерелах, питання ефективного розміщення датчиків, використання моделей автоматизації, розробка алгоритмізації окремих процедур залишаються не до кінця дослідженими. Можливість розміщення базових станцій на об'єктах комунальної власності, суцільне кодування даних, можливість під'єднання опорної мережі до міських серверів, дає можливість побудувати надійну, незалежну, максимально закриту від втручання опорну мережу, та забезпечити бездротовий зв'язок з кінцевими пристроями по всьому місту завдяки сучасній LoRaWAN технології. Приведено приклад м. Києва у побудові такої мережі та обґрунтована її доцільність.

У другому розділі роботи представлені методологічні дослідження формування комплексу системних вимог для реалізації інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста. Зокрема, розроблена інформаційна модель процесу управління сучасного міста з врахуванням критерію часу, яка дає можливість при створенні технології усвідомити, що управління ситуацією є процесом підтримання балансу норм, регламентів та протоколів на засадах порівняння екстраполяції поточної ситуації до ідеальної ситуації за критерієм дотримання цільової функції. Представлена системно-технологічна модель циклу управління безпековою складовою міста, як підсистеми складної системи, проведена класифікація процедур циклу управління щодо видів управлінської діяльності, досліджена відповідність процедур циклу управління змісту рішення та виконана класифікація вимог щодо адаптації рекурсивних об'єктів при розробці інформаційної технології.

У результаті проведеного аналізу системних ознак безпекової складової великого міста за умов невизначеності при змінах цільової функції було виявлено і доведено, що причиною зміни цільової функції безпекової складової міста може виступити надзвичайна ситуація: в штатному режимі роботи відбувається контроль і моніторинг, у разі виникнення аварійної ситуації – локалізація, ліквідація, мінімізація наслідків та повернення до штатного функціонування. Також розроблена блок-схема комплексу процедур формування пулу інформації для осіб, що приймають рішення. Досліджені особливості щодо узгодженості інформаційної технології з потребами системи, щодо якої відбувається моніторинг параметрів стану. Визначені особливості структури записів у базі даних інформаційної технології для



можливості порівняння з метою отримання міри невизначеності інформації, яка надається особам, що приймають рішення, для прийняття рішення і дозволяє визначити ефективність інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста.

У третьому розділі, з використанням методів математичного аналізу, представлені моделі та методи до створення сервісу формування пулу інформації із забезпеченням аналітичної функції та візуалізації. Створення інформаційного пулу може базуватися на наявній у базі даних інформації ресурси та технології функціонування об'єкта спостереження. Для цього можна використати технологічні карти та мережні графіки процедур, що входить до стандарту специфікації LoRaWAN. Відповідні рішення ОПР щодо управління ситуаціями різних часових періодів також варто формалізувати із занесенням в базу даних.

У підсумку були визначені множини даних, якими оперуватиме ІТ дослідження параметрів стану довкілля промислового міста на базі технології LoRaWAN. На цій основі розроблені підходи з метою побудови вибірки для створення пулу інформації. Наведена можливість реалізації цієї задачі мовами програмування з використанням стандартних бібліотек різних мов програмування без обмежень за розмірами. Також визначені вимоги до організації інформації в базі даних для отримання вибірок за запитом. Зокрема, розглянуто показник повноти інформації в системі управління джерелами (давачами) інформації, де неповнота ситуації визначається на граничному значенні, коли давач інформації перестав реагувати на запити. Показник несуперечності інформації при її надходженні від давачів визначений через порівняння ідентичних ознак у записах про різні види інформації, що належать до одного імені.

Для реалізації поставлених в роботі задач проаналізований підхід із застосування рекурсивного копіювання даних для інформування та моніторингу стану об'єкта спостереження. Підхід реалізовано на прикладі системно-технологічної моделі циклу управління безпековою складовою міста, розробленої в попередньому розділі. Наведений аналіз номограм за яким доведена ефективність застосування паралельної моделі інформування ОПР шляхом інформування пулів інформації про стан об'єкта спостереження. Представлений підхід до формування пакетів формалізації знань про складну систему, яка є об'єктом спостереження. Розроблені підходи до формування пакету інформації при зміні ситуації на об'єкті управління, подачі інформації через дашборди, та створення для цього інформаційних згорток.

У четвертому розділі розроблені моделі, алгоритми та реалізовані сервіси інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля



промислового міста. Зокрема, розроблено сервіс отримання інформації від давачів для наступної обробки та представлення через дашборди. Для цього було застосовано метод інформаційної згортки для забезпечення збереження всіх даних, що надходять у сховище, для їх подальшої обробки, вибору за запитом і візуалізації. Розроблений сервіс було реалізовано у інформаційно-телекомунікаційній системі «Платформа великих даних» та платформі цифрових мобільних сервісів «Київ Цифровий» для отримання та обробки даних від екологічних сенсорів Oizom Polludrone та Talkpool OY1210. Особливістю розробленого сервісу є розподіл даних за автоматичними чергами із обов'язковою фіксацією помилок для повторного опитування давачів. Результати формуються у вигляді HTTP кодів.

Розроблено алгоритм представлення рекурсивних структур даних для створення списків, кортежів з наступною програмною реалізацією вибору окремої інформації з масиву даних на основі машини Тюрінга. Представлено алгоритм реалізації рекурсивного дерева пошуку через функцію, яка формує дерево шляхом вбудови вузла із значенням (інформацією, списком), яке задане для пошуку. Для цього запропонований та реалізований алгоритм, який спочатку дозволяє порівняти значення, яке потрібно вставити, як нову «інформаційну» гілку, із значенням у кореновому вузлу дерева. Потім реалізуються процедури порівняння та перебору, допоки не буде сформовано вузол (вибірка інформації) згідно заданого пошуку. Функція бере значення і дерево та повертає нове дерево, в яке вбудовано новий елемент із цим значенням (гілка на дереві).

У підсумку, на базі функціонального рівняння Беллмана була побудована модель оптимальної кількості давачів системи моніторингу, які повинні зберігатися на складі для ремонту та обслуговування мережі, щоб своєчасно замінити ті, які почали надавати невірну або неточну інформацію. У підсумку був отриманий оптимальний план заміни давачів системи по одному з районів м. Києва, із можливістю скорочення витрат у 31,9% на покупку і зберігання нових давачів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

#### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених



до першого — третього кuartилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Всі роботи виконані на належному науковому рівні, що доведено незалежним рецензуванням в процесі подачі матеріалів до друку, з дотриманням правил академічної доброчесності та мають особистий внесок здобувача у вигляді розроблених математичних моделей, виконаних алгоритмізацій процесів, математичних розрахунків, експериментальних досліджень за темою дисертації.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота має наступні недоліки та зауваження:

1) В роботі недостатньо чітко прослідковується перехід від «розумного міста» до інформаційної технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста, через що стає дещо незрозумілим – де ж саме ця технологія IoT застосована та використовується у запропонованій у роботі розробці.

2) В математичних формулах використовуються одночасно літери латиниці і кирилиці, особливо в індексах і скороченнях, що ускладнює їх читання.

3) На погляд рецензента, у висновках роботи недостатньо підкреслена наукова новизна дослідження.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Іцкович Вікторії Євгенівни на тему «Інформаційні технології дослідження параметрів стану довкілля промислового міста» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня

