ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника

Григи Володимира Михайловича

на дисертаційну роботу **Дячка Романа Васильовича** на тему:

«Методи та засоби інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією»,

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії** з галузі знань 12 «*Інформаційні технології*» та спеціальності 123 «*Комп'ютерна інженерія*»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Динамічний розвиток інформаційно-вимірювальних технологій та їх широке використання в багатьох сферах промисловості призвів до появи складних кіберфізичних систем, розумних будинків, автоматизованих систем керування об'єктами, тощо. Такі системи містять значну кількість інтелектуальних сенсорів, які опрацьовують вхідні сигнали та передають оброблені дані з різних модальностей для забезпечення високошвидкісного обміну повідомленнями на різних архітектурних рівнях. З появою технологій штучного інтелекту та наявності інноваційних додатків, які поребують прийняття інтелектуальних та адаптивних рішень, виникає необхідність у інтелектуалізації мультисенсорних систем при їх інтеграції в системи Інтернету речей (IoT).

Збільшення кількості інформаційно-вимірювальних сенсорів, які підключаються до IoT мереж, призводить до накопичення значної кількості даних, які необхідно в реальному масштабі часу оперативно опрацьовувати та передавати, а також здійснювати ідентифікацію та надавати великі обсяги даних щодо безпеки, цілісності та конфіденційності. Саме тому наявність інтегрованих інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією у нижньому архітектурному рівні IoT створює необхідність у розробленні нових та вдосконаленні існуючих методів і засобів опрацювання інформації, оскільки наявним все важче справлятися з потоками даних, які постійно зростають.

Отже, актуальною є наукова задача інтелектуалізації мультисенсорних інформаційно-вимірювальних систем шляхом удосконалення існуючих та розроблення нових методів і засобів ефективної передачі інформаційних даних між вимірювальними пристроями і системами в архітектурних рівнях IoT.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертація Дячка Романа Васильовича відповідає науковому напрямку кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем - «Теорія спеціалізованих комп'ютерних систем», відповідно до тематики планів і науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка», згідно Закону України №433-IV - Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні. Частина дисертаційної роботи виконана на кафедрі спеціалізованих комп'ютерних систем в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України для молодих вчених «Наноструктуровані склокерамічні середовища для високонадійних оптоелектронних та сенсорних застосувань» (номер державної реєстрації 0116U004411) та «Оптимізовані нанокомпозити та сенсорні структури для оборонних систем контролю безпеки та виявлення загроз» (номер державної реєстрації 0116U004411).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Отримані наукові результати спрямовані на вирішення науково-прикладної задачі вдосконалення методів і засобів передачі та верифікації інформаційних даних для інтелектуальності інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорними конфігураціями на рівні архітектури IoT.

У результаті дисертаційного дослідження автором отримано наступні результати, які мають наукову новизну:

- вперше запропоновано метод нечітких тестів у поєднанні з динамічними мультимодальними передачами даних, який дозволяє відстежувати виконання програми, знаходити поля введення за допомогою динамічного аналізу, збільшуючи здатність виконувати код на глибокому рівні, що дозволило покращити валідність тестових випадків і швидкість покриття коду на 11%, що збільшує ймовірність виявлення аномалій під час виконання протоколу;

- набув подальшого розвитку метод очищення даних в бездротових сенсорних мережах на основі моделі кластеризації, який дозволив покращити невідповідність при ідентифікації даних із одного і того ж об'єкту на 15% у порівнянні з методами сортування без попередньої обробки;

- удосконалено метод довіри на основі туману, на основі якого у шарі туману можна відстежувати стан довіри всієї мережі, виявляти атаки на дані та запобігати втручанню третіх сторін у встановлення довірчих відносин між постачальниками сенсорних і хмарних сервісів у системах із мультисенсорною конфігурацією.

- набули подальшого розвитку методи побудови інтелектуальних вимірювальних систем з використанням бази даних і бази знань, а також комунікаційні зв'язки при передачі даних вимірювань та зміни нестабільних факторів, що дозволило зменшити навантаження на рівні туман/хмара.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У *вступі* обгрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету, завдання і задачі дослідження, продемонстровано зв'язок дослідження з науковою програмою і темою, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, представлено дані про апробацію та публікацію результатів дисертаційної роботи, із зазначенням особистого внеску автора у наукові праці, які виконувалися у співавторстві.

У *першому розділі* проаналізовано літературні джерела щодо сучасних прикладних методів і засобів інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорними конфігураціями (тобто їх структури, архітектурні рішення та серверне програмне забезпечення) та наведено перспективи їх застосування. Також розглянуто архітектуру мультисенсорного об'єднання даних, що є одним із ключових завдань проектування мультисенсорної системи.

У *другому розділі* представлено методи та засоби обробки інформації в досліджуваній системі, результатом якої є оцінка досліджуваної ситуації. Також представлені інтелектуальні архітектури моніторингу фізичних об'єктів, характеристики статистичної обробки результатів вимірювань, методи перевірки сигналів в інформаційно-вимірювальних системах.

У *третьому розділі* розроблено метод динамічного пошуку помилок в інформаційно-вимірювальній системі на основі технології штучного інтелекту та вдосконалено метод очищення мережевих даних у бездротовому давачі. Цей розділ також представляє результати дослідження методу очищення даних управління талантами в бездротовій сенсорній мережі на основі інтелектуальної технології. Проаналізовано конкретну форму застосування бездротової сенсорної мережі. Наведено структурні характеристики бездротової сенсорної мережі та запропоновано технологію очищення даних на основі моделі кластеризації. Запропоновано кластерний алгоритм видалення дублюючих записів та перевірено точність методу очищення даних. Викладено теорію динамічного аналізу пошкоджень промислових Інтернет-протоколів та визначено дані, які необхідні для динамічного мультимодального зв'язку давачів.

У *четвертому розділі* запропоновано оптимізований метод довіри на основі туману, для запобігання втручання третіх сторін під час встановлення довірчих відносин між давачами та постачальниками хмарних послуг у системі з кількома давачами. Поведінкова довіра між вузлами встановлюється на рівні бездротової сенсорної мережі, а довіра даних між вузлами та об'єктами встановлюється на рівні туману. Завдяки більш детальному аналізу даних шару туману можна відстежувати статус довіри всієї мережі, виявляти атаки на дані та відновлюватися після неправильно оцінених вузлів. Отримані результати доводять, що запропонований автором механізм довіри має певні переваги щодо зменшення

споживання енергії, забезпечення статусу довіри крайових вузлів і мережі, виявлення деяких прихованих атак на дані та відновлення вузлів з неправильними оцінками.

У *п'ятому розділі* описано практичне застосування розроблених інтелектуальних методів і засобів до деяких інформаційно-вимірювальних систем, зокрема системи визначення положення тіла людини у віртуальному світі, інформаційно-вимірювальної платформи для визначення рівня радіації навколишнього середовища, системи управління розумним будинком і системи SCADA для моніторингу роботи промислових об'єктів у реальному часі.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список літературних джерел містить 214 найменувань та свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

У *додатках* наведено акти впроваджень результатів роботи.

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

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації Дячка Р.В., добре задокументовані завдяки правильному використанню математичних інструментів і базуються на принципах системного аналізу (ієрархія, декомпозиція). Для розв'язання поставлених у дисертації завдань використано методи створення інтелектуальних вимірювальних систем, управління талантами, теорії похибок, математичної теорії обчислень, теорії комп'ютерних систем і мереж, теорії кіберфізичних систем, традиційного моделювання та програмно-математичного моделювання. Результати дослідження дисертації підтверджені успішною реалізацією, ефективно застосовані на практиці та доводять збіжність теоретичних досліджень і практичних результатів.

Обґрунтованість наукових положень і висновків, викладених у дисертації, є достатньою та базується на детальному аналізі науково-прикладної задачі дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також у якісному дослідженні та обґрунтованому викладенні основних результатів.

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

6. Практичні результати роботи

Практичне значення дослідження в даній дисертаційній роботі полягає в розробці та вдосконаленні методів і засобів передачі інформації в різноманітних інформаційно-вимірювальних системах з мультисенсорними конфігураціями, зокрема, методів очищення мережевих даних, вирішення проблеми помилок розпізнавання даних, суттєве покращення промислового тестування Інтернет-

протоколу, ефективності тестування, швидкості охоплення коду, зменшення ймовірності ненормального виконання протоколу; покращених методів довіри на основі туману для забезпечення статусу довіри крайових вузлів і мереж, виявлення деяких атак на приховані дані та відновлення помилково оцінених вузлів. Запропоновані та вдосконалені методи та засоби передачі даних використовуються в розробленій системі визначення положення тіла людини у віртуальному світі, рівня радіаційного забруднення навколишнього середовища та управління розумним будинком.

Одержані результати досліджень дисертації також впроваджено у навчальний процес для викладання дисциплін «Дослідження і проектування програмних систем» та «Дослідження і проектування спеціалізованих комп'ютерних систем» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», що навчаються за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія, спеціалізація 123.03. «Спеціалізовані комп'ютерні системи», у науково-дослідну роботу для молодих вчених «Оптимізовані нанокомпозити та сенсорні структури для оборонних систем контролю безпеки та виявлення загроз» (№ держ. реєстрації 0122U000807) та Державне підприємство Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» Інституту фізики конденсованих систем НАН України.

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

Загальний обсяг основного тексту дисертації складає 167 сторінок, 57 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел з 214 найменувань на 21 сторінці, додатки на 13 сторінках. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертація має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно випливають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Отримані результати демонструють високу індивідуальність даної роботи. У тексті роботи простежується стиль автора. Текстових запозичень та використання наукових результатів інших учених без посилання на відповідні джерела в роботі не виявлено.

За матеріалами дисертації опубліковано 12 наукових праць, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України та 6 публікацій у матеріалах та збірниках доповідей наукових конференцій, з яких 5 індексуються у наукометричній базі даних Scopus. Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно, на високому технічному рівні з

використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», галузі знань 12 «Інформаційні технології».

9. Зауваження до дисертації:

1. На деякі рисунки (наприклад, рис.1.11, 3.1, 3.11, 4.1), які представлені в 1-му, 3-му і 4-му розділі дисертації не міститься посилань на літературні джерела.

2. Блок-схеми алгоритмів поданих на рис.1.9, 1.10, 3.4, 3.7 виконані без дотримання правил їх оформлення згідно ДСТУ.

3. На ст.49, не розкрито суті основних символів, які використовуються у формулах (1.23) – (1.28).

4. Представлені в 3-му розділі дисертації лістинги програмного коду, які описують динамічний аналіз (рис.3.3), алгоритм Fuzz test (рис.3.5) та алгоритм тестових прикладів (рис.3.6) доцільно замінити блок-схемами для кращого розуміння їх суті, а програмний код винести в додатки дисертаційної роботи.

5. У розділі 3 не достатньо розкрито умови генерації тестових прикладів при динамічному пошуку помилок та не представлено блок-схему алгоритму видалення запису реплікації на основі кластера.

6. Задані параметри моделювання в таблиці 4.1 (п.4.3), потребують уточнення, наприклад максимальна затримка подана без зазначення одиниць її вимірювання, а в таблиці 4.2 не вказано в яких одиницях визначається час очікування.

7. Дисертація містить значну кількість орфографічних та стилістичних помилок (наприклад, ст.3, 37, 39, 57, 67, 80 та 94). Перелік умовних позначень обмежений та не містить значної кількості важливих скорочень, які зустрічаються в дисертаційній роботі.

Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертація Дячка Романа Васильовича «Методи та засоби інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією» є завершеною науковою роботою, яка містить нові наукові результати для розв'язання науково-прикладної задачі інтелектуалізації мультисенсорних інформаційно-вимірювальних систем шляхом удосконалення та розроблення методів та засобів ефективної передачі та валідації інформаційних даних між вимірювальними пристроями і системами та архітектурними рівнями Інтернету речей.

Отримані наукові та практичні результати мають значення для галузі інформаційних технологій загалом та обчислювальної техніки зокрема. Тема та зміст дисертаційної роботи відповідають спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обгрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх

наукову новизну та практичну цінність, повноту викладу матеріалу у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішень разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022року, а її автор Дячок Роман Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент - кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії
та електроніки Прикарпатського національного
університету імені Василя Стефаника _____ Володимир ГРИГА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
і.к. 02125266

ПІДПИС Володимира Григи
ЗАСВІДЧУЮ
Начальник відділу кадрів
_____ Орест СМІШКО
«27» 06 2023 р.