ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри кібербезпеки
Західноукраїнського національного університету
Яцківа Василя Васильовича
на дисертаційну роботу Дячка Романа Васильовича
на тему «Методи та засоби інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія,
галузь знань 12 – Інформаційні технології

Актуальність обраної теми.

У сучасному світі стрімко зростає кількість пристроїв, які здатні збирати та обробляти велику кількість даних. Інформаційно-вимірювальні системи з мультисенсорною конфігурацією відіграють ключову роль в цьому процесі, дозволяючи збирати дані з різних сенсорів та надавати розширену інформацію про навколишнє середовище.

Використання штучного інтелекту та машинного навчання для обробки та аналізу даних, має великий потенціал для покращення функціональності та ефективності інформаційно-вимірювальних систем. Застосування інтелектуалізації в концепції Інтернету речей дозволяє автоматизувати процеси обробки даних, сприяє підвищенню енергоефективності, забезпечує високу точність та надійність вимірювань.

Зважаючи на необхідність передачі значної кількості інформацію від інформаційно-вимірювальних систем у хмару, виникає потреба у залученні проміжного шару туману, який передбачає аналіз даних перед передачею до хмарного центру обробки. Це дозволяє зменшити затримки, забезпечити відсутність зв'язку та обробку даних у режимі реального часу, що є особливо важливим для додатків, які вимагають низької латентності та високої надійності. В свою чергу, залучення шару туману вимагає розроблення додаткових методів та засобів для роботи з даними, отриманими від іфноммаційно-вимірювальних систем.

Тому я вважаю, що дисертація Дячка Романа Васильовича, яка присвячена розробленню та удосконаленню методів і засобів передачі та валідації інформаційних даних для інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією в архітектурних рівнях Інтернету речей, є актуальною.

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

Дисертація Дячка Р.В. виконана на кафедрі спеціалізованих комп'ютерних систем Національного університету «Львівська політехніка». Тема дисертації відповідає пріоритетним напрямкам науково-дослідних робіт відповідно до координаційних планів Міністерства освіти і науки України. Зокрема, робота виконувалася в рамках наукових досліджень держбюджетних науково-досліджених робіт Міністерства освіти і науки України для молодих вчених «Наноструктуровані скло-керамічні середовища для високонадійних оптоелектронних та сенсорних застосувань» (№ держ. реєстру 0116U004411) та «Оптимізовані нанокомпозити та сенсорні структури для оборонних систем контролю безпеки та виявлення загроз» (№ держ. реєстру 0116U004411).

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

При вирішенні поставлених у дисертації задач, створенні наукових положень, висновків та рекомендацій здобувачем застосовані дані, які одержані з літературних джерел, з результатів аналізу сучасного стану та перспектив розвитку методів і засобів передачі та перевірки інформації між архітектурними рівнями Інтернету речей. Тому створені наукові положення, висновки та рекомендації можна вважати достатньо обґрунтованими. Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується результатами моделювань, даними експериментальних досліджень та практичними результатами, які підтверджуються наведеними актами впровадження.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, отриманих у дисертації, підтверджена результатами теоретичних та експериментальних досліджень, коректним застосуванням математичного апарату, а також впровадженням запропонованих рішень у розроблення методів інтелектуалізації до ряду інформаційно-вимірювальних систем.

Наукова новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертація вирішує актуальну науково-практичну задачу 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 IoT.

Робота містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором

нові науково обґрунтовані результати. А саме:

- *вперше* запропоновано метод нечітких тестів у поєднанні з динамічними мультимодальними передачами даних, який дозволяє відстежувати виконання програми, знаходить поля введення за допомогою динамічного аналізу, збільшуючи здатність виконувати код на глибокий рівень, що дозволило покращити валідність тестових випадків і швидкість покриття коду, а також підвищити ймовірність виявлення аномалій у реалізації 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 у порівнянні з методами сортування без попередньої обробки;

- *удосконалено* метод довіри на основі туману, завдяки якому 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 з мультисенсорною конфігурацією;

- *набули подальшого розвитку* методи побудови інтелектуальних вимірювальних системи з використанням бази даних та бази знань, а також комунікаційні зв'язки при передачі даних вимірювань та зміни дестабілізуючих факторів, що в кінцевому результаті дало змогу зменшити навантаження на рівні туман/хмара.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності.

Основні положення та практичні результати дисертації доповідалися і обговорювались на таких конференціях: Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» (Івано-Франківськ, Україна, 2022 р.), Міжнародних конференціях 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies DESSERT (Athens, Greece, 2022), 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering TCSET (Lviv, Ukraine, 2021), 22nd International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering CPEE, (Czech Republic, 2021), 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), (Kiev, Ukraine, 2018).

Основні результати дисертації викладено у 12 публікаціях, 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.

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, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертації порушень академічної доброчесності не виявлено.

Аналіз змісту та форми дисертації.

Робота написана на достатньому мовно-стилістичному рівні.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, окреслено мету дослідження та науково-технічні завдання, необхідні для його виконання, представлені методи досліджень, вказані новизна і практичне значення отриманих результатів, наведені відомості про апробацію, публікації та реалізацію результатів дослідження.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел щодо сучасного стану та перспектив застосування інформаційних систем з мультисенсорною конфігурацію, розглянуто підходи до об'єднання даних у системах з декількома сенсорами. Відзначено наявні проблеми, які виникають при опрацюванні та передачі інформації з інформаційно-вимірювальних систем. На основі проведеного огляду сучасного стану даної задачі сформульовано мету і завдання дослідження.

У другому розділі представлено методи та засоби передавання та опрацювання інформації з мультисенсорних систем обробки інформації в досліджуваних системах, особливості статистичного аналізу результатів вимірювань, методи перевірки інформаційно-вимірювальних систем.

У третьому розділі розроблено метод динамічного пошук помилок в промисловій системі інтернету, представлено метод тестування промислового Інтернет-протоколу на основі динамічного аналізу, вдосконалено метод очищення даних у бездротових сенсорних мережах, запропоновано метод нечітких тестів у поєднанні з динамічними мультимодальними передачами даних.

У четвертому розділі модифіковано метод довіри на основі туману для запобігання втручання третіх сторін, коли сенсори та постачальники хмарних послуг створюють довірчі відносини в системах. Показано, що довіра між компонентами формується на рівні бездротових сенсорних мереж, а довіра даних компонентів та їх об'єктів формується в шарі туману.

У *п'ятому розділі* наведено практичні аспекти застосування та апробації розроблених методів та інструментів інтелектуалізації до різноманітних інформаційно-вимірювальних систем.

У *висновках* сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

У *додатках* представлено акти впровадження та додаткові матеріали.

Анотація дисертації коректно відображає її основні положення.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. У четвертому розділі при описі та аналізі методу довіри на основі туману автор вживає термін «механізм довіри» як синонім до «методу довіри», що є некоректно.

2. У роботі використовується ряд англомовних скорочень, зокрема, SSPs і CSPs, яких нема у наведеному переліку скорочень. Доцільно було б використати їх україномовні відповідники.

3. У тексті дисертації та висновках при дослідженні методу очищення даних в бездротових сенсорних мережах на основі моделі кластеризації не вказано, якого покращення вдасться досягнути.

4. Представлений алгоритм видалення запису реплікації на основі кластеру потребує конкретизації.

5. У тексті представленої роботи зустрічається ряд стилістичних і орфографічних неточностей.

Загальні висновки та оцінка дисертації.

Представлена дисертація Дячка Романа Васильовича *«Методи та засоби інтелектуалізації інформаційно-вимірювальних систем з мультисенсорною конфігурацією»* є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить обґрунтовані наукові результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу 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 положення та практичні результати є значущими для галузі інформаціях технологій в цілому та комп'ютерної інженерії зокрема. Тема, зміст дисертації та отримані наукові результати відповідають предметній області спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія.

Таким чином, враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх наукову новизну та практичну цінність, відповідність предметній області

спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія, повноту викладу у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація повністю 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 від 12 січня 2022 року № 44 зі змінами згідно з Постановою КМ №9341 від 21.03.2022 та чинним вимогам МОН України, а її автор Дячок Роман Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри кібербезпеки
Західноукраїнського національного
університету Василь ЯЦКІВ

Підпис Василь Яцків
Завіряю:
НАЧАЛЬНИК ЗАГАЛЬНОГО ВІДДІЛУ Ляля Семик