

## РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента Крилової Вікторії Анатоліївни

на дисертаційну роботу Воронця Віталія Миколайовича

### **«МОДЕЛІ І МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QOS ШЛЯХОМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ В УМОВАХ ПІКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

#### **1. Актуальність теми**

Сучасні мережі передають все більше даних через інтернет, зокрема мультимедійний контент, що потребує високої якості обслуговування (QoS). Відповідні моделі та методи забезпечення QoS є критичними для різноманітних додатків, від відеоконференцій та стрімінгових сервісів до хмарних обчислень і інтернету речей (IoT). Правильне управління чергами дозволяє оптимізувати використання мережевих ресурсів, що є особливо важливим у періоди пікових навантажень. Це включає ефективне розподілення пропускної здатності, уникнення перевантажень і забезпечення стабільної роботи мережі. Зі зростанням кількості підключених пристроїв і впровадженням технологій 5G, важливість забезпечення QoS стає ще більш актуальною. Нові технології вимагають удосконалення існуючих моделей і методів для забезпечення високих стандартів обслуговування. Таким чином, дослідження проведені в дисертаційній роботі є важливим кроком для підвищення ефективності та надійності сучасних комунікаційних систем, що сприятиме задоволенню зростаючих потреб користувачів і технологічного прогресу.

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

Дисертація виконувалась відповідно до завдань держбюджетної теми МОН України: Міжнародний проект за програмою ERASMUS+ (Project Number: 598236-EPP-1-2018-1-LT-EPPKA2-CBHE-SP) за темою «dComFra – Digital competence framework for Ukrainian teachers and other citizens», яка була впроваджена на кафедрі Системи інформації ім. В.О. Кравця, навчально-

науковому інституті комп'ютерного моделювання, прикладної фізики і математики, НТУ «ХПІ».

### **3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації**

Робота Воронця В.М. є завершеною науковою роботою, містить дві анотації – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список літератури і додатки.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, пов'язаної з розробкою та подальшим удосконалення моделей та методів управління чергами при пікових навантаженнях для підвищення якості обслуговування комп'ютерних мереж.

У вступі обґрунтовано актуальність в галузі комп'ютерних мереж, вказано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, відзначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надано інформацію про особистий внесок автора та перелік публікацій за темою дисертації.

У першому розділі досліджено проблеми якості обслуговування в комп'ютерних мережах. Проаналізовані принципи побудови та функціонування сучасних комп'ютерних мереж. Обґрунтовано вибір моделей та методів для подальшого дослідження.

У другому розділі побудовано математичні моделі вузлів комп'ютерної мережі. Розроблено наближену технологію оцінки якості обслуговування багатоканальних вузлів маршрутизації з відмовами та неоднорідним вхідним трафіком з пріоритетами.

У третьому розділі запропонована комплексна математична модель управління потоками пакетів. Розглянуто сценарій управління вузлом мережі. Показаний порядок пріоритизації, що сприяє ефективному розподілу ресурсів між потоками. Для вирішення задачі використовувалась вартісна функція для оптимізації, а також методи адаптивного керування розміром черг та розподілу навантаження. Проведено аналіз шляхів передачі даних у мережі з урахуванням поточного навантаження та пріоритетів повідомлень.

У четвертому розділі удосконалено методи формування трафіку вузла мережі, що гарантує показники якості обслуговування. Тестування методів проводилось за допомогою симулятора OMNeT++.

У висновках наведено основні результати та вирішені наукові задачі дослідження.

#### **4. Наукова новизна одержаних результатів**

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

- удосконалено марківські моделі обслуговування мережевого трафіку, шляхом врахування особливостей протоколу управління передачею TCP (Transmission Control Protocol) щодо гарантування доставки пакета та повторної передачі втрачених пакетів;

- вперше запропоновано вартісно-вагову модель управління обслуговуванням потоків пакетів за рахунок розподілу їх по чергам вузла мережі, яка враховує суперпозицію показників якості обслуговування QoS (Quality of Service) мережі, внутрішніх параметрів заголовку пакету та додаткових показників провайдерів Інтернет, кожному з яких задається вага;

- отримали подальший розвиток методи управління обслуговуванням черг, які, на відміну від відомих, встановлюють раціональний розподіл ресурсу системи передачі пакетів за критеріями: середня довжина черг з урахуванням пріоритетів, середня тривалість очікування початку обслуговування, середня кількість черг, довжина яких не менше критичної.

#### **5. Достовірність отриманих результатів та висновків**

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

## **6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Дослідження має можливості безпосереднього використання запропонованих моделей і методів при впровадженні перспективних мережевих технологій та окремих механізмів управління чергами комп'ютерних мереж. Використання вартісно-вагової моделі із показниками мережевих пакетів дозволило знизити затримку пакету при онлайн управлінні рухомим об'єктом при загальному навантаженні на мережу 90% і більше. В окремому підрозділі здобувачем були сформульовані практичні рекомендації щодо застосування розроблених методів, що знижують ймовірність відкидання пакетів по всіх потоках.

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

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні положення і результати дисертаційних досліджень опубліковані в 13 наукових працях: 5 статей – у наукових періодичних фахових видання України; 1 стаття – у науковому періодичному виданні України, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір та 6 матеріалів апробаційного характеру.

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

1. Марківські моделі, які запропоновано у другому розділі, базуються на певних припущеннях про потоки трафіку та їх властивості, які не повністю відповідають реальним умовам.

2. У третьому розділі запропоновано лінійну вартісну функцію передачі пакетів, яка ігнорує взаємозв'язки між запропонованими метриками,

що в моделюванні комп'ютерних мереж може призвести до неточностей у розрахунках витрат, особливо у складних мережевих системах.

3. У четвертому розділі розглядається метод управління чергами. Метод має кілька недоліків: може сприяти нерівномірному розподілу ресурсів; метод може бути менш ефективним у динамічних мережах з високою варіативністю трафіку, де ваги та критичні рівні черг можуть швидко змінюватися.

4. В четвертому розділі не врахована залежність від розмірів та складності реального кампусу. Стандартні роутери та вузли можуть бути недостатніми для відображення реального масштабу мережевої інфраструктури. Це може призвести до втрати деталізації та точності в моделюванні.

Зазначені недоліки не впливають на загальне позитивне враження від роботи, не зменшують її якості, а також наукової та практичної цінності. Вони не є визначальними і можуть бути враховані як напрямки подальших досліджень. Під час вивчення та аналізу дисертаційної роботи випадків порушення академічної доброчесності виявлено не було.

## **9. Висновки**

Дисертаційна робота Воронця В.М. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування» та спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Воронця Віталія Миколайовича «Моделі і методи забезпечення QoS шляхом обслуговування черг в умовах пікових навантажень» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до

оформлення дисертації МОН України від 12.01.2022 № 40, а сам автор, Воронець Віталій Миколайович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автоматки і управління  
в технічних системах Національного  
Технічного Університету «Харківський  
Політехнічний Інститут»

Вікторія КРИЛОВА

Підпис огу Вікторії Крилової  
ЗАСВІДЧУЮ:  
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
24 " 06 2024 р.



ЗАЙЦЕВ Ю. І.