РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, професора кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем
Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Національного університету «Київський авіаційний інститут»
Конаховича Георгія Филимоновича
на дисертацію Гамрецького Романа Михайловича
на тему «Методи та моделі оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертаційної роботи

У сучасних інформаційно-комунікаційних системах програмне забезпечення є не допоміжним елементом, а безпосереднім засобом реалізації мережевих функцій, сервісного керування, віртуалізації та взаємодії між розподіленими компонентами. Тому вимоги до якості програмного забезпечення мають розглядатися разом із вимогами до надійності, масштабованості, безпеки та експлуатаційної стійкості системи в цілому.

Проблематика дисертації є актуальною передусім через необхідність переходу від оцінки програмного продукту в статичному стані до оцінювання його поведінки у конкретному мережевому середовищі. Автор пропонує інтегрувати статичні характеристики з динамічними метриками, а для програмного ядра мережі мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G) – доповнити універсальну модель показниками якості, що відображають специфіку сигналізаційних процедур, масштабованість, відмовостійкість і поведінку площини користувача. Застосування такого підходу дає змогу формувати більш об'єктивну інтегральну оцінку, що враховує як властивості, так і умови експлуатації програмного продукту.

Такий напрям відповідає потребам програмно-керованих і віртуалізованих телекомунікаційних систем, у яких зміна навантаження, мережевої конфігурації або стану інфраструктури може суттєво вплинути на

фактичну якість сервісу. Отже, тема роботи є своєчасною та має достатнє наукове обґрунтування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано відповідно до наукового напряму кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного університету «Київський авіаційний інститут», пов'язаного з дослідженням методів, моделей та засобів забезпечення якості, надійності, безпеки й ефективності функціонування сучасних інформаційно-комунікаційних систем. Тематика дисертаційного дослідження змістовно узгоджується з напрямом науково-дослідної роботи «Методи підвищення експлуатаційної ефективності телекомунікаційних та радіоелектронних систем об'єктів критично важливої інфраструктури України», шифр 425-ДБ22, номер державної реєстрації № 0122U001804, що виконувалася у 2022–2023 роках, оскільки дослідження спрямоване на оцінювання якості програмного забезпечення та врахування експлуатаційних характеристик його функціонування в сучасних інформаційно-комунікаційних системах.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Логіка дослідження є послідовною. Виявлене в першому розділі обмеження існуючих підходів щодо врахування експлуатаційної динаміки безпосередньо приводить до формування системи статичних і динамічних метрик у другому розділі. На цій основі в третьому розділі побудовано комплексну модель та доменно-орієнтований метод, а четвертий розділ містить їх окрему експериментальну перевірку.

Для обґрунтування використано методи системного аналізу, формалізації, математичного моделювання і багатокритеріального оцінювання. Експериментальна частина організована як контрольоване відтворення навантаження та мережевої деградації. Важливо, що автор не екстраполює лабораторні результати без застережень: у роботі прямо

зазначено обмеження зовнішньої валідності стендів і необхідність подальшої перевірки на інших реалізаціях та в ширших доменах. Обґрунтований вибір методів дослідження, послідовність розроблення моделі й методу та організація їх експериментальної перевірки підтверджують належний рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Загальні висновки відповідають восьми поставленим завданням. Окремо підтверджено покриття контрольних вимог доменного профілю 5G для показників площини користувача: у сценаріях зі 100, 300 та 500 одиницями користувацького обладнання (User Equipment, UE) фактичні значення часу двобічного проходження пакетів (Round-Trip Time, RTT), джитера та втрат пакетів не перевищували визначених меж.

Наукова новизна отриманих результатів

До найбільш вагомих наукових результатів дисертаційної роботи слід віднести такі:

1. Вперше запропоновано доменно-орієнтований метод оцінювання якості програмного забезпечення ядра 5G, у якому базові характеристики якості поєднано з показниками, специфічними для функціонування телекомунікаційного ядра. Метод передбачає оцінювання на сервісному, функціональному та інфраструктурному рівнях, що забезпечує більш деталізовану інтерпретацію джерел деградації.

2. Удосконалено спосіб розрахунку інтегрального показника якості шляхом адаптивного коригування вагових коефіцієнтів залежно від експлуатаційного стану системи, що підвищує чутливість оцінювання до критичних змін навантаження та проявів деградації.

3. Вперше розроблено комплексну багаторівневу модель оцінювання якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах, яка інтегрує статичні характеристики програмного продукту та динамічні операційні метрики його функціонування в умовах змінного навантаження.

4. Дістали подальшого розвитку критеріальні моделі оцінювання якості програмного забезпечення сучасних інформаційно-комунікаційних систем завдяки можливості доменного розширення референтних моделей показниками кібербезпеки, енергоспоживання та стійкості мікросервісів.

Практичне значення отриманих результатів

Результати дисертації можуть бути використані для порівняння програмних реалізацій і конфігурацій, контролю якості під час навантажувального тестування та експлуатації, виявлення деградації й підтримки рішень щодо модернізації, масштабування та оптимізації компонентів інформаційно-комунікаційних систем.

Особливо корисною є можливість формувати профілі експлуатаційної стійкості для різних класів програмних компонентів. Експериментальна перевірка показала, що за однакової логіки контрольованої мережевої деградації компоненти демонструють різну динаміку інтегральної оцінки, що може бути використано для визначення пріоритетів технічного контролю.

У дисертації також обґрунтовано поетапну схему впровадження моделі та методу – від базового набору метрик до інтеграції з моніторингом, навантажувальним тестуванням та історією якості. Окремі результати впроваджено в навчальний процес кафедри та практичну діяльність ТОВ «СМАРТ ПАВЕР».

Оцінка структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертація має чітку структуру, що складається з чотирьох розділів. Перший розділ містить огляд і критичний аналіз методів, моделей та метричних підходів. Другий розділ формує систему статичних і динамічних метрик та методичні засади їх нормалізації, зважування й інтерпретації. Третій розділ є центральним теоретико-методичним блоком і містить комплексну модель та доменно-орієнтований метод оцінювання якості програмного забезпечення ядра 5G. Четвертий розділ містить дві

експериментальні серії, обговорення результатів, схему впровадження, обмеження дослідження та практичні рекомендації.

Побудова дисертації характеризується внутрішньою узгодженістю та послідовністю викладення матеріалу. Кожний розділ має визначене місце у загальній логіці дослідження: від аналізу наявних підходів і формування метричного апарату – до розроблення авторських рішень, їх експериментальної перевірки та формулювання практичних рекомендацій. Ілюстративний матеріал і додатки доповнюють основний текст та підтверджують окремі положення роботи.

Позитивно слід відзначити, що четвертий розділ завершується не лише констатацією результатів, а й визначенням меж їх коректної інтерпретації та напрямів подальшої верифікації. Це зменшує ризик надмірного узагальнення результатів лабораторних експериментів.

Повнота викладу основних результатів дисертації у публікаціях та апробація

Аналіз наведеного у дисертації переліку публікацій засвідчує, що основні положення та результати проведеного дослідження отримали належне відображення у наукових працях здобувача. Серед них представлені статті у фахових виданнях України, а також публікації, проіндексовані в наукометричній базі Scopus. Опубліковані матеріали змістовно пов'язані з тематикою дисертації та відображають ключові результати, одержані у процесі розв'язання поставлених наукових завдань.

Основні положення дисертаційної роботи також були представлені на профільних наукових і науково-технічних заходах. Наведені у роботі відомості про оприлюднення та обговорення результатів дають підстави констатувати належний рівень їх апробації та достатню повноту представлення основних результатів дослідження у публікаціях здобувача.

Під час опрацювання дисертаційної роботи та публікацій здобувача порушень академічної доброчесності у формі академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації не встановлено.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Поряд із позитивною оцінкою роботи доцільно звернути увагу на такі аспекти:

1. У роботі авіаційні інформаційно-комунікаційні системи розглядаються як один із перспективних класів застосування запропонованого підходу, однак експериментальну перевірку виконано на програмному ядрі 5G, а також на типових компонентах автентифікації (Auth), Інтернету речей (IoT) та програмно-конфігурованої мережі (SDN).

2. Для контрольної перевірки площини користувача 5G формалізовано межі RTT, джитера та втрат пакетів, тоді як пропускну здатність за протоколом TCP використано як додатковий фактичний показник без окремого порогового критерію. У подальшому доцільно сформувати контрольні межі пропускної здатності для конкретних класів сервісів або профілів угод про рівень обслуговування (Service Level Agreement, SLA).

3. На інфраструктурному рівні навантажувальної серії 5G значення оцінки залишалося максимальним, оскільки контрольований перезапуск функції керування сеансами (Session Management Function, SMF) не призвів до втрати активних тунелів для вже встановлених сеансів PDU (Protocol Data Unit).

4. Лабораторні стенди закономірно не відтворюють усього різноманіття експлуатаційних топологій та сценаріїв взаємодії із суміжними сервісами. Тому практичне застосування запропонованих профілів якості в конкретній інфраструктурі потребуватиме локального калібрування порогових значень і вагових коефіцієнтів.

Висловлені зауваження мають рекомендаційний характер і визначають природні напрями подальшого розвитку дослідження.

Висновок

Дисертаційна робота Гамрецького Романа Михайловича на тему «Методи та моделі оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах» є самостійною завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати щодо комплексного та доменно-орієнтованого оцінювання якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах.

За змістом, науковою новизною, обґрунтованістю результатів, відповідністю поставленій меті та завданням, рівнем експериментальної перевірки і практичним значенням дисертація відповідає вимогам 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 від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами), а її автор Гамрецький Роман Михайлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

РЕЦЕНЗЕНТ
професор кафедри
телекомунікаційних та
радіоелектронних систем
Національного університету
«Київський авіаційний інститут»,
д.т.н., професор _____ Георгій КОНАХОВИЧ

Підпис Конаховича Георгія засвідчую
проректор з наукових досліджень
та трансферу технологій С. Знатков