

ВІДГУК

офіційного опонента
кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри автоматизації виробничих процесів

Центральноукраїнського національного технічного університету

Смірнова Сергія Анатолійовича

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

Перехід телекомунікаційних та інформаційно-комунікаційних систем до віртуалізованих, хмарних і мікросервісних архітектур призводить до того, що якість програмного забезпечення стає змінною характеристикою, яка залежить від конфігурації, навантаження, мережових умов і доступності суміжних сервісів. У таких середовищах статична оцінка коду або відповідності набору вимог є необхідною, але недостатньою для висновку про реальну придатність програмного компонента до експлуатації.

Дисертація присвячена формуванню оцінювання, у якому продуктові властивості програмного забезпечення поєднані з операційними метриками. Такий підхід особливо важливий для систем, де деградація затримки, втрат пакетів, пропускної здатності чи доступності може змінити якість сервісу без формальної зміни програмного артефакту. Додаткову актуальність роботі надає орієнтація на 5G Core, SDN, IoT і сервісні компоненти, тобто на ті класи інформаційно-комунікаційних систем, у яких програмна логіка, мережеві функції та механізми експлуатаційного контролю тісно взаємопов'язані.

Таким чином, поставлене в дисертації завдання є актуальним для розвитку інструментів контролю якості програмного забезпечення сучасних інформаційно-комунікаційних систем, зокрема в контексті автоматизованого моніторингу, виявлення деградації та підтримки рішень щодо зміни конфігурацій.

Структура та зміст дисертаційного дослідження

Структура дисертації підпорядкована логіці переходу від аналізу предметної області до розроблення та валідації власних наукових результатів. Після вступу, де визначено мету, вісім завдань, об'єкт, предмет і методи, у першому розділі систематизовано стандарти, моделі та підходи до оцінювання якості програмного забезпечення. Автор показує, що SQuaRE та ISO/IEC 25010 формують нормативно-понятійний каркас, проте для інформаційно-комунікаційних систем потребують доповнення операційними й доменно-специфічними показниками.

Другий розділ формує метричну основу дослідження. Важливим є поділ на статичні та динамічні метрики з подальшим приведенням різнорідних показників до порівнюваного вигляду. У цьому розділі закладено методичну основу для інтегрального оцінювання: визначено правила нормалізації, напрями оптимізації метрик, принципи вагового агрегування та інтерпретації.

Третій розділ містить два самостійні, але взаємопов'язані наукові результати: комплексну модель оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах та доменно-орієнтований метод оцінки якості програмного забезпечення ядра 5G. У моделі поєднано статичну й динамічну складові, а в методі для 5G Core додано сервісний, функціональний та інфраструктурний рівні. Окремо формалізовано адаптивне коригування ваг, яке має підвищувати чутливість оцінки за ознак деградації.

Четвертий розділ побудовано як подвійна валідація. Перша серія досліджує 5G Core за сценаріїв 100, 300 та 500 UE і показує зниження успішності процедур реєстрації та встановлення PDU-сесій зі зростанням навантаження. Друга серія перевіряє загальну модель на мережевих компонентах у Proxmox/NetEm-середовищі. Показано, що інтегральна динамічна оцінка зменшується зі зростанням мережевої деградації, але траєкторія зниження для різних класів компонентів є неоднаковою.

Загалом зміст розділів відповідає заявленій темі, а загальні висновки структуровано відповідно до завдань дослідження. У дисертації окремо визначено межі коректної інтерпретації лабораторних експериментів, що є важливим для оцінки достовірності результатів.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень

Обґрунтованість результатів забезпечується поєднанням системного аналізу, формалізації метричного апарату, математичного моделювання інтегральних оцінок, багатокритеріального агрегування та експериментальної перевірки. Для валідації використовуються різні за призначенням середовища: free5GC та UERANSIM для доменного 5G-сценарію; Proxmox VE, NetEm, Prometheus і Grafana – для відтворюваного контролю мережевої деградації та спостереження за поведінкою різномірних програмних компонентів.

Достовірність висновків у межах проведених сценаріїв підкріплюється тим, що автор не змішує результати двох експериментальних серій. Для 5G Core оцінюється сценарна реалізація доменно-орієнтованого методу, а для мережевих компонентів – чутливість динамічної складової комплексної моделі до контрольованої деградації мережевих умов. Крім того, показники площини

користувача 5G окремо зіставлено з контрольними межами для RTT, джитера та втрат пакетів, що дозволяє інтерпретувати зниження інтегральної оцінки у зв'язку з конкретними доменними вимогами.

Наукова новизна результатів дослідження

Наукова новизна дисертації визначається не лише розширенням набору метрик, а зміною самої логіки оцінювання якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах. Автор переходить від ізольованих характеристик до багаторівневого інтегрального подання, у якому можна поєднати продуктові та експлуатаційні ознаки.

Вперше запропоновано доменно-орієнтований метод для програмного забезпечення ядра 5G, який формує профіль оцінювання якості з урахуванням специфіки сервісно-орієнтованої архітектури та мережевих функцій.

Удосконалено розрахунок інтегрального показника через адаптивне коригування ваг, що забезпечує реакцію оцінювання на зміну експлуатаційного контексту.

Вперше розроблено комплексну багаторівневу модель, яка дає змогу кількісно зіставляти статичні характеристики програмного продукту з фактичними операційними показниками.

Дістали подальшого розвитку критеріальні моделі оцінювання завдяки багатокритеріальному підходу, який полягає в можливості включення показників кібербезпеки, енерговитрат і стійкості мікросервісів у розширені профілі якості.

Практична цінність отриманих результатів

Практичний інтерес становить можливість використання моделі як надбудови над існуючими засобами моніторингу. Динамічна складова може розраховуватися на основі даних експлуатаційної телеметрії, а інтегральна оцінка – використовуватися для ранжування компонентів за ризиком деградації, порівняння версій або конфігурацій та визначення пріоритетів додаткового тестування. Для 5G Core запропонований підхід дозволяє не обмежуватися формальною працездатністю мережевих функцій, а оцінювати сукупність процедур реєстрації, встановлення PDU-сесій, часових характеристик сигналізації та показників площини користувача. Для загальної моделі показано можливість зіставляти компоненти з різною моделлю взаємодії: транзакційний HTTP-сервіс, MQTT-компонент та SDN-контролер із RESTCONF-доступом.

Впровадження окремих результатів у навчальний процес кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем і в практичну діяльність ТОВ «СМАРТ ПАВЕР» підтверджує прикладну спрямованість роботи.

Повнота викладу основних результатів у публікаціях

Основні результати дисертаційної роботи оприлюднено у наукових працях здобувача, зокрема у статтях, опублікованих у наукових фахових виданнях України, а також у публікаціях, проіндексованих у наукометричній базі Scopus. Зміст цих праць відповідає темі дисертації та відображає основні етапи проведеного дослідження – від обґрунтування метричних підходів до розроблення комплексної моделі, доменно-орієнтованого методу та експериментальної перевірки одержаних результатів. Це свідчить про достатню повноту представлення основних наукових положень дисертації у публікаціях здобувача.

Апробація результатів дисертаційного дослідження

Результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на наукових і науково-технічних заходах за тематикою інформаційно-комунікаційних систем, телекомунікацій, кібербезпеки та програмних технологій. Представлення й обговорення окремих положень роботи на профільних конференціях упродовж виконання дослідження сприяло апробації запропонованих підходів і підтверджує належний рівень представлення результатів у науковому середовищі.

Аналіз змісту дисертації та оприлюднених за її тематикою наукових праць не виявив ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів дослідження.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Загалом дисертація заслуговує на позитивну оцінку. Водночас окремі положення можуть бути предметом подальшого розвитку:

1. У базовому варіанті експериментальної перевірки свідомо використано мінімально достатній набір метрик, а детальні показники кіберстійкості, оперативності реагування на інциденти та ізоляції багатокористувацьких середовищ залишено серед напрямів подальших досліджень. Для систем із підвищеними вимогами до захисту доцільно верифікувати розширений безпековий профіль якості окремою експериментальною серією.

2. Auth-сервіс у серії Б оцінюється переважно під впливом мережевої деградації. Додаткове моделювання сценаріїв безпекових інцидентів, відмов механізмів автентифікації або аномального потоку запитів дозволило б перевірити, як інтегральна модель реагує на деградацію, спричинену не лише мережею, а й подіями безпеки.

3. Процедура визначення вагових коефіцієнтів залишається залежною від доменного профілю та експертно визначених пріоритетів. Автор сам визначає автоматизацію вагового профілювання як перспективний напрям; реалізація такого механізму на накопичених історичних даних могла б підвищити відтворюваність між різними організаціями.

4. Інструментальна база Prometheus, Grafana, NetEm, Proxmox VE, Docker, free5GC та UERANSIM забезпечує відтворюваність, але частково визначає доступність конкретних мір. Доцільною є додаткова перевірка переносимості процедур збору та перетворення метрик в інші стеки спостережуваності й оркестрації.

5. Інтеграцію процедур оцінювання в CI/CD-пайплайни обґрунтовано як напрям практичного застосування. Для завершення цього прикладного контуру доцільно надалі показати наскрізний сценарій, у якому зміна інтегрального індексу автоматично впливає на рішення щодо релізу, відкату або додаткового тестування.

Зазначені положення не заперечують отриманих результатів і мають переважно рекомендаційний характер.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертація Гамрецького Р.М. на тему «Методи та моделі оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, що містить нове вирішення актуального науково-практичного завдання оцінювання якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах на основі поєднання статичних і динамічних метрик та доменної адаптації оцінювання для програмного забезпечення ядра 5G.

Робота демонструє належне оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності, зокрема методами системного аналізу, формалізації, математичного моделювання, багатокритеріального оцінювання та експериментальної валідації. Науковий рівень дисертації і публікацій, новизна та обґрунтованість результатів, відповідність отриманих результатів темі дисертації й ступінь виконання поставлених завдань дають підстави для висновку, що 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).

Гамрецький Р.М. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

доцент кафедри автоматизації виробничих процесів

Центральноукраїнського національного технічного університету,

к.т.н., доцент

 Сергій СМІРНОВ

Підпис кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного технічного університету Смірнова Сергія Анатолійовича засвідчую

Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків

Центральноукраїнського національного технічного університету

кандидат технічних наук, доцент

Андрій ТИХИЙ

