РЕЦЕНЗІЯ

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 дисертації

Якість програмного забезпечення (ПЗ) у сучасних інформаційно-комунікаційних системах (ІКС) дедалі складніше оцінювати лише за властивостями коду, архітектурою або відповідністю функціональним вимогам. Для розподілених і сервісно-орієнтованих систем важливими стають також доступність, відновлюваність, затримка, втрати пакетів, масштабованість, контроль доступу та інші характеристики, які проявляються під час фактичного функціонування.

Саме цю проблему розглянуто у дисертації. Автор послідовно обґрунтовує необхідність поєднати статичні та динамічні метрики, щоб підсумкова оцінка відображала не лише потенційні властивості програмного продукту, а й його поведінку в конкретному експлуатаційному контексті. Такий підхід є актуальним для 5G, IoT, SDN/NFV, хмарних і мікросервісних середовищ, де зміна мережевих умов або навантаження може істотно впливати на якість сервісу та його стійкість.

Окремим позитивним аспектом є включення до метричної системи характеристик, пов'язаних із контролем доступу та кібербезпекою, а також можливість подальшого розширення профілів оцінювання показниками кіберстійкості. У сукупності це визначає актуальність теми як для програмної інженерії, так і для експлуатації захищених ІКС.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Результати дисертації логічно пов'язані з поставленою метою. Спочатку автор обґрунтовує обмеження традиційних моделей якості для динамічних ІКС, далі формує узгоджену систему метрик, після чого переходить до математичної формалізації інтегральної оцінки та доменного методу для 5G Core. Така послідовність забезпечує причинно-наслідковий зв'язок між аналітичною і конструктивною частинами роботи. Такий підхід до побудови дослідження, формалізації показників та інтерпретації експериментальних даних свідчить про належне оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Достовірність результатів підтверджується експериментальною перевіркою у двох різних середовищах. У 5G-сценарії зафіксовано процедурну деградацію зі зростанням кількості UE: успішність реєстрації зменшується від 100 % при 100 UE до 88,7 % при 300 UE і 76,6 % при 500 UE; успішність встановлення PDU-сесій – від 100 % до 85,7 % і 74,4 % відповідно. Одночасно контрольні показники площини користувача для успішно встановлених сесій залишаються в допустимих межах. Це дозволяє продемонструвати не лише факт зниження інтегральної оцінки, а й локалізувати характер деградації.

У другій експериментальній серії динамічна оцінка Auth-сервісу зменшується від 0,821 до 0,193, IoT-компонента – від 0,950 до 0,587, SDN-компонента – від 0,790 до 0,272 під час переходу від базового до критичного профілю деградації. Відмінність траєкторій підтверджує, що модель реагує на специфіку компонента, а не лише відтворює єдину наперед задану шкалу.

Наукову новизну дисертаційного дослідження визначають такі основні положення:

1. Вперше запропоновано доменно-орієнтований метод оцінювання якості ПЗ ядра 5G, який передбачає поєднання базових характеристик якості з показниками, що відображають специфіку функціонування телекомунікаційного ядра. Оцінювання здійснюється на сервісному,

функціональному та інфраструктурному рівнях, що дає змогу деталізувати причини зміни підсумкового показника якості.

2. Удосконалено розрахунок інтегрального показника якості шляхом адаптивного коригування вагових коефіцієнтів залежно від зміни навантаження та проявів експлуатаційної деградації. Це забезпечує підвищення чутливості оцінювання до фактичного стану програмного компонента.

3. Вперше розроблено комплексну багаторівневу модель інтегрального оцінювання якості ПЗ в ІКС, у межах якої поєднано статичні характеристики програмного продукту та динамічні показники його функціонування у змінному експлуатаційному середовищі.

4. Дістали подальшого розвитку критеріальні моделі оцінювання якості ПЗ сучасних ІКС завдяки формалізації можливості доповнення профілів якості доменно-специфічними показниками кібербезпеки, енергоспоживання та стійкості мікросервісів.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Дисертаційна робота містить усі необхідні складові завершеного кваліфікаційного наукового дослідження. У вступі належним чином обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету та вісім взаємопов'язаних завдань, визначено об'єкт і предмет дослідження, охарактеризовано використані методи, викладено положення наукової новизни та практичне значення одержаних результатів. Також наведено відомості про апробацію, публікації та особистий внесок здобувача. Зазначено, що наукові положення, методи, моделі й результати, які виносяться на захист, отримані автором самостійно, а в працях, виконаних у співавторстві, його внесок полягає у постановці дослідницьких завдань, розробленні методів і моделей, проведенні моделювання та інтерпретації одержаних результатів. Структура основної частини відповідає логіці досягнення поставленої мети.

У першому розділі здійснено критичний аналіз наявних методів, моделей, стандартів і метричних підходів до оцінювання якості ПЗ в ІКС,

визначено їх переваги та обмеження щодо врахування експлуатаційної динаміки.

Другий розділ формує метричне підґрунтя дослідження: у ньому систематизовано статичні й динамічні показники, розглянуто їх взаємозв'язок, а також засади нормалізації, зважування та інтерпретації.

У третьому розділі зосереджено основні конструктивні результати роботи – комплексну модель оцінювання якості ПЗ в ІКС і доменно-орієнтований метод оцінювання ПЗ ядра 5G.

Четвертий розділ присвячено експериментальній перевірці розроблених рішень, аналізу отриманих результатів, визначенню меж їх застосування та формулюванню практичних рекомендацій.

Загальні висновки кореспондують із поставленими завданнями, узагальнюють результати розділів і не містять положень, які не були б обґрунтовані в основному тексті дисертації.

Здобувачем проаналізовано 80 джерел, серед яких нормативні документи, наукові праці та інші джерела, релевантні тематиці роботи. Використані в тексті положення інших авторів супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями. Публікації здобувача за темою дисертації подано окремим переліком, що дозволяє співвіднести оприлюднені наукові результати з основними етапами виконання дослідження.

У цілому структура роботи є внутрішньо узгодженою, а послідовність викладення матеріалу забезпечує логічний перехід від постановки наукової проблеми до розроблення, експериментальної перевірки та практичної інтерпретації запропонованих рішень.

Мова та стиль викладення результатів

Мова дисертації відповідає науково-технічному стилю. Текст загалом є послідовним, термінологія узгоджена з предметною областю, а використання англомовних скорочень супроводжується їх розшифруванням у переліку умовних позначень. Рисунки та таблиці застосовано для систематизації

метричних наборів, опису експериментальних стендів і представлення результатів навантажувальних серій.

Сильною стороною викладу є розмежування понять продуктової якості та експлуатаційної якості, а також послідовне пояснення ролі нормалізації, вагового агрегування і доменного профілювання. Автор окремо застерігає від трактування лабораторної валідації як промислової сертифікації, що свідчить про коректний академічний стиль інтерпретації результатів.

Практичне значення результатів

Практична цінність роботи визначається можливістю використання інтегральних оцінок у процесах тестування та експлуатаційного моніторингу. Запропонована схема допускає надходження метрик із тестів, логів і систем спостережуваності, їх нормалізацію, зважування, агрегування та подальшу інтерпретацію для прийняття технічних рішень.

Окреме значення має можливість доповнювати базовий профіль якості відповідно до критичності конкретного класу ІКС. Це створює передумови для включення додаткових мір безпеки, стійкості, енергоефективності або QoE без зміни загальної логіки моделі. Водночас у роботі коректно зазначено, що конкретний набір метрик та ваги потребують налаштування під домен.

Окремі результати впроваджено в навчальний процес кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем і в практичну діяльність ТОВ «СМАРТ ПАВЕР», що підтверджує орієнтацію дослідження на прикладне використання.

Повнота оприлюднення та апробації результатів

Основні положення та результати дисертаційної роботи відображено у наукових публікаціях здобувача, серед яких є статті у фахових наукових виданнях України, а також публікації, проіндексовані в наукометричній базі Scopus. Зміст опублікованих праць відповідає темі дисертації та пов'язаний із результатами, одержаними під час розв'язання поставлених завдань дослідження.

Основні результати роботи також представлялися на профільних наукових і науково-технічних заходах. Наведені в дисертації відомості дають

підстави позитивно оцінити повноту оприлюднення результатів та рівень їх апробації в науковому середовищі.

За результатами розгляду дисертації та пов'язаних із нею публікацій підстав для констатації академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації не виявлено.

Зауваження та дискусійні положення

За позитивної загальної оцінки роботи вважаю доцільним зазначити такі дискусійні аспекти:

1. У базовому експериментальному варіанті комплексної моделі використано обмежений набір показників безпеки. З огляду на задекларовану можливість інтеграції кібербезпекових характеристик доцільно надалі окремо верифікувати метрики, що відображають оперативність реагування на інциденти, стійкість механізмів контролю доступу та ізоляцію багатокористувацьких середовищ.

2. Статична складова містить метрику контролю доступу, однак для систем із різною критичністю ресурсів однакова частка захищених об'єктів може мати різний безпековий зміст. Доцільним розвитком є введення вагування вимог контролю доступу за критичністю активів або класом загроз.

3. Динамічна оцінка ґрунтується на телеметричних даних систем моніторингу. У роботі основну увагу приділено вимірюванню та агрегуванню показників; окремим напрямом варто формалізувати вимоги до цілісності, достовірності та захищеності самих даних моніторингу, оскільки помилки або підміна телеметрії безпосередньо впливатимуть на інтегральну оцінку.

Проте зазначені зауваження не стосуються коректності основних одержаних результатів і визначають напрями поглиблення дослідження, частина яких уже окреслена автором у розділі про обмеження та подальшу верифікацію.

Висновок

Дисертація Гамрецького Романа Михайловича на тему «Методи та моделі оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах» є завершеною самостійною кваліфікаційною

науковою працею. У ній розроблено комплексну модель оцінювання якості ПЗ в ІКС, запропоновано доменно-орієнтований метод для ПЗ ядра 5G, удосконалено процедуру інтегрального оцінювання шляхом адаптивного коригування вагових коефіцієнтів та проведено експериментальну перевірку отриманих рішень.

Наукові результати відповідають темі дисертації, мають належний рівень обґрунтованості та практичної спрямованості, а виконані завдання в сукупності забезпечують досягнення сформульованої мети. Вважаю, що дисертаційна робота 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 Гамрецький Роман Михайлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

РЕЦЕНЗЕНТ
заступник декана Факультету
комп'ютерних наук та технологій
Національного університету
«Київський авіаційний інститут»,
к.т.н., ст. дослідник _____ Тетяна ОХРІМЕНКО

