

ВІДГУК

рецензента ЧАЛОГО Сергія Федоровича,
доктора технічних наук, професора,
на дисертаційну роботу Репіхова Вадима Миколайовича
на тему **«Методи і моделі превентивного супроводження програмного
забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації»**,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації

Превентивне супроводження є відносно новим напрямом, що посилює значення превентивних стратегій управління життєвим циклом програмного забезпечення (ПЗ). Його сутність полягає у виявленні й усуненні потенційних дефектів до того, як вони набудуть критичного характеру. Актуальність розвитку превентивного супроводження зумовлена потребою підвищити надійність і якість програмних продуктів в умовах зростання їхньої складності та множини факторів, що впливають на ефективність супроводження. Отже, перехід від реагування на проблеми до їхнього запобігання є перспективним напрямком розвитку програмної інженерії, покликаним забезпечити високу надійність та економічність супроводження програмного забезпечення.

Відповідно до ISO/IEC/IEEE 14764:2022, превентивне супроводження спрямоване на виявлення та усунення прихованих дефектів до того, як вони проявляться в робочій системі. Реалізація цього підходу потребує не лише збору або фіксації аномалій, а й формалізованого переходу від експлуатаційних даних до оцінки стану програмного продукту, визначення характеру потенційної деградації та вибору доцільної реакції супроводження. У практиці DevOps та керування інцидентами саме зв'язок між раннім сигналом і конкретною інженерною дією залишається недостатньо систематизованим.

Запропонований у дисертації підхід поєднує формування множини ознак експлуатаційного стану, їх бінаризацію, компараторну ідентифікацію класу реакції та автоматизоване формування параметрів інциденту супроводження. Така постановка є особливо важливою за умов обмеженої історії інцидентів, неповноти розмічених деградаційних станів і необхідності отримання пояснюваного рішення, придатного для використання інженерами супроводження.

Актуальність роботи визначається також поширенням програмних систем із компонентами машинного навчання, для яких погіршення якості може відбуватися без явної програмної помилки. У таких системах превентивне супроводження ПЗ створює можливість завчасного формування обґрунтованої задачі для команди підтримки.

Вважаю, що тема дисертаційної роботи «Методи і моделі превентивного супроводження програмного забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації» є актуальною як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни, практичної значущості

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи Репіхова В.М. визначена такими положеннями:

вперше:

— запропоновано опорну модель для планування превентивних заходів, через можливі порушення умов експлуатації ПЗ, яка, на відміну від існуючих, сформована за допомогою логічно представленої послідовності дій моніторингу, ідентифікації стану та прийняття раціональних рішень, що дозволяє підвищити ефективність супроводу розробленого ПЗ;

— запропоновано модель, з використанням превентивних заходів для супроводу ПЗ, яка, на відміну від існуючих, має два рівні прийняття рішень,

заснованих на компараторному методі ідентифікації, що забезпечує своєчасне реагування на можливі відхилення від експлуатаційних вимог;

– *набув подальшого розвитку* метод компараторної ідентифікації для планування превентивних заходів у супроводі шляхом його використання в прийнятті раціональних рішень в мінливих умовах експлуатації ПЗ;

удосконалено:

– метод ідентифікації стану ПЗ в умовах обмежень використання даних по минулим інцидентам та деградаціям, що дозволяє створити валідований ознаковий простір щодо прийняття раціональних рішень для супроводу ПЗ в мінливих умовах експлуатації та зменшує залежність від повної множини історичних даних;

– модель для аналізу інцидентів та їх негативного впливу на експлуатацію ПЗ, за рахунок аналізу та моделювання зв'язків між станом ПЗ та появою можливих інцидентів. Це дозволяє автоматизувати планування дій по супроводу ПЗ на основі зручного текстового опису параметрів для прийняття раціональних рішень.

На відміну від традиційних підходів, які обмежуються виявленням аномалії або перевищенням окремого порогу, запропонована модель забезпечує простежуваний перехід від експлуатаційних показників до класу реакції та параметрів інженерної задачі. Використаний математичний інструментарій алгебри булевих предикатів, класів еквівалентності та логічних правил компараторної ідентифікації відповідає дискретному характеру задачі й дозволяє подати рішення у формі, доступній для перевірки та інтерпретації.

Обґрунтованість результатів забезпечується логічною узгодженістю мети, об'єкта, предмета і завдань дослідження. У роботі послідовно виконано аналіз стану вирішеності проблеми, формалізовано задачу підтримки прийняття рішень, розроблено опорну і дворівневу компараторну моделі, сформовано та валідовано алфавіт ознак, запропоновано метод превентивного супроводження, а також

проведено експериментальну перевірку і практичну апробацію отриманих результатів.

Дисертаційна робота Репіхова Вадима Миколайовича є завершеною науковою роботою, має чітку і логічну структуру, які відповідають вимогам щодо представлення результатів наукових досліджень.

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертаційному дослідженні, обґрунтовані у повному обсязі. Обґрунтованість базується на використанні комплексу методів, що базуються на положеннях системного аналізу, математичного моделювання та інженерії програмного забезпечення. Зокрема: методи системного аналізу – для дослідження процесів превентивного супроводження програмного забезпечення, виявлення основних характеристик та формування вимог до моделей і засобів оцінювання експлуатаційного стану; метод компараторної ідентифікації – для формалізованого подання, порівняння та класифікації експлуатаційних станів програмного забезпечення; методи теорії множин, математичної логіки та логічних рівнянь – для формування, аналізу достатності й повноти системи ознак експлуатаційного стану; методи багатовимірної аналізу, агрегування показників, аналізу трендів та виявлення аномалій – для побудови множини ознак, що характеризують поточний стан програмного продукту в процесі експлуатації; методи математичного та структурного моделювання – для розроблення опорної та компараторної моделей превентивного супроводження програмного забезпечення; методи програмної інженерії та експериментальних досліджень – для практичної реалізації запропонованих моделей і методу, а також для оцінювання їхньої ефективності в умовах експлуатації програмного забезпечення.

Отримані наукові результати перевірені шляхом проведення обчислювальних та практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Результати роботи впроваджені. Отримано відповідний акт впровадження з підтвердженням значущості отриманих результатів, оцінок ефективності.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

У дисертації розглянуто питання створення методів і моделей превентивного супроводження програмного забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації. У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання дослідження, об'єкт і предмет дослідження, наведено відомості про наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів дисертаційної роботи. Далі у першому розділі проаналізовано сучасні підходи до створення моделей, методів, інформаційних технологій та програмного забезпечення превентивного супроводження програмного забезпечення. Показані ключові проблеми, завдання та шляхи їх вирішення.

У другому і у третьому розділах роботи послідовно розроблено та наведено результати (моделі і методи), які відображено в пунктах наукової новизни роботи. Далі у четвертому розділі роботи наведено результати практичної реалізації роботи.

У висновках узагальнено основні наукові та практичні результати роботи, які отримані автором, підтверджено досягнення поставленої мети й окреслено перспективи подальших досліджень у предметній галузі задля розвинення сучасних методів і моделей превентивного супроводження програмного забезпечення.

Оформлення дисертації, дотримання академічної доброчесності

Оформлення дисертаційної роботи Репіхова В.М. відповідає чинним нормативним вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема Вимогам, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. Робота має чітку структуру, логічну послідовність викладу, розділи узгоджені з метою та завданнями.

Текст викладено державною мовою з дотриманням норм академічного й наукового стилю; використана термінологія відповідає предметній галузі.

У роботі дотримано принципів академічної доброчесності: ідеї, методи, положення та результати інших авторів супроводжуються належними бібліографічними посиланнями, а запозичені матеріали чітко ідентифіковано. Ознак некоректного цитування, плагіату чи неправомірного використання результатів інших дослідників не виявлено.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Основні положення та результати дисертаційного дослідження Репіхова В.М. опубліковано у 9 наукових працях. Серед них 3 статті опубліковано у наукових фахових виданнях України категорії «Б» за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення, 1 статтю – у періодичному виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Scopus, чотири праці апробаційного характеру – у виданнях, проіндексованих у Scopus.

Публікації містять результати, що охоплюють як теоретичні положення, так і практичні аспекти роботи.

Основні положення дисертації були достатньо повно представлені й обговорені на міжнародних науково-практичних конференціях CoLInS 2023, MOCITSW-CoLInS 2024 та AICS-CoLInS 2025, отримали позитивну оцінку. Тематика ключових публікацій відповідає змісту та основним науковим результатам дисертаційного дослідження.

Важливо відзначити, що у своїх працях здобувач дотримувався академічної доброчесності: використані положення та результати інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні джерела, а матеріали подано відповідно до вимог наукових видань. Це свідчить про належний рівень самостійності дослідження.

Таким чином, результати дисертаційної роботи були належним чином апробовані та представлені науковій спільноті, що підтверджує їхню достовірність і практичну цінність.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Відмічаючи достатньо високий рівень проведених дисертаційних досліджень, як рецензент, маю зазначити наступні зауваження:

1. У роботі, за наявності 44 бінарних ознак, теоретичний простір предикатних образів є дуже великим, а зі зростанням розмірності системи існує ризик комбінаторного ускладнення та неконтрольованого розростання правил.

2. У роботі обґрунтовано використання лише спостережуваних або експертно допустимих образів, однак доцільно було б додатково навести оцінки обчислювальної складності, правила декомпозиції на локальні алфавіти, механізми ієрархічної агрегації станів, скорочення надлишкових предикатів і автоматизованої перевірки взаємовиключності класових правил.

3. Часовий аспект деградації враховується через трендові та накопичувальні ознаки, розраховані за часовими вікнами, тоді як компаратор класифікує сформований образ конкретного вікна. Було б доцільно розширити експериментальне дослідження аналізом чутливості до зміни довжини вікна, затримки виявлення, концептуального дрейфу й нерегулярності телеметрії, а також порівнянням із моделями, що безпосередньо описують часові послідовності.

4. Питання переносності запропонованого підходу між програмними системами різної архітектури та призначення розкрито недостатньо. Частина первинних метрик і структурних предикатів безпосередньо пов'язана з характеристиками конкретного об'єкта застосування. Тому варто було б розмежувати універсальну та доменно-залежну частини алфавіту ознак, а також оцінити обсяг повторного налаштування, необхідного для використання моделі в іншому програмному середовищі.

5. Залучення LLM-надбудови для формування текстового опису інциденту є перспективним у аспекті практичного застосування, але потребує окремого протоколу контролю коректності. У роботі зазначено, що текст генерується на основі формально визначених параметрів, однак не оцінено, чи завжди він зберігає їх зміст, не додає непідтверджених причин або рекомендацій і чи є відтвореним за однакових вхідних даних. Доцільно передбачити автоматичну перевірку узгодженості тексту зі структурованими параметрами інциденту та обмежити роль LLM мовним представленням формально прийнятого рішення.

Вважаю, що зазначені зауваження не є критичними, вони не зменшують загальної позитивної оцінки роботи, не впливають на наукову новизну та практичну значимість результатів.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Репіхова Вадима Миколайовича на тему «Методи і моделі превентивного супроводження програмного забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації» є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на високому теоретичному і прикладному рівні. Дослідження спирається на сучасні теоретичні, методологічні та інженерні аспекти розв'язання актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності превентивного супроводження програмного забезпечення. Запропонований у роботі підхід поєднує формальне подання експлуатаційного стану, логічну ідентифікацію класу реакції та формування структурованої задачі супроводження, створюючи єдину основу для раннього виявлення деградацій і підтримки інженерних рішень.

З огляду на важливість отриманих автором наукових результатів, їх актуальність, наукову новизну, обґрунтованість і практичну значущість сформульованих положень та висновків, а також потенціал подальшого розвитку у сфері інженерії програмного забезпечення, моніторингу та інтелектуальної

підтримки прийняття рішень, можна зробити висновок про високий рівень проведеного дослідження.

Таким чином, дисертаційна робота Репіхова Вадима Миколайовича відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та усім вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії згідно з п.п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами, внесеними постановами КМУ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024).

Вважаю, що автор дисертаційної роботи Репіхов Вадим Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

Професор кафедри інформаційних управляючих систем
Харківського національного університету
радіоелектроніки
д.т.н., професор,



Сергій ЧАЛИЙ