

ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента

Чередніченко Ольги Юріївни

на дисертаційну роботу Репіхова Вадима Миколайовича на тему
**«Методи і моделі превентивного супроводження програмного забезпечення
на основі засобів компараторної ідентифікації»**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення
галузі знань 12 Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Супроводження програмного забезпечення є найдовшим етапом життєвого циклу програмного продукту та потребує значних організаційних, часових і фінансових ресурсів. У міру ускладнення програмних систем, поширення розподілених і хмарних архітектур, безперервного постачання змін та інтеграції моделей машинного навчання зростає ймовірність поступового накопичення дефектів, технічного боргу та прихованих деградацій, які тривалий час не проявляються як явні відмови. За таких умов традиційне реактивне супроводження, що розпочинається після збою або звернення користувача, не забезпечує своєчасного запобігання негативним наслідкам.

Превентивне супроводження вимагає не лише фіксації відхилень експлуатаційних метрик, а й формалізованого визначення характеру стану програмного продукту, оцінювання можливих наслідків та вибору доцільної реакції супроводження. Саме перехід від сигналу моніторингу до обґрунтованої інженерної дії залишається недостатньо формалізованою ланкою сучасних процесів DevOps та керування інцидентами. Актуальність обраного напрямку посилюється тим, що прихована деградація часто має накопичувальний характер і відображається у слабких змінах продуктивності, надійності, результатів тестування, телеметрії або структури системи. Порогові механізми

здатні виявити лише окреме перевищення встановленого значення, але зазвичай не пояснюють причин відхилення та не визначають реакцію експлуатації. Статистичні підходи потребують репрезентативної історії інцидентів і розмічених проблемних станів, які зазвичай відсутні.

Отже, тема дисертаційної роботи є своєчасною, затребуваною та такою, що відповідає сучасним викликам інженерії програмного забезпечення. Вона охоплює наукову, методологічну й інженерну площини та спрямована на розв'язання актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності превентивного супроводження програмного забезпечення.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано опорну модель превентивного супроводження програмного забезпечення, яка на відміну від існуючих моделей, об'єднує моніторинг, ідентифікацію стану, прийняття рішення, формування задачі супроводження та ревізію правил у єдиний формалізований процес. Це створює теоретичну основу для переходу від реактивного до превентивного супроводження програмного забезпечення та практично забезпечує трасованість прийняття рішення на основі експлуатаційних даних.

2. Вперше запропоновано дворівневу компараторну модель превентивного супроводження програмного забезпечення, яка, на відміну від статистичних підходів, які переважно формують сигнал аномальності без явного зв'язку з дією супроводження, забезпечує формалізований перехід від ознак експлуатаційного стану до обґрунтованої експлуатаційної реакції. Теоретичне значення результату полягає в розширенні компараторного підходу до задач підтримки прийняття рішень у супроводженні програмного забезпечення, а практичне значення полягає в можливості інтерпретованого формування інцидентів супроводження.

3. Вперше запропоновано поетапний підхід до формування множини ознак експлуатаційного стану програмного продукту в умовах обмеженої історії інцидентів і відсутності достатньо розмічених деградаційних станів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє створювати валідований ознаковий простір. Це формалізує побудову предикатного алфавіту для компараторної моделі та зменшує залежність від наявності повної історії проблемних станів.

4. Набув подальшого розвитку метод компараторної ідентифікації шляхом його адаптації до задач превентивного супроводження програмного забезпечення, що практично дозволяє формувати інтерпретовані превентивні реакції на основі експлуатаційних даних.

5. Удосконалено модель формування інцидентів превентивного супроводження програмного забезпечення за рахунок використання результатів дворівневої компараторної моделі як формальної основи для автоматизованого визначення параметрів задачі супроводження. Практичне значення полягає в автоматизації підготовки задачі супроводження та формуванні текстового опису без зміни формально визначених параметрів рішення.

Обґрунтованість результатів забезпечується логічною узгодженістю мети, об'єкта, предмета та задач дослідження. Для досягнення поставленої мети послідовно виконано аналіз процесів превентивного супроводження, визначено вимоги до формалізованого оцінювання експлуатаційного стану, розроблено опорну й дворівневу компараторну моделі, сформовано та валідовано алфавіт ознак, запропоновано метод превентивного супроводження, проведено експериментальну перевірку й практичну апробацію результатів. Застосований математичний апарат відповідає характеру поставленої задачі. Для опису класів експлуатаційних реакцій використано булеві предикати. Накладені на них умови повноти та взаємовиключності формують коректне розбиття формалізованої предметної області.

Достовірність отриманих результатів підтверджується комплексним експериментальним дослідженням. Для формування ознакового простору використано 21 первинну метрику, на основі яких отримано 44 структурні

предикати. Вплив довжини референсного вікна досліджено у 135 калібруваннях, що охоплювали 9 сценаріїв, 5 незалежних прогонів і 3 варіанти вікна. Формальну валідацію компараторної моделі проведено на синтетичних сценаріях із відомою еталонною розміткою. Ефективність процедури ревізії підтверджено підвищенням F1 для слабкого класу з 0,545 до 0,856 та Recall з 0,379 до 0,758, адаптація до нового стану забезпечила Recall 0,939.

Практична апробація в мобільній системі моніторингу підтвердила можливість інтеграції реальних потоків даних із застосунком і серверною частиною, а також працездатність підходу в умовах експлуатації. Результати впроваджено у робочі процеси приватного підприємства «РІІТ», що підтверджується відповідним актом від 03.02.2026.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Репіхова В.М. відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напряму досліджень відповідної освітньо-наукової програми.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у розвиток методів і моделей інженерії програмного забезпечення, зокрема формалізованих засобів підтримки прийняття рішень у процесах превентивного супроводження.

Робота може бути охарактеризована як оригінальна наукова праця, що не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та неправомірних запозичень.

4. Мова та стиль викладення результатів, аналіз структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана українською мовою. Результати дослідження викладені логічно, послідовно та з використанням термінології інженерії програмного забезпечення, математичного моделювання,

математичної логіки, моніторингу й супроводження програмних систем. Позначення основних множин, предикатів, відображень і класів реакцій загалом є узгодженими з формальною постановкою задачі та сприяють однозначному розумінню запропонованих моделей.

Дисертаційна робота складається з анотацій двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 205 сторінках, з них 169 сторінок основного тексту, 124 найменування в списку використаних джерел.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, сформульовано мету й задачі роботи, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, наведено положення наукової новизни і практичне значення отриманих результатів, відомості про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації.

У першому розділі проведено аналіз супроводження програмного забезпечення як складової життєвого циклу, розглянуто сутність превентивного супроводження та сучасні підходи до моніторингу, виявлення аномалій, прогнозування дефектів, аналізу деградаційних процесів і керування інцидентами. За результатами аналізу сформульовано наукове завдання та вимоги до формалізованого оцінювання експлуатаційного стану програмного продукту.

Другий розділ присвячено математичному забезпеченню задач превентивного супроводження. У ньому наведено формальну постановку задачі підтримки прийняття рішень, розглянуто метод компараторної ідентифікації для дискретних, детермінованих і скінченних об'єктів, визначено предикатне подання експлуатаційного стану та умови формування класів еквівалентності й експлуатаційних реакцій.

У третьому розділі розроблено опорну модель превентивного супроводження, модель формування та валідації алфавіту ознак, дворівневу компараторну модель і метод компараторно-орієнтованого превентивного супроводження. Окрему увагу приділено перетворенню спостережуваних

показників у бінарні предикати, формальній валідації правил, формуванню структурованого інциденту та процедури ревізії й адаптації моделі.

У четвертому розділі наведено дизайн і результати експериментального дослідження, оцінено вплив референсного вікна на валідність ознакового простору, перевірено якість компараторної моделі на сценаріях із відомою еталонною розміткою, досліджено ревізію слабкого класу та адаптацію до нового стану, виконано порівняння з базовими пороговими механізмами й наведено результати практичного впровадження.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає Вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40. Бібліографічні посилання та список використаних джерел оформлено належним чином; використані положення, ідеї та результати інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями, що свідчить про дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності.

5. Практичне значення одержаних результатів

Результати дисертаційного дослідження мають практичне значення для розроблення та впровадження програмних засобів превентивного супроводження, моніторингу експлуатаційного стану та підтримки прийняття рішень у процесі супроводження програмного забезпечення. Отримані наукові результати, розроблені моделі та метод можуть бути використані для раннього виявлення ознак деградації програмних систем, формалізованого визначення класу експлуатаційної реакції та автоматизованого формування структурованих інцидентів супроводження.

Практичну цінність одержаних результатів становить розроблений метод компараторно-орієнтованого превентивного супроводження, який поєднує формування і валідацію алфавіту ознак, побудову дворівневої компараторної моделі, логічну ідентифікацію експлуатаційного стану та визначення параметрів інциденту. Використання тестових, агрегованих, трендових та аномальних характеристик дає змогу формувати ознаковий простір в умовах

обмеженої історії інцидентів і недостатньої кількості розмічених деградаційних станів.

Розроблені моделі та метод можуть бути інтегровані із засобами програмного моніторингу, системами керування інцидентами, DevOps- та AIOps-інфраструктурою. Їх використання дає змогу автоматизувати визначення типу проблеми, її локалізації, важливості, терміновості, відповідальної команди та рекомендованої дії супроводження. Формування текстового опису інциденту на основі попередньо визначених формальних параметрів забезпечує зручне представлення результатів для фахівців із супроводження без зміни змісту прийнятого рішення.

Отримані результати можуть бути використані під час розроблення програмних систем, для яких важливими є своєчасне виявлення поступових деградацій, інтерпретованість рішень та забезпечення стабільності експлуатації, зокрема у розподілених, хмарних, мобільних та інтелектуальних програмних системах.

6. Впровадження результатів дослідження

Результати дисертаційного дослідження впроваджено у робочі процеси приватного підприємства «РІІТ», м. Харків, Україна. Факт впровадження підтверджено відповідним актом від 03.02.2026 р., наведеним у додатках до дисертаційної роботи.

У межах практичного впровадження результати роботи використано для аналізу експлуатаційних даних, виявлення потенційно проблемних станів програмного забезпечення та підтримки прийняття рішень щодо подальших дій супроводження. Застосування запропонованих моделей і методу забезпечує формалізоване представлення експлуатаційного стану програмного продукту, визначення відповідної реакції та підготовку параметрів задачі супроводження. Отримані результати підтвердили можливість застосування розробленого підходу в умовах експлуатації програмної системи, надходження даних із зовнішніх джерел та взаємодії між клієнтськими й серверними компонентами.

Використання результатів дослідження у практичній діяльності створює передумови для подальшого впровадження компараторно-орієнтованого підходу у програмні засоби моніторингу, системи керування інцидентами та процеси превентивного супроводження програмних продуктів різного призначення.

7. Повнота висвітлення результатів дисертаційної роботи

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, з яких: 1 стаття – у періодичному виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Scopus; 3 статті – у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 4 публікації – у збірниках матеріалів та тезах доповідей міжнародних науково-практичних конференцій. Перелік також містить іншу наукову статтю здобувача.

Основні положення та результати дисертаційної роботи були представлені й обговорені на міжнародних науково-практичних конференціях CoLInS 2023, MOCITSW-CoLInS 2024 та AICS-CoLInS 2025. У наукових публікаціях здобувача висвітлено опорну модель превентивного супроводження програмного забезпечення, метод супроводження на основі компараторної моделі, формування та валідацію алфавіту ознак, а також результати прикладних досліджень. Тематика ключових публікацій відповідає змісту та основним науковим результатам дисертації.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, належним чином оприлюднені у наукових публікаціях здобувача.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі наведено достатній обсяг експериментальних запусків для первинної перевірки запропонованого підходу, водночас статистичне опрацювання отриманих результатів могло б бути більш розгорнутим. Доцільно було б навести показники розсіювання результатів за незалежними прогонами, довірчі інтервали для метрик Precision, Recall і F1, а також результати перевірки статистичної значущості відмінностей між компараторною моделлю та baseline-методами. Це дозволило б точніше оцінити стійкість отриманих переваг до випадкових варіацій даних і параметрів експерименту.

2. Метою дисертаційної роботи визначено підвищення ефективності превентивного супроводження програмного забезпечення, але підтвердження переважно ґрунтується на показниках якості класифікації та кількості хибних сигналів. Було б доцільно також оцінити інженерні показники процесу супроводження, зокрема час виявлення та опрацювання потенційної проблеми, скорочення кількості ручних операцій, навантаження на команду супроводу, частку коректно сформованих інцидентів і час прийняття рішення.

3. У роботі повнота алфавіту ознак розглядається відносно заданої множини класів експлуатаційних реакцій, що є методологічно обґрунтованим за умови відсутності інформації щодо майбутніх деградацій. Однак межі поточної області застосування моделі, критерії визнання алфавіту достатнім, а також процедуру розрізнення нового стану описано не достатньо чітко, що впливає на відтворюваність процедури ревізії та створює залежність рішення від експертної інтерпретації.

4. Порівняльне дослідження показує, що окремий baseline-метод може мати вищий показник F1, тоді як перевагою компараторної моделі є менша кількість хибних сигналів, пояснюваність і формування реакції супроводження. Для обґрунтування підходу було б доцільно формалізувати багатокритеріальну оцінку, яка поряд із Precision, Recall та F1 враховувала б вартість хибного сигналу, час раннього виявлення, стабільність утримання стану, повноту параметрів інциденту та корисність рішення для команди супроводження.

5. Процедура ревізії та адаптації моделі є необхідною складовою її життєвого циклу, проте у представленому вигляді потребує детальнішого опису механізмів захисту від ручного підлаштування правил до конкретних сценаріїв. Доцільно встановити формальні тригери ревізії, розділення даних для побудови та незалежної перевірки правил, критерії прийняття змін, вимоги non-regression і порядок документування експертних рішень. Це дало б змогу чіткіше відмежувати керовану адаптацію від перенавчання на окремому сценарії.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

9. Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Репіхова Вадима Миколайовича на тему «Методи і моделі превентивного супроводження програмного забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Репіхов Вадим Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри програмної інженерії
та інтелектуальних технологій управління
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Ольга ЧЕРЕДНІЧЕНКО

Підпис Ольги ЧЕРЕДНІЧЕНКО засвідчую:

Вчений секретар
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Максим МАЛЬКО

