

**ВІДГУК**

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора **Федоровича Олега Євгеновича**  
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»**Актуальність теми**

ІТ-індустрія є провідною в економіці України. ІТ-ринок стрімко зростає та змінює свою структуру. З'являються нові сегменти ринку програмних продуктів та сервісів, які розроблені українськими компаніями. У сучасних умовах життєвий цикл програмного забезпечення (ПЗ) формує передумови для подальшого супроводження й розвитку програмного продукту. Особливе місце у життєвому циклі посідає супроводження програмного забезпечення. На відміну від розробки, що є завершеною у часі, супроводження триває упродовж усього періоду використання продукту і забезпечує його адаптацію до нових умов, виправлення дефектів, удосконалення функціональних можливостей та підвищення продуктивності, що свідчить про його ключову роль у сучасній індустрії програмної інженерії. Превентивне супроводження є відносно новим напрямом, що посилює значення превентивних стратегій управління життєвим циклом 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.



Все це підкреслює актуальність теми наукового дослідження, яке присвячене розробленню методів і моделей підвищення ефективності превентивного супроводження програмного забезпечення. Таким чином, подальше вивчення, формалізація і впровадження моделей превентивного супроводження є актуальним і стратегічно доцільним напрямом для програмної інженерії.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дослідження, результати яких викладені в дисертаційній роботі, виконані на кафедрі програмної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки відповідно до програми спільних наукових досліджень, яка реалізується Харківським національним університетом радіоелектроніки та Університетом Ворика (The University of Warwick, UK), в якій здобувач брав участь у якості виконавця.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

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.

### **Достовірність і обґрунтованість результатів досліджень.**

Достовірність і обґрунтованість науково-практичних результатів, висновків й рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, досягаються шляхом системного аналізу об'єкта дослідження, використанням останніх наукових досягнень в області програмної інженерії, апробацією отриманих результатів на міжнародних науково-практичних конференціях і семінарах; коректного використання математичних моделей та методів.

Достовірність отриманих автором наукових та практичних результатів дисертаційного дослідження підтверджена значним обсягом розрахунків та документами їх впровадження.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Наукова значимість та новизна дисертаційної роботи Репіхова Вадима Миколайовича полягає у розробці комплексу моделей та інформаційної технології для підвищення ефективності превентивного



супроводження програмного забезпечення. До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне.

1. *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.

2. *Вперше* 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.

3. *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.

4. *Удосконалена* 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.

5. *Набув подальшого розвитку* метод компараторної ідентифікації для планування превентивних заходів у супроводі шляхом його використання в прийнятті раціональних рішень в мінливих умовах експлуатації ПЗ.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

*Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному.*

- Отримані результати дослідження можуть бути безпосередньо застосовані при створенні систем моніторингу та супроводження програмних продуктів. Запропонований підхід не потребує наявності статистичних експлуатаційних даних або попередньо розмічених наборів проблемних станів, що робить його придатним для використання на ранніх етапах експлуатації або в умовах обмеженої доступності даних.

- Розроблена модель превентивного супроводження дозволяє автоматизувати процес формування інцидентів супроводження шляхом визначення типу проблеми, її локалізації, порушеної умови або тенденції до її порушення, а також рівня терміновості та відповідальної команди. Це сприяє зниженню часу реакції на потенційні проблеми, зменшенню навантаження на інженерів супроводження та підвищенню стабільності експлуатації програмного забезпечення.

- Запропоновані результати можуть бути використані в практиці DevOps та команд супроводження для побудови інтерпретованих систем превентивного моніторингу, а також як методична основа для подальшого розвитку інструментів автоматизованого управління якістю та надійністю програмних продуктів.

Результати роботи впроваджено в робочі процеси приватного підприємства «РІТ», м.Харків, Україна (акт про впровадження від 03.02.2026р.).

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

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.



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.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 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 12.01.2022 р. №44.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота містить анотацію українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та 3 додатки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дослідження, пов'язаної з підвищенням ефективності превентивного супроводження програмного забезпечення в умовах обмеженої доступності історичних даних, неповноти апіорної інформації про можливі проблемні стани та необхідності своєчасного виявлення деградаційних процесів під час експлуатації програмних продуктів. Визначено мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У *першому розділі* проведено аналіз стану питання превентивного супроводження програмного забезпечення, розглянуто існуючі моделі, методи, технології, процеси та способи супроводження програмного забезпечення і забезпечення його якості, виконано аналіз літературних джерел щодо



застосування методів компарації в задачах інженерії програмного забезпечення. На основі критичного аналізу встановлено, що доцільним є використання підходів, орієнтованих на аналіз багатовимірних ознак експлуатаційного стану та порівняння поточних станів із формалізованими еталонами. Така постановка визначила необхідність розроблення методів і моделей превентивного супроводження програмного забезпечення на основі засобів компараторної ідентифікації.

У другому розділі представлено розроблене математичне забезпечення задач превентивного супроводження ПЗ. Розглянуто метод компараторної ідентифікації як універсальний засіб опису дискретних, детермінованих і скінченних об'єктів та показано можливість його застосування в задачах оцінювання експлуатаційного стану програмного забезпечення. Запропоновано поетапний підхід до формування множини ознак експлуатаційного стану програмного продукту, що базується на поєднанні метрик тестування, агрегованих експлуатаційних показників, трендових компонентів та ознак аномальної поведінки. Формалізація взаємозв'язків між ознаками у вигляді системи логічних рівнянь дала змогу виконувати аналіз достатності та повноти сформованої множини ознак для задачі ідентифікації стану. Сформовано опорну модель превентивного супроводження ПЗ та визначено її загальні характеристики.

У третьому розділі розроблено модель та метод превентивного супроводження ПЗ. Виконано формалізацію основних компонентів опорної моделі превентивного супроводження, побудовано компараторну модель превентивного супроводження та здійснено формування і валідацію алфавіту ознак для цієї моделі. Показано можливість застосування методу компараторної ідентифікації для оцінювання експлуатаційного стану програмного забезпечення та класифікації експлуатаційної реакції програмного продукту з виділенням різних станів. Це створює основу для раннього виявлення деградаційних процесів і своєчасного реагування на потенційні проблеми під час експлуатації.



На основі побудованої моделі запропоновано метод компараторно-орієнтованого превентивного супроводження ПЗ, який забезпечує перехід від реактивного до превентивного підходу в організації процесів супроводження.

У четвертому розділі наведено результати експериментального дослідження та практичної реалізації запропонованих моделей і методу. Проведено експериментальні дослідження компараторної моделі превентивного супроводження ПЗ, описано програмну платформу GluComp Health data aggregation platform як середовище практичного застосування результатів, а також виконано аналіз та оцінку результатів експериментального дослідження. Показано, що запропонована модель превентивного супроводження забезпечує автоматизоване формування інцидентів превентивного супроводження із визначенням типу проблеми, її локалізації, порушеної умови або тенденції до її порушення, рівня терміновості та відповідальної команди. Це підвищує ефективність превентивного супроводження ПЗ за рахунок завчасного виявлення небажаних змін експлуатаційного стану та обґрунтованого формування керуючих дій.

У висновках узагальнено результати дослідження та показано, що поставлену науково-прикладну задачу розв'язано. Отримані результати можуть бути використані під час побудови систем моніторингу та превентивного супроводження програмних продуктів різного призначення. Подальші дослідження доцільно спрямувати на адаптацію запропонованого підходу до різних класів програмних систем, а також на експериментальне дослідження його ефективності в умовах промислової експлуатації.

Отже, усі частини дисертаційної роботи узгоджені між собою, що забезпечує цілісність представлення результатів дослідження.

#### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності у дисертаційній роботі та наукових публікаціях здобувача, у яких висвітлені основні наукові результати, не



виявлено. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться у наукових публікаціях. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження.

1. Початкове налаштування запропонованої моделі для нового програмного продукту потребує додаткового уточнення. Калібрування числових параметрів бінаризації передбачає наявність референсного періоду нормального функціонування, однак для системи, що лише вводиться в експлуатацію, такий період може бути коротким, нерепрезентативним або містити приховані відхилення. Варто чіткіше визначити мінімальні вимоги до початкового набору даних і порядок дій у разі, коли достовірно нормальний стан системи заздалегідь невідомий.

2. Подана в роботі опорна модель описує замкнений цикл превентивного супроводження, проте її інтеграцію з реальною експлуатаційною інфраструктурою розкрито переважно на концептуальному рівні. Зокрема, потребують конкретизації механізми надходження показників із систем моніторингу, періодичність формування предикатного образу, умови запуску компараторної ідентифікації та допустима затримка між зміною експлуатаційного стану і створенням інциденту супроводження.

3. Формалізація експлуатаційного стану у вигляді бінарного вектора ознак не повною мірою враховує ситуації, коли значення окремих предикатів неможливо визначити. Відсутність метрики, недостатня кількість спостережень або неможливість обчислення агрегованого показника фактично утворюють стан «невідомо». Доцільно визначити, чи допускається неповний предикатний образ,



як він співвідноситься з класами еквівалентності та чи має спричиняти окрему експлуатаційну реакцію.

4. Однією із заявлених переваг компараторної моделі є інтерпретованість рішень, що забезпечується можливістю простежити спрацьовані предикати та логічне правило. Водночас цю властивість не було операціоналізовано та окремо перевірено емпірично. Переконливість результату могла б бути посилена оцінюванням зрозумілості, однозначності й практичної корисності сформованих пояснень із залученням інженерів супроводження.

5. Дворівнева компараторна модель передбачає перехід від ідентифікованого стану до структурованої експлуатаційної реакції, однак окремого уточнення потребує порядок прийняття рішення за одночасного виконання умов кількох класів або формування суперечливих рекомендацій. Доцільно передбачити явний механізм пріоритизації реакцій, фіксації невизначеного стану чи передавання рішення на експертний розгляд.

6. Не приділено належної уваги ризикам плануванню та проведенню превентивних дій по супроводу програмного забезпечення в умовах не повної визначеності інформації.

Вважаю, що вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертаційна робота виконана на достатньо високому науковому рівні, вона є актуальною і має наукову цінність та практичну значущість.

## ВИСНОВОК

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 пунктами 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.

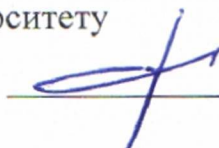
Здобувач Репіхов Вадим Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

#### **Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
в. о. завідувача кафедри комп'ютерних наук  
та інформаційних технологій

Національного аерокосмічного університету

«Харківський авіаційний інститут»



Олег ФЕДОРОВИЧ

Підпис доктора технічних наук, професора, в.о. завідувача кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» Олега ФЕДОРОВИЧА засвідчую.

Учений секретар

Національного аерокосмічного університету

«Харківський авіаційний інститут»



Тетяна БОНДАРЄВА

«04» 08

2026 р.