

# **В І Д Г У К**

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора

**Горбенка Анатолія Вікторовича**

на дисертаційну роботу **Руденка Олександра Антоновича**

“Імовірнісні моделі та методи оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів”, подану на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук за спеціальністю

05.13.06 – інформаційні технології

## **1. Актуальність теми дослідження**

Характерною ознакою нашого часу є бурхливий розвиток інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), стрімке зростання масштабів їх використання та розширення областей застосування. Підсумком зазначених процесів стало, з одного боку, створення потужної індустрії комп’ютерної та програмної інженерії, а з іншого – збільшення впливу наслідків використання ІКТ (як позитивних, так і негативних) на людське суспільство. При цьому слід особливо підкреслити зростаючу роль програмного забезпечення (ПЗ) як найважливішої складової будь-якої комп’ютеризованої системи, що визначає її досконалість. В цьому контексті слід підкреслити виключну важливість якості та надійності програмного забезпечення, оскільки від них, у першу чергу, залежать як конкурентоспроможність комерційних продуктів, так і безпека інформаційно-управляючих систем критичного застосування.

Отже, оцінка якості та надійності є актуальною задачею інженерії програмного забезпечення, що вимагає використання математично обґрунтованих методик для забезпечення високої точності та достовірності.

Моделі росту надійності програмного забезпечення (МРН ПЗ) є одним з найбільш поширених математичних інструментів оцінки надійності ПЗ. В якості вхідних даних вони використовують статистику виявлення дефектів під час тестування ПЗ та покладаються на систему припущень щодо процесів розробки, тестування та супроводу ПЗ. З одного боку припущення є необхідними для можливості побудови загальних аналітичних виразів для розрахунку показників надійності, а з іншого, – вони безумовно спрощують сприйняття складних процесів створення ПЗ, що впливає на адекватність моделей.

Одним з найбільш критичних спрощень відомих МРН ПЗ, що вже не відповідають сучасному стану програмної інженерії є припущення про те, що нові (вторинні) дефекти не вносяться в процесі усунення первинних дефектів.

Таким чином, актуальність теми дисертаційного дослідження обґрунтована необхідністю вирішення науково-практичного завдання розробки і вдосконалення моделей, методів та інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів на основі врахування внесення вторинних дефектів.

## **2. Мета і задачі дослідження**

Метою досліджень дисертаційної роботи є підвищення точності оцінювання надійності програмних засобів на основі врахування фактора вторинних дефектів. Для досягнення цієї мети в дисертації вирішуються такі задачі:

- аналіз моделей надійності програмних засобів щодо можливості їх використання з урахуванням внесення вторинних дефектів;
- розробка варіантів процесів обслуговування програмних засобів з урахуванням появи вторинних дефектів;
- розробка методу оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними;
- розробка методу обчислення середньої інтенсивності та середньої зміни інтенсивності прояву дефектів програмних засобів, у якому враховуються вторинні дефекти;
- розробка інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.

## **3. Структура дисертаційної роботи, оцінка її змісту, завершеності в цілому та оформлення, а також відповідність автореферату**

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та має послідовну логічну структуру, яка включає вступ, чотири розділи, висновки, додатки та список використаних джерел.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та задачі, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію, публікації та особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі проведено аналіз методів оцінки надійності програмних засобів та виділений кількісний підхід, орієнтований на розробку математичних моделей, вхідними параметрами яких є характеристики процесів тестування (експлуатації) програмних засобів, а вихідними – показники, що характеризують їх надійність. Розглянуто особливості створення та використання моделей оцінки надійності програмних засобів, виділено недоліки та обмеження відомих МРН ПЗ.

На основі проведених у цьому розділі досліджень сформульовано мету та задачі виконання дисертаційної роботи.

Показано, що задача урахування під час оцінки надійності ПЗ можливості внесення вторинних дефектів, є складною багатоетапною процедурою. Обґрунтовано необхідність розробки нової інформаційної технології для підвищення точності оцінки надійності ПЗ.

У **другому** розділі розглянуто особливості процесів усунення та внесення нових дефектів під час тестування, налагодження та оновлення програмного забезпечення в процесі експлуатації. Запропоновано узагальнені моделі оцінки надійності програмних засобів, які дозволяють підвищити точність прогнозування з урахуванням можливості внесення вторинних дефектів під час усунення первинних. Ці моделі розширюють відомі МРН ПЗ шляхом відповідної модифікації функцій ризику.

**Третій** розділ присвячено розробці методів визначення параметрів моделей надійності ПЗ з урахуванням фактора вторинних дефектів, а саме прогнозованої кількості вторинних дефектів за статистичними даними їхнього виявлення, а також середніх інтенсивності та зміни інтенсивності прояву дефектів, що враховує показники оцінки числа вторинних дефектів. Виконана верифікація запропонованих методів на прикладі оцінки надійності реальних програмних проектів.

Оригінальними рішеннями автора є підхід щодо виявлення кількості вторинних дефектів шляхом обчислення різниці між значенням статистики дефектів і значенням функції регресії в моменти їх визначення.

Також у третьому розділі автором запропоновано підхід до оцінки готовності програмного забезпечення шляхом комплексування моделей оцінки надійності ПЗ та багатофрагментного марковського моделювання.

У **четвертому** розділі розроблена інформаційна технологія оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів, що базується на методах оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними виявлених дефектів і обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і величини її середньої зміни. Також здійснено порівняння результатів одержаних засобами багатофрагментного та імітаційного моделювання.

У **висновках** сформульовані основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

В **додатках** наведено результати досліджень та акти, які підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи.

Робота написана достатньо грамотно з використанням сучасної наукової термінології. Стиль викладення результатів теоретичних та практичних досліджень, наукових положень і висновків забезпечує доступність їх сприйняття і використання.

Висновки до розділів та до дисертаційної роботи в цілому впливають з аналізу розроблених методів та інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів. Усі висновки є обґрунтовані та представляються достовірними.

Автореферат дисертації написано відповідно до існуючих вимог, у ньому викладена основна суть проведених досліджень, наведені висновки та список основних публікацій. Автореферат адекватно відображає зміст дисертаційної роботи.

Оформлення дисертаційної роботи і автореферату, в цілому, відповідає встановленим вимогам.

#### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків**

Задачі досліджень, наукові положення та висновки чітко сформульовані та математично коректно доведені. Розроблені в дисертаційній роботі математичні моделі, методи та процедури оцінки показників надійності програмних засобів є достатньо обґрунтованими.

Достовірність теоретичних положень дисертаційної роботи підтверджується повнотою постановки задач дослідження, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, а також порівнянням експериментальних результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими та збіжністю результатів аналітичного моделювання з результатами, що отримані під час практичного застосування, а також імітаційного моделювання Монте-Карло.

#### **5. Наукова новизна одержаних результатів**

Наукова новизна результатів дисертації визначається наступними отриманими здобувачем і наведеними в роботі теоретичними та практичними положеннями:

– удосконалені імовірнісні моделі оцінки надійності програмних засобів на основі врахування параметрів вторинних дефектів, шляхом модифікації функцій ризику цих моделей, що дозволяє адекватно відображати процеси тестування і супроводу програмних засобів;

– вперше розроблено метод оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів, що ґрунтується на аналізі статистичних даних виявлення первинних дефектів програмних засобів, що дозволяє підвищити точність оцінок кількісних експлуатаційних показників;

– вперше розроблений метод обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і величини її середньої зміни, в якому, на відміну від існуючих, враховуються вторинні дефекти, що дозволяє верифікувати показники надійності програмних засобів.

– удосконалена інформаційна технологія оцінювання надійності ПЗ, що базується на розроблених моделях і методах, у яких враховується фактор внесення вторинних дефектів. Це підвищує достовірність оцінки надійності програмних засобів в порівнянні з існуючими інформаційними технологіями.

В цілому, представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням із достатньо обґрунтованими новими оригінальними результатами.

## **6. Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях та апробація дисертації**

Основні матеріали дисертації викладено у 23 наукових публікаціях, серед яких 1 колективна монографія, 6 статей, що входять до переліку фахових видань ВАК України, з яких 4 у виданнях зареєстрованих в наукометричній базі Scopus, 1 стаття у закордонному періодичному фаховому виданні та 15 – у матеріалах наукових конференцій.

Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях відображено в дисертації і авторефераті. Основні наукові результати, які викладені в спільних публікаціях, отримані дисертантом самостійно.

Основні положення дисертаційної роботи достатньо апробовані, вони доповідалися та обговорювалися на науковому семінарі у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», а також всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема, «Гарантоздатні системи, сервіси та технології (DESSERT)» (Кіровоград, 2009, 2010; Севастополь, 2012); «Математичне та імітаційне моделювання систем (МОДС)» (Чернігів, 2011-2013, 2015; Київ, 2009, 2010, 2014); «Комп'ютерна математика в інженерії, науці та освіті (CMSEE)» (Полтава, 2009, 2010) та інших.

## **7. Практична цінність роботи**

Отримані в роботі теоретичні результати доведені до працюючих алгоритмів, процедур та інструментальних засобів кількісної оцінки надійності програмного забезпечення.

Наукові та практичні результати роботи впроваджені в науково-виробничих підприємствах «Радій» та «Радікс» (м. Кіровоград) та у навчальному процесі Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, що підтверджено відповідними актами та довідками про використання цих результатів.

Отримані результати також можуть бути застосовані окремо або включені до складу інформаційних технологій оцінки якості програмного забезпечення та підтримки процесу тестування ПЗ.

## 8. Зауваження до дисертації

Відзначаючи наукову новизну, практичну значимість, якість та повноту одержаних теоретичних та практичних результатів, слід навести і недоліки до дисертації, до яких, на мій погляд, належать наступні:

1. Перевантаженість першого розділу відомими даними, а також інформацією, яка в подальшому в роботі не використовується. Додаток Г є зайвим.

2. Назва підрозділу 2.1 «Розробка варіантів усунення та внесення дефектів» не є досить вдалою та не відповідає його вмісту.

3. Запропонований метод оцінювання числа вторинних дефектів ґрунтується на припущенні, що кількість таких дефектів пропорційна різниці між значенням статистики дефектів і значенням функції регресії в моменти їх визначення. Однак аргументація про можливість прийняття такого припущення не наведена повною мірою.

4. Підрозділи 3.4 та 3.6 «Основи інформаційної технології діагностування комп'ютерних систем» логічно було б включити до складу підрозділу 3.5 в якості складових запропонованого в ньому комплексного підходу по оцінюванню надійності програмних засобів.

5. Запропонований в підрозділі 3.5 комплексний підхід по оцінюванню надійності програмних засобів на основі комплексування марковських моделей та моделей росту надійності ПЗ, а також імітаційна модель, що була використана в підрозділі 4.6 для його верифікації, заслуговують на зазначення в якості наукових результатів, що були отримані в роботі. У той же час, необхідність використання багатофрагментних марковських моделей для оцінки надійності ПЗ вимагає більш детального обґрунтування.

6. Ефект від використання запропонованих моделей та методів оцінюється автором у термінах підвищення точності прогнозування показників надійності ПЗ на початкових етапах тестування та верифікації у середньому на 3-4%. Однак автором не розкрито, яким чином було зроблене таке узагальнення.

7. В тексті дисертаційної роботи зустрічаються окремі граматичні та стилістичні помилки (наприклад, на стор. 40, 46, 88, 108, 117, 120 та ін.) та термінологічні неточності, зокрема, що стосуються визначення та використання терміну «помилка» (стор. 22, розділ 1.2) та деякі інші.

Вказані вище зауваження не мають принципового значення, скоріше носять методичний та технічний характер, і не зменшують наукову та практичну цінність результатів цієї роботи.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Руденка О.А. є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові обґрунтовані теоретичні і прикладні результати, що в сукупності є досить суттєвими в галузі сучасних інформаційних технологій та програмної інженерії, і, зокрема, в питаннях оцінки якості та надійності програмних засобів.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, а саме напрямком: *“8. Побудова інформаційних технологій для ефективного розроблення програмного забезпечення ...”*; *“12. Розроблення інформаційних технологій для побудови і впровадження: автоматизованих систем технічного діагностування, ...”*; *“14. Розроблення й дослідження моделей і методів оцінювання якості і підвищення надійності, функціональної безпеки і живучості інформаційних та інформаційно-управляючих систем, а також інформаційних технологій для створення гарантоздатних автоматизованих систем ...”*.

Наведені вище зауваження не впливають суттєвим чином на позитивний висновок відносно досить високого наукового рівня дисертації. За актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота “Імовірнісні моделі та методи оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів” Руденка О.А. повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 і 13 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Руденко Олександр Антонович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент

декан факультету радіотехнічних систем літальних апаратів,  
професор кафедри комп’ютерних систем та мереж  
Національного аерокосмічного університету “ХАІ”  
д.т.н., професор

А.В. Горбенко

*“Підпис Горбенка А.В. засвідчую”*

Проректор Національного  
аерокосмічного університету “ХАІ”



О.В. Гайдачук