

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
д.т.н., професору Федасюку Дмитру Васильовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Говорущенко Тетяни Олександрівни
на дисертаційну роботу **Симця Івана Ігоровича**
*«Моделі і методи прогнозування та аналізу надійності технічних систем з
урахуванням процесу розробки ПЗ»*,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 *«Інформаційні технології»*
та спеціальності 121 *«Інженерія програмного забезпечення»*

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Досягнення високої надійності технічних систем та програмного забезпечення (ПЗ), яке входить до їх складу, є ключовим фактором їх ефективного застосування та однією із основних потреб замовників. Потреба у забезпеченні надійності технічних систем та ПЗ базується на тому, що помилки та відмови технічних систем і ПЗ загрожують катастрофами, які призводять до людських жертв, екологічних катаклізмів, значних часових втрат та фінансових збитків.

Оцінка надійності програмного забезпечення є надзвичайно важливою для програмних систем, які використовуються в критично важливих для безпеки програмах. В теорії надійності було розроблено сотні моделей надійності ПЗ, але стрімкий і постійний розвиток галузі розробки програмного забезпечення вимагає використання моделей надійності з підвищеним ступенем адекватності і точності аналізу показників надійності.

Моделі надійності програмного забезпечення описують поведінку програмного забезпечення при збоях. Моделі використовуються для кількісної оцінки програмного забезпечення. Вони оцінюють надійність програмного забезпечення, передбачаючи несправності або збої програмного забезпечення. Надійність є однією з важливих якостей програмного забезпечення, в якій більш зацікавлений кінцевий користувач, ніж розробник програмного забезпечення. Таким чином, продуктивність програмного забезпечення можна підвищити, включивши до моделей такі важливі атрибути якості, як надійність,

ремонтпридатність і доступність програмного забезпечення, а також такі характеристики, як час відгуку та пропускна здатність.

Більшість моделей надійності програмного забезпечення виконують оцінку на основі зібраних історичних даних, за якими слідує передбачувана крива розподілу, і, таким чином, за своєю природою схильні до невизначеності. Для підвищення якості та надійності програмного забезпечення, на ранніх етапах розробки життєвого циклу ПЗ застосовують методи прогнозування дефектності програмного забезпечення для виявлення потенційних помилок. Традиційні методи виявлення помилок базуються на аналізі метрик програмного продукту і використовуються для класифікації потенційно дефектних модулів або передбачення приблизної кількості помилок у певному модулі системи. Дані результати в подальшому можна використовувати, як рекомендації розробникам щодо підвищення якості і надійності програмних модулів на етапах проєктування та кодування програмного забезпечення.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Симця Івана Ігоровича, присвяченої розв'язанню задачі підвищення достовірності прогнозування та оцінювання показників надійності програмно-апаратних систем шляхом удосконалення відповідних моделей надійності та розроблення методів і засобів автоматизації їх побудови.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Симця І.І. виконана на кафедрі програмного забезпечення Національного університету "Львівська політехніка". Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри.

Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетними темами:

- ✓ «Підвищення ефективності засобів бездротового зв'язку відповідального призначення та процедур моделювання і прогнозування їх характеристик» (номер держреєстрації 0118U000261);
- ✓ «Розроблення інформаційної технології оцінювання та прогнозування надійності програмного забезпечення методами машинного навчання» (номер держреєстрації 0121U109527);
- ✓ «Розроблення криптозахисної системи високошвидкісного передавання даних у діапазонах УВЧ і НВЧ з підвищеними завадостійкістю та відмовостійкістю» (номер держреєстрації 0122U000960).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Виконана робота своїми результатами вносить вклад в розвиток відповідних розділів теорії надійності програмних систем. Отримані результати є розв'язком задачі підвищення точності прогнозування та оцінювання показників надійності програмно-апаратних систем шляхом удосконалення відповідних моделей надійності та розроблення методів і засобів автоматизації їх побудови.

При цьому автором вперше розроблено метод автоматизованого визначення функції працездатності, який ґрунтується на аналізі топології системи і, на відміну від існуючих підходів, дає змогу в автоматизованому режимі визначати складну логічну функцію, що зменшує ймовірність внесення похибок і підвищує точність моделювання надійності.

Автором вперше розроблено метод автоматизації подання процесу Маркова вищого порядку еквівалентним процесом першого порядку з додатковими віртуальними станами із використанням якого є змога формувати еквівалентний процес для довільного порядку, не використовуючи розширеної матриці ймовірностей, у зв'язку із чим підвищується точність оцінки надійності складних програмних систем.

У роботі отримали подальший розвиток Марковські моделі надійності програмно-апаратних систем, які, на відміну від існуючих, дають змогу визначати максимальну і мінімальну кількість працездатних станів.

Також отримали подальший розвиток отримали подальший розвиток моделі дефектності ПЗ, які відрізняються від існуючих використанням обмеженої кількості метрик коду ПЗ, які найбільше впливають на дефектність, що дає змогу підвищити точність визначення показників надійності ПЗ на ранніх етапах його життєвого циклу. В роботі розроблено метод класифікації модулів ПЗ за дефектністю, який відрізняється стекінговим ансамблюванням нейронної мережі на основі радіально-базисних функцій, рекурентної нейронної мережі та мережі довгої короткочасної пам'яті та дає змогу підвищити точність прогнозування дефектності ПЗ.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, відображено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз існуючих підходів до моделювання, аналізу і прогнозування показників надійності програмних систем. На основі

проведеного аналізу літературних джерел визначено основні задачі і проблеми, які виникають у теорії надійності із стрімким розвитком інформаційних систем і визначено подальші напрямки підвищення точності оцінки і прогнозування параметрів надійності.

У другому розділі розроблені і протестовані методи для автоматизації подання процесу Маркова вищого порядку еквівалентним процесом першого порядку з додатковими віртуальними станами та для визначення функції працездатності для Марковських моделей надійності ПЗ.

У третьому розділі виконано дослідження, спрямоване на удосконалення методів і моделей прогнозування дефектів ПЗ засобами машинного навчання на основі метрик коду. Вибрано найкращі комбінації метрик програмного коду на основі точності класифікаторів, які можуть бути використані для ефективного прогнозування дефектності модулів системи. Розроблено також метод класифікації модулів ПЗ за дефектністю на основі нейронних мереж.

У четвертому розділі було спроектовано та розроблене відповідне програмне забезпечення для автоматизованого використання, тестування і верифікації розроблених методів визначення функції працездатності для Марковських моделей надійності та подання процесу Маркова вищого порядку еквівалентним процесом першого порядку з додатковими віртуальними станами.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Симця І.І. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також проявляється у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких викладок. Тому можна стверджувати, що висновки та практичні рішення, отримані у роботі, коректні, достатньо обґрунтовані й можуть бути рекомендовані до використання при аналізі та прогнозуванні показників надійності програмно-апаратних систем.

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, в розробленні методів і відповідного програмного забезпечення, які дозволяють автоматизувати відповідні процеси при аналізі надійності технічних систем і тим самим забезпечують підвищення достовірності оцінки та прогнозування показників надійності таких систем. Результати роботи впроваджені у освітньому процесі кафедри Програмного забезпечення Національного університету «Львівська політехніка» для студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» в лекційному курсі та практикумі дисципліни «Теорія надійності програмних систем». Результати дисертації були отримані під час роботи здобувача у 3-х держбюджетних науково-дослідних роботах та пройшли дослідницьке випробування на підприємствах ТзОВ «Едвантіс» і ПП «Лінк Ап Студіо».

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 188 сторінок друкованого тексту, з них основний текст – на 127 сторінках. Список використаних джерел містить 114 найменувань. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Основні результати дослідження опубліковано у 13 наукових працях, з яких: 8 наукових праць, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації, в тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому фаховому виданні України, що входить до міжнародної

наукометричної бази Web of Science, 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, а також 5 праць апробаційного характеру – у матеріалах і тезах конференцій.

Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно, на високому технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 121 «*Інженерія програмного забезпечення*», галузі знань 12 «*Інформаційні технології*».

9. Зауваження до дисертації:

1) при висвітленні практичного значення та впровадження результатів дисертаційної роботи не зазначено кількісне значення ефекту, який забезпечили розроблені автором методи в цілому та для кожного підприємства зокрема;

2) в розділах 2 і 4 дисертації наявні блок-схеми алгоритмів (рис. 2.2, 2.10, 4.11, 4.12), в яких присутні блоки, що мають 2 входи, що є некоректним, оскільки кожен блок алгоритму може мати лише 1 вхід;

3) в розділах 2-4 дисертації наявна велика кількість блок-схеми алгоритмів – на мою думку, автору варто було представити більшість цих інженерних рішень не в основному тексті роботи, а в додатках до неї;

4) неприпустимим, як на мене, для галузі інформаційних технологій є посилання на літературні джерела 20-річної і більше давнини (джерела 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 44, 87, 90);

5) на сторінці 56 зазначено, що для дослідження реалізації та апробації методу автоматизації подання процесу Маркова вищого порядку еквівалентним процесом першого порядку на прикладі оцінки надійності програмного забезпечення польотів наносупутників CubeSat було використано значення параметру $a_{ij} = 0,0012 \text{ год}^{-1}$ (інтенсивність переходів). Не до кінця зрозуміло, чому було вибране однакове значення інтенсивності переходів для всіх модулів;

6) у роботі зустрічаються поняття «*модель дефектності*», «*модель прогнозування дефектності*», «*методи прогнозування дефектності*», «*передбачення дефектності*», які потребують уніфікації до єдиної термінології.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертаційна робота «Моделі і методи прогнозування та аналізу надійності технічних систем з урахуванням процесу розробки ПЗ» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення достовірності прогнозування та оцінювання показників надійності програмно-апаратних систем шляхом удосконалення відповідних моделей надійності та розроблення методів і засобів автоматизації їх побудови.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузей інформаційних технологій в цілому та інженерії програмного забезпечення зокрема. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що *дисертація цілком 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, а її автор, *Симець Іван Ігорович, заслуговує* на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії
та інформаційних систем

Хмельницького національного університету

Т. О. Говорушенко

«Підпис Говорушенко Т.О. засвідчую»:

Проректор з НР ХНУ



О. М. Синюк

24 травня 2022 р.