

ВСТУП

Все більша частина сучасної техніки і практично усі електронні та телекомунікаційні системи є програмно-апаратними системами, процес функціонування яких полягає у взаємодії програмних та апаратних засобів. Об'єднувальна роль програмного забезпечення (ПЗ) дає можливість розробникам проектувати все амбітніші системи, які охоплюють чимраз ширші та міждисциплінарні предметні області, а зростання і розвиток компонентного підходу зумовлює загальну високу складність дизайну програмних систем. Так, від суто обчислювальних спеціалізованих засобів програмне забезпечення за останні півстоліття широко увійшло в усі галузі життя, насамперед пов'язані з управлінням складними технічними системами, безпекою та життєдіяльністю людини. Підвищення відповідальності та складності сучасних програмно-апаратних систем зумовлює жорсткі вимоги до оцінювання та забезпечення заданих показників надійності. При цьому показник надійності стає добутком функції готовності апаратного забезпечення та ймовірності правильного функціонування протягом заданого проміжку часу, що характеризує дієздатність системи. Якщо показники надійності апаратних засобів (зокрема функцію готовності) можна оцінювати за допомогою традиційних методів, оснований на паспортних значеннях інтенсивностей відмов елементної бази електроніки, то оцінювання ймовірності правильного функціонування є значно складнішою задачею, оскільки на цей показник впливають як апаратні, так і програмні засоби. Загалом відмови програмно-апаратних систем можуть бути спричинені випадковими відмовами, збоями та дефектами апаратної складової, помилками програмних засобів, а також відмовами програмних засобів через збої апаратури внаслідок впливу температури, іонізуючого випромінювання чи інших зовнішніх факторів. Все це перетворює комплексний аналіз надійності складних сучасних програмно-апаратних систем на вкрай складну та нетривіальну задачу.

Упродовж останніх двох десятиліть вартість розроблення програмного забезпечення та вартість відмови ПЗ становить все більшу частку вартості усієї програмно-апаратної системи. Відмови

програмної складової, під управлінням якої працює уся система, можуть спричиняти непередбачений стан чи поведінку системи, що призводить до значних матеріальних збитків і навіть шкоди для здоров'я і життя людей. Кількісною мірою таких втрат є вартість ризику програмної відмови, важливість якої зростає протягом останніх двох десятиліть від введення цього терміна в 1996 р. Емпіричний досвід розроблення програмних продуктів показує, що середня кількість помилок у програмних продуктах – декілька одиниць (до шести за різними даними) на кожні 1000 рядків коду. За таких оцінок типовий комерційний програмний продукт, який складається з 350000 рядків коду, може містити більш ніж 2000 програмних помилок, серед яких помилки, пов'язані з виділенням та звільненням пам'яті, помилки у викликах сторонніх бібліотек, помилки, специфічні для конкретної мови програмування тощо. Оскільки програмні проекти стають усе більшими, кількість помилок у них зростає в геометричній прогресії.

Дослідження в галузі інженерії надійності програмного забезпечення, які ведуться протягом останніх чотирьох десятиліть, привели до створення значної кількості статистичних моделей оцінювання надійності ПЗ. Водночас більшість моделей оснований лише на спостереженні за статистикою відмов ПЗ і, відповідно, потрібна значна вибірка емпіричних даних, щоб отримати прогноз надійності з достатньою точністю і достовірністю. Останнім часом зростає зацікавлення моделями надійності ПЗ, які враховують покриття відмов, покриття тестами та процес недосконалого відлагодження ПЗ.

Сьогодні численні дослідження зосереджені на розробленні статистичних моделей на основі неоднорідного пуассонового процесу, половинного квазівідновлення, часових рядів, які можна використати для оцінювання надійності промислових програмних систем. Для розроблення моделі надійності ПЗ, яка дозволяє зробити обґрунтовані висновки та придатна для використання на практиці, необхідно глибоко розуміти процеси виробництва та тестування програмних продуктів, типи та причини виникнення помилок у ПЗ. Зовнішні фактори, такі як середовище та сценарії використання, програмне та апаратне оточення тощо, допомагають оцінити практичну цінність моделі та її адекватність стосовно використання ПЗ у реальних умовах експлуатації. Цінність математичних моделей

надійності програмного забезпечення істотно зростає у випадку, якщо розробники програмних продуктів та їх користувачі можуть використовувати інформацію про процес розроблення ПЗ, зокрема зовнішні фактори експлуатації, підвищуючи достовірність оцінювання надійності на основі невеликої кількості даних про відмови програмного продукту.

Отже, сучасний етап розвитку науки і техніки характеризується чітко вираженим протиріччям між відповідальністю та складністю сучасних програмних засобів, з одного боку, та методами і засобами оцінювання та прогнозування їхньої надійності, з іншого. Вирішення цього протиріччя потребує поєднання підходів математичної статистики, інженерії програмного забезпечення та класичної теорії надійності з метою розроблення моделей і методів аналізу надійності ПЗ підвищеного ступеня адекватності на основі сучасних досягнень досліджень в цій галузі. Аналіз стану цієї проблеми та опис моделей, методів та засобів її вирішення подано у пропонованій монографії.

Структура монографії побудована так. У першому розділі наведено загальну характеристику поняття і показників надійності програмного забезпечення згідно з міжнародними стандартами та державними стандартами України, проаналізовано основні відмінності у поведінці та характеристиках надійності програмного та апаратного забезпечення, окреслено історичну перспективу досліджень в галузі аналізу надійності програмного забезпечення.

У другому розділі розглянуто моделі й методи оцінювання надійності програмного забезпечення на основі неоднорідного пуассонового процесу. Описано основні моделі цього класу, наведено аналіз їх припущень та найсуттєвіших обмежень аналізу надійності сучасних програмних продуктів. В цьому ж розділі наведено детальні результати досліджень побудованої авторами узагальненої моделі надійності програмного забезпечення на основі неоднорідного пуассонового процесу з показником складності, описано метод аналізу надійності програмного забезпечення на основі цієї моделі та результати його верифікації на прикладі аналізу надійності промислового програмного забезпечення.

У третьому розділі відображено дослідження моделей і методів аналізу надійності програмного забезпечення на основі архітектур-

ного підходу. Наведено огляд і загальні характеристики найпоширеніших моделей на основі такого підходу та детальніше розглянуто моделі надійності, що використовують математичний апарат процесів Маркова вищих порядків, які дають можливість урахувати залежність поведінки програмних продуктів у сенсі надійності залежно від історії потоку управління програми. Точність та адекватність розглянутих моделей підтверджується результатами їх застосування до даних тестування реальних програмних продуктів.

Четвертий розділ монографії висвітлює питання розроблення засобів підтримки прийняття рішень під час виконання проекту з розроблення програмного забезпечення. Важливими питаннями під час виконання будь-якого проекту є питання розподілу ресурсів проекту, визначення рівня якості й надійності продукту та питання оптимальної стратегії випуску готового продукту. Моделі, методи та засоби, які дають змогу отримати кількісні оцінки параметрів, що впливають на прийняття згаданих рішень, описано в цій частині монографії. Основний акцент зроблено на розроблених авторами критеріях достатності процесу тестування програмного продукту як “чорної скриньки”; удосконаленій процедурі визначення кількості помилок програмного продукту та моделі функціонування програмного забезпечення, яка розглядає граф потоку управління програми, разом з методом автоматизованого генерування сценаріїв тестування для максимізації метрики покриття значень змінних програмного коду.

В монографії відображено результати досліджень, отримані в ході виконання науково-дослідних робіт, що фінансувались за кошти державного бюджету України у 2010–2015 рр. – “Розроблення моделей, методів та алгоритмів для автоматизованої оцінки показників надійності радіоелектронних та електромеханічних пристроїв і систем” (номер держреєстрації 0110U001098), “Розроблення моделей, методів та засобів оцінювання та аналізу надійності програмного забезпечення” (номер держреєстрації 0113U003185), “Розроблення моделей надійності, ризику та безпечності програмно-апаратних технічних систем” (номер держреєстрації 0113U001371).

Монографія буде корисною як для дослідників, що працюють в галузі якості та надійності програмного забезпечення, так і для дослідження питань надійності програмно-апаратних систем, де важливим є урахування надійності програмної складової під час дослідження надійності системи загалом.