

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-75-14>

УДК 004.052.32

СВЕРБА Артем

Хмельницький національний університет
gloriks273@gmail.com

МАРТИНЮК Валерій

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5758-4244>

e-mail: martynyuk.valeriy@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ РОБОТИ З МЕТРИКОЮ СЕРЕДЬНОГО ЧАСУ МІЖ ВІДМОВАМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метрика середнього часу між відмовами (MTBF) широко використовується на етапі тестування програмного забезпечення для оцінки надійності та стабільності його роботи. Проте традиційні методи розрахунку MTBF мають певні недоліки, що знижують ефективність оцінювання результатів тестування. В статті запропоновано шляхи удосконалення методу роботи з метрикою MTBF, серед яких застосування статистичних методів, машинного навчання, моделювання програмного забезпечення, інтеграція з іншими метриками, автоматизація розрахунків та моніторинг в реальному часі. Ці підходи дозволять підвищити точність розрахунку MTBF, врахувати взаємозв'язки між компонентами системи, оперативно реагувати на зміни показників надійності. Впровадження запропонованих удосконалень методу роботи з MTBF сприятиме ефективнішому оцінюванню результатів тестування та підвищенню загальної надійності програмного забезпечення.

Ключові слова: Метрика, MTBF, тестування програмного забезпечення, надійність, моделювання, інтеграція метрик, автоматизація, моніторинг в реальному часі.

SVERBA Artem, MARTYNYUK Valeriy
Khmelnytskyi National University

IMPROVING THE MEAN TIME BETWEEN FAILURE METRIC FOR ENSURING EFFECTIVE EVALUATION OF SOFTWARE TESTING RESULTS

The mean time between failures (MTBF) metric is widely used in software testing to assess reliability and stability. However, traditional methods for calculating MTBF have certain drawbacks that reduce the effectiveness of evaluating testing results. The paper proposes ways to improve the MTBF metric method, including applying statistical methods, machine learning, software modeling, integrating with other metrics, automating calculations, and real-time monitoring. These approaches will increase the accuracy of MTBF calculation, account for interconnections between system components, and promptly respond to changes in reliability indicators. Implementing the proposed improvements to the MTBF method will promote more effective evaluation of testing results and increase overall software reliability.

Keywords: Metric, MTBF, software testing, reliability, modeling, metric integration, automation, real-time monitoring.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Використання метрики середнього часу між відмовами є важливим рішенням на етапі тестування програмного забезпечення, оскільки вона надає інформацію про стабільність роботи системи та її надійність. Існуючі способи роботи з метрикою MTBF дозволяють використовувати її для обчислення основного показника, проте такий процес виконується за допомогою більш традиційного та загального підходу. Саме тому існує потреба удосконалення методу роботи з даною метрикою для покращення її розрахунку та результатів тестування програмного продукту в цілому.

Аналіз досліджень та публікацій

Основою для дослідження є праці різних науковців, зокрема Ф. Нормана, А. Біроліні, Х. Брюммера, Є. Лініга та інших, а також загальні публікації про етап тестування програмного забезпечення, метрики перевірки роботи ПЗ, включаючи методи роботи з метрикою середнього часу між відмовами (MTBF), її особливості та важливі сторони її використання. Наявні публікації та дослідження відповідно до тематики містять опис та ключові моменти вже наявних підходів до покращення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами. Дослідники виділяють різноманітні покращення, серед яких є такі: використання різних статистичних методів для точнішого прогнозу надійності роботи програмного забезпечення, застосування методів машинного навчання для якіснішого знаходження та представлення результатів процесу оцінки надійності, застосування різних архітектурних моделей програмних систем для деталізації процесу взаємодії різних компонентів системи та їх вплив на надійність загальної роботи ПЗ, використання емпіричних даних про відмови в роботі програми та їх послідовний моніторинг для встановлення певних закономірностей у разі зупинки роботи ПЗ. Аналіз останніх публікацій та досліджень є

дуже важливим, оскільки основні їх аспекти будуть слугувати для розробки удосконаленої методики роботи з метрикою середнього часу між відмовами.

Формулювання цілей статті

Головною метою статті є опис метрики середнього часу між відмовами (MTBF), її методів розрахунку, переваг та недоліків, а також представлення способів удосконалення методу роботи з даною метрикою, опис їх ключових нюансів та напрямків для покращення.

Виклад основного матеріалу

Тестування є одним з важливих етапів розробки програмних систем. Тестування програмного забезпечення — це процес перевірки ПЗ на наявність помилок та багів, а також перевірка відповідності реальних та очікуваних результатів роботи програми. Тестування є фундаментальним процесом створення надійних і придатних для використання програмних продуктів. Вся важливість даного кроку підкреслюється загальною оцінкою розробленої програми про її працездатність та відповідність заявленим вимогам та прийняттям рішення про її випуск для цільового користувача або доопрацювання її компонентів з врахуванням усіх встановлених дефектів [1].

Існує велика кількість видів тестування, кожен з яких визначається об'єктом тестування, власним набором інструментів та алгоритмом їх застосування для перевірки компонентів програмного продукту або його роботи в цілому. Результат виконання даного етапу розробки програмного забезпечення може бути різним в залежності від того, як працює програмний продукт та його структурні елементи. Для оцінки отриманих результатів тестування застосовуються метрики.

Метрика тестування – це показник тестування програмного забезпечення, що визначається як кількісна ознака, яка допомагає оцінити хід і якість процесу тестування програмного забезпечення [2]. Застосування метрики включає в себе кроки, що допомагають дати оцінку результатам тестування, провести їх аналіз та дійти висновку щодо подальших дій в межах розробки ПЗ.

В загальному метрики тестування є дуже важливими для етапу тестування, оскільки вони визначають критерії відповідного процесу та допомагають чітко окреслити його межі. Також відповідні метрики допомагають прийняти рішення щодо подальших кроків розробки, оскільки вони полегшують загальну процедуру прийняття рішення та вказують на конкретні компоненти програмної системи, які повинні бути доопрацьовані в разі необхідності.

В процесі виконання тестування програмного забезпечення може бути застосована велика кількість різних метрик, які обираються в залежності від поставленої мети тестування. Однією з таких метрик є метрика середнього часу між відмовами (MTBF). Даний кількісний показник відноситься до типу метрик, що стосуються успішного часу виконання програми та її локальних збоїв, що називаються відмовами..

MTBF (Mean Time Between Failures) – це метрика, яка вимірює очікувану середню тривалість безвідмовної роботи програмного забезпечення до наступної відмови [3]. Основним показником метрики є значення, що вказує на те, як довго програмна система може працювати без збоїв. Схематичне зображення метрики середнього часу між відмовами подане на Рисунку 1.

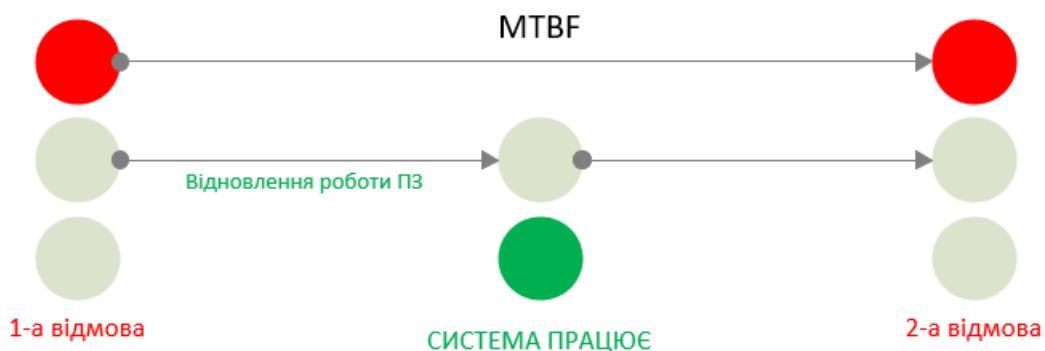


Рис. 1. Метрика середнього часу між відмовами

Середній час між відмовами є важливим показником процесу тестування ПЗ для вимірювання продуктивності, безпеки та працездатності. Також дана ознака використовується для визначення надійності розробленої програмної системи, що безпосередньо пов'язано з успішною та коректною роботою програми. Ще одним важливим аспектом метрики середнього часу між відмовами є її можливість надавати декілька типів оцінок: оцінку продуктивності, безпеки та архітектури ПЗ.

Метрика MTBF спирається на показник безвідмовної роботи програмної системи. Існує декілька методів розрахунку показника даної метрики. Перший з них – історичний. Даний метод є найбільш традиційним та використовуваним для обчислення значення показника. Принцип його роботи є дуже

простим, оскільки для розрахунку необхідна лише загальна інформація про роботу програмної системи. Загальна формула розрахунку середнього часу між відмовами за історичним методом є такою:

$$MTBF = \frac{\text{Загальна кількість робочих годин}}{\text{Загальна кількість відмов}}$$

Основними компонентами формули є показники загальної кількості робочих годин та кількості відмов. Перший числовий показник вказує на кількість годин, коли програмна система працювала успішно та безперебійно. При визначенні фактичного значення даного показника не враховується час виконання відладки ПЗ та приведення його до робочого стану повторно. Значення загальної кількості відмов вказує на кількість помилкових збоїв в роботі програмного забезпечення за певний проміжок часу [4]. Результуючий показник MTBF представляє кінцеве значення проведення вимірювання метрикою середнього часу між відмовами.

Наступним методом розрахунку показника даної метрики є метод на основі статистичних розподілів. Він використовується для оцінки середнього часу між відмовами системи з використанням певного статистичного розподілу. Цей підхід дозволяє більш точно моделювати час між відмовами та прогнозувати MTBF на основі характеристик та властивостей цього розподілу [5]. Для того, аби почати розрахунок за даним методом необхідно спочатку обрати статистичний розподіл, що найбільше підходить для моделювання часу між відмовами програмного забезпечення. Його вибір може базуватися на припущеннях про природу відмов системи або аналізі даних попередньо вказаного історичного методу. Після вибору розподілу потрібно провести оцінку параметрів вибраного статистичного розподілу на основі наявних даних про відмови. Оцінка параметрів дозволяє налаштувати вибраний розподіл таким чином, щоб він якнайкраще відповідав спостережуваним даним. На наступному етапі роботи методу розраховується саме значення метрики MTBF. Воно може бути розраховане за допомогою інструментів обраного статистичного розподілу або за іншими формулами, зокрема формулою історичного методу. Останнім кроком роботи методу є перевірка того, наскільки добре розподіл відповідає спостережуваним даним про відмови. Результат перевірки буде вказувати на адекватність моделі, яка може бути використана для моделювання та прогнозування часу між відмовами в майбутньому.

Ще одним методом розрахунку показника метрики MTBF є метод на основі тестування. Даний метод застосовується для оцінки надійності системи шляхом проведення спеціальних тестів з метою виявлення відмов. Основний принцип його роботи базується на випробуванні системи під реалістичними умовами та визначення часу між відмовами [6]. Для початку роботи з цим методом потрібно визначити конкретні тестові сценарії, що включають навантаження та умови, які найбільш відповідають реальному використанню системи. Далі необхідно виконати безпосередньо процес тестування, визначаючи при цьому час відмови для кожного тесту. На наступному кроці потрібно використати формулу історичного методу для розрахунку загального показника MTBF. Останній етап включає аналіз отриманих результатів тестування, враховуючи MTBF та інші показники надійності, що дозволить виявити слабкі місця системи та визначити можливі шляхи поліпшення надійності ПЗ.

Метод розрахунку MTBF на основі надійності є ще одним способом розрахунку показника метрики. Його можна використовувати для оцінки середнього часу між відмовами системи на основі аналізу надійності її компонентів. Даний метод передбачає збір даних про відмови компонентів системи та використання різних аналітичних технік для оцінки MTBF. Для роботи даного методу спочатку потрібно зібрати дані про відмови програмного забезпечення. Така інформація може бути зібрана будь-яким з доступних способів. Головними даними виступають час безвідмовної роботи та час відмов. Після цього необхідно виконати аналіз надійності системи та її компонентів на основі зібраних інформації. Наступним кроком є розрахунок показника MTBF шляхом комбінування надійності компонентів, використовуючи формули або аналітичні моделі. На останньому кроці відбувається перевірка отриманих результатів, порівнюючи їх з фактичними даними про відмови системи. Перевірка може включати порівняння прогнозованого MTBF з фактичними спостереженнями або порівняння прогнозу надійності компонентів з реальним значенням даного показника.

Метод експертних оцінок розрахунку MTBF є заключним серед інших та використовується для оцінки середнього часу між відмовами системи на основі експертних знань та досвіду фахівців. Особливістю даного методу є те, що він застосовується тоді, коли недостатньо даних про відмови або коли система є новою і немає історичних даних. Принцип його роботи заснований на суб'єктивному сприйнятті роботи системи. Спочатку відбувається формування експертної групи, що володіє необхідною інформацією про роботу програмного забезпечення. Далі відбувається розгляд різних аспектів системи, що можуть впливати на її надійність, та визначаються параметри, які можуть бути використані для оцінки надійності. На наступному кроці група експертів здійснює оцінювання середнього часу між відмовами програмної системи, що може бути представлено числовими значеннями або діапазонами. На останніх двох кроках

відбувається аналіз встановлених оцінок часу та здійснюється їх перевірка за допомогою додаткових методів, таких як порівняння з існуючими даними або використання інших незалежних експертних оцінок.

Враховуючи особливості метрики MTBF, існують як позитивні, так і негативні її сторони. До переваг даної метрики відносять:

1. Простота вимірювання. MTBF обчислюється за допомогою легких розрахунків, що робить його досить простим і зрозумілим для вимірювання і порівняння надійності різних систем або компонентів;
2. Показник надійності. Метрика може слугувати показником надійності системи. Високе значення MTBF вказує на довгий період безвідмовної роботи системи, що відображає високий рівень надійності.
3. Прогнозування терміну роботи без відмов. Метрика MTBF може бути використаний для прогнозування тривалості роботи системи, що допомагає встановити терміни технічного обслуговування для запобігання збоїв.

Також дана метрика може має свої негативні сторони:

1. Не враховує ремонтпридатність. MTBF не враховує можливість відновлення системи після виникнення відмови, а вимірює лише тривалість безвідмовної роботи і не дає повної картини про загальну доступність системи.
2. Не враховує серйозність відмови. Метрика не дає інформації про серйозність або вплив відмови на функціонування системи, оскільки просто вказує на середню тривалість між відмовами, не розмежовуючи відмови за їх важкістю або наслідками.
3. Не враховує випадковість відмов. MTBF передбачає регулярний розподіл відмов, що не завжди відповідає реальності. Фактичні відмови можуть мати випадковий характер, і MTBF не враховує таку випадковість.
4. Непридатність для деяких видів програмного забезпечення. Метод MTBF може бути менш придатним для оцінки надійності програмного забезпечення, що характеризується високою складністю роботи, динамічною поведінкою системи або взаємодією зі значною кількістю зовнішніх компонентів. У таких випадках, оцінка надійності на основі MTBF може не враховувати вплив різних факторів, що можуть спричинити відмову.

Позитивні сторони метрики MTBF свідчать про те, що правильне використання метрики середнього часу між відмовами дає можливість налаштувати програмний продукт на довгу та безперебійну роботу, мінімізуючи затрати та ресурси для вирішення помилкових ситуацій [7]. Проте сукупність недоліків спонукає до пошуку кращого способу використання метрики середнього часу між відмовами для кращого оцінювання результатів тестування програмного забезпечення.

Для покращення методу MTBF та його ефективності оцінювання результатів тестування програмного забезпечення можуть бути використані різні сучасні підходи та способи. Зокрема, для покращення методу роботи метрики можуть бути використані як додаткові методи математичних розрахунків, так і застосування суміжних галузей розробки програмного забезпечення [8].

Одним з перших підходів, що може бути використаний для покращення роботи з метрикою MTBF, є використання статистичних методів. Застосування даного підходу може покращити результати розрахунків показників метрики та підвищити їх точність. Першим кроком до удосконалення в межах даного підходу може бути збір і аналіз даних про відмови з використанням статистичного аналізу. Такий тип аналізу даних про відмови може допомогти виявити закономірності та тренди у часі. Збір даних про відмови можна здійснювати через систему журналів відмов або вимірювання проміжків часу між ними для виявлення факторів, що впливають на значення MTBF.

Використання статистичних методів може покращити роботу методу метрики середнього часу за допомогою застосування різних типів розподілів. Розподіли можуть бути корисними для моделювання відмов і розрахунку MTBF. Вибір правильного розподілу може бути важливим, оскільки різні розподіли можуть краще відповідати даним про відмови в конкретній системі.

Статистичні методи аналізу надійності можуть бути використані для відповідної оцінки загальної системи та її компонентів. Аналіз такого типу дозволяє виявити вразливі місця програмного забезпечення та ідентифікувати фактори, що сприяють відмовам [9]. Отримуючи результати аналізу надійності, можна приймати заходи для поліпшення MTBF шляхом зміни побудови системи або часткової заміни її основних структурних елементів.

Ще одним зі способів покращення є використання статистичних методів прогнозування. Спираючись на передбачення результатів, можна дістати інформацію про майбутні значення MTBF на основі уже наявних історичних даних. Відповідне прогнозування дозволяє передбачати тенденції та визначати майбутні необхідні ремонтні роботи або профілактику для збереження вимог щодо надійності системи.

Важливими для покращення MTBF також є методи випробування та валідації, що мають статистичний аспект. Вони можуть бути використані для оцінки надійності системи ще на етапі розробки програмного забезпечення, що включає проведення статистичних експериментів, випробувань з

навантаженням та аналізу отриманих даних. Результати цих методів можуть бути застосовані для виявлення дефектів, впливу параметрів на надійність та для покращення MTBF перед введенням ПЗ в експлуатацію.

В загальному використанні методів статистики дозволяє більш об'єктивно оцінювати роботу метрики середнього часу між відмовами та здійснювати її покращення. Виявлення факторів, що впливають на надійність системи, та розробка стратегії для поліпшення надійності та безвідмовної роботи є одним з головних завдань даних методів.

Інший загальний підхід, що може використовуватись для покращення методу роботи з метрикою MTBF, є застосування машинного навчання. Воно може допомогти виявляти складні залежності між вхідними параметрами та середнім часом між відмовами, а також враховувати нелінійні зв'язки між компонентами ПЗ [10].

На шляху до використання моделей машинного навчання важливою складовою є збір даних. Достовірна інформація про характеристики ПЗ та різні умови використання стане основою для тренування моделей машинного навчання. Відповідні моделі будуть застосовуватись для розв'язання задач прогнозування часу успішної роботи та часу відмов ПЗ. Вибір таких моделей залежить від даних про систему та конкретно поставленої задачі. Також важливим аспектом є вибір правильних функцій моделі, яка буде оперувати в межах програми, що проходить тестування. Тренування моделей на зібраних даних з використанням різних алгоритмів здатне шукати залежності між вхідними параметрами та MTBF, здійснюючи адаптацію своїх ваг та параметрів для найкращої прогнозовної точності. Важливим моментом після тренування є валідація отриманих результатів на незалежних даних, щоб оцінити точність прогнозу та здатність узагальнення. Для покращення самих моделей також можна застосовувати різні варіанти їх оптимізації, що в кінцевому результаті призведе до покращення отриманих вихідних показників метрики MTBF.

На загальному рівні, застосування машинного навчання для прогнозування MTBF може удосконалити точність прогнозів та допомогти виявити складні відносини та залежності між компонентами, які складно виявити за допомогою традиційних аналітичних методів.

Важливим рішенням для покращення методу роботи MTBF є ще один підхід, який базується на моделюванні програмного забезпечення на основі архітектури. Даний підхід є корисним, оскільки вхідними даними для виконання методу MTBF є добре вивчена та налаштована модель програмної системи [11]. Застосування моделей програмного забезпечення, заснованих на архітектурі та особливостях окремої системи, може допомогти краще враховувати взаємодію між компонентами програмного забезпечення та їх вплив на надійність. Також одним з кроків моделювання може бути створення моделей відмов. Згідно цього раніше побудована модель архітектури програмного забезпечення буде взаємодіяти з моделлю відмов, що дозволить точніше спрогнозувати час успішної роботи програмної системи та час можливих її збоїв.

Одним зі способів покращення методу MTBF також може бути використання емпіричних даних. Послідовний збір таких даних дозволить виконувати постійний їх моніторинг та аналіз, що матиме позитивний вплив на прогнозування середнього часу між відмовами. Безпосередньо під час процесу передбачення буде відбуватись обробка зібраних даних, їх порівняння з відомими паттернами, що дозволить виявити природу різних збоїв та повторюваних дефектів ПЗ. В загальному емпіричні дані грають ключову роль у виявленні проблем, покращенні надійності та збільшенні MTBF програмного забезпечення.

Для поліпшення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами можлива також розробка адаптивних методів оцінки надійності програмних систем. Вони дозволяють враховувати зміну умов та концепт роботи програмного забезпечення для більш точної оцінки його надійності [12]. В межах розробки таких методів можуть використовуватись підходи машинного навчання або моделювання програм, оскільки важливим є визначення факторів впливу на працездатність ПЗ та створення відповідних моделей прогнозування. Адаптивні методи оцінки надійності програмного забезпечення можуть автоматично коригувати параметри методу MTBF на основі отриманих даних про відмови, що дозволить більш точно прогнозувати надійність в реальному часі.

Всі розглянуті підходи до покращення методу роботи MTBF є досить важливими, оскільки кожен з них має свої особливості та здатен вносити позитивні якості в роботу методу, що може покращити точність розрахунку основного показника MTBF та надійність роботи програмного забезпечення в цілому. Проте також суттєвим кроком є пошук нових способів удосконалення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами, що можуть широко застосовуватись в майбутньому на етапі тестування програмних систем.

Одним з перших таких способів удосконалення роботи з MTBF є розвиток нових моделей та алгоритмів для розрахунку показника середнього часу між відмовами. Прогрес в дослідженні нових структур може внести суттєвий вклад у покращення методу MTBF та оцінки надійності програмного забезпечення. Перший напрямок для розвитку може бути пов'язаним зі створенням моделей та алгоритмів, що спираються на комплексні залежності між компонентами програмного забезпечення. Будь-яка програма може бути представлена у вигляді системи, взаємозалежні компоненти якої впливають один на одного, що має безпосередній ефект при визначенні відмов та збоїв ПЗ. В такому випадку також можливе застосування

уже готових або новостворених методів статистики, що можуть дати точну оцінку надійності ПЗ на основі емпіричних даних та різних впливів між його компонентами.

Ще одним напрямком в розвитку нових структурних складових є покращене моделювання. Його основна особливість в тому, що застосування основних його принципів може бути здійснене протягом всіх етапів розробки програмного забезпечення. Оцінка МТВФ повинна застосовуватись ще на ранніх етапах створення ПЗ, що допоможе виявляти більшу кількість вразливих місць ПЗ та вирішувати проблеми потенційних відмов в майбутній його роботі. Також рання оцінка та створення моделей на перших етапах дасть можливість програмі бути стійкішою до змін різнотипних умов її роботи, що неабияк підвищить її надійність.

Іншим перспективним напрямком розвитку є використання штучного інтелекту. Для прогнозування показника МТВФ доступне використання різних нейронних мереж, моделей машинного та глибокого навчання, що здатні обробляти великі обсяги даних про ПЗ та на основі них здійснювати оцінювання роботи програми, зокрема надійності та здатності до якомога тривалішої безперебійної діяльності програмного продукту. Штучний інтелект також допоможе при вирішенні складних та незрозумілих ситуацій, які стосуються залежностей між компонентами ПЗ, що безпосередньо впливають на показник середнього часу між відмовами.

В загальному розвиток нових моделей та алгоритмів для розрахунку МТВФ є дуже важливим, оскільки існує необхідність постійно оновлювати методи та враховувати специфічні особливості програмного забезпечення, щоб досягти більш точних оцінок надійності та покращення МТВФ.

Інтеграція з іншими метриками тестування є ще одним новим способом удосконалення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами. Комбінація різних метрик дозволить отримати більш повне уявлення про надійність системи та виявити проблеми, які можуть бути пропущені, якщо розглядати лише МТВФ. Різні метрики спираються на різні показники та по-своєму дають оцінку в конкретній ситуації, що в спільній роботі з МТВФ може слугувати надійним інструментом оцінювання надійності та всієї роботи програми.

Першою для комбінації з МТВФ може слугувати метрика МТТФ. МТТФ – це метрика середнього часу до першої відмови програмного забезпечення. Інтеграція МТТФ дозволить отримати більш широке представлення надійності системи. Також можна використовувати МТТФ з МТВФ для визначення того, які частини життєвого циклу системи перебувають в стані стабільної роботи перед першою відмовою та на якій з них відбувається збій роботи ПЗ.

Другою для інтеграції з МТВФ є SER-метрика. SER – це метрика, яка дозволяє визначити кількість помилок, виявлених у програмному забезпеченні протягом певного періоду часу. Інтеграція SER з МТВФ дасть можливість оцінити вплив помилок на надійність системи. В загальному випадку основним є твердження: чим нижче SER, тим більш надійне програмне забезпечення, що сприяє збільшенню МТВФ.

Третя метрика, що може працювати в комбінації з МТВФ, є ТТФ. ТТФ – це метрика, що визначає час до відмови окремого компонента або модуля системи. Інтеграція ТТФ з МТВФ дозволить визначити, які компоненти чи модулі мають більшу ймовірність відмови та впливають на загальний МТВФ системи. Застосування даної метрики допоможе зосередити увагу на вразливих або критичних елементах системи для подальшого покращення надійності.

Четвертою метрикою для інтеграції з МТВФ може виступати показник МТТР. МТТР – це метрика середнього часу відновлення ПЗ після відмови. Комбінація МТТР та МТВФ дозволить оцінити, наскільки швидко система може бути відновлена після збою та перейти в робочий режим. Низький МТТР сприяє скороченню часу простою системи та підвищенню загальної надійності.

Метрика МТВФ також може поєднуватись з динамічними метриками для покращення вимірювання різних показників. Застосування динамічних метрик тестування, таких як Code Coverage (покриття коду), Fault Detection Rate (швидкість виявлення помилок) або Failure Rate (частота відмов), може допомогти в оцінці надійності програмного забезпечення та впливати на метод МТВФ. Інтеграція цих метрик з МТВФ дозволить зосередитися на ефективності тестування та виявленні помилок, що сприяє покращенню збільшенню середнього часу між відмовами.

В підсумку інтеграція МТВФ з іншими метриками тестування дозволить більш широко оцінювати працездатність системи в цілому та окремих її компонентів, а також дасть можливість спрямовувати більше зусиль на покращення конкретних аспектів, що здатні впливати на МТВФ.

Ще одним оновленим способом удосконалення методу роботи МТВФ може слугувати впровадження автоматизації розрахунку показника метрики. Таке впровадження може суттєво полегшити процес обчислення, удосконалити метрику середнього часу між відмовами ПЗ та підвищити його надійність. Використання спеціалізованих програмних інструментів є першим напрямком даного способу. Відповідно до нього для розрахунку показника середнього часу між відмовами можуть бути використані програмні інструменти, які на основі введених або емпіричних даних будуть швидко та точно надавати значення МТВФ для програмної системи. Також для розрахунків може бути розроблений власний програмний

продукт або звичайний скрипт, який буде задовольняти потребу пошуку значення МТВФ для конкретного програмного забезпечення.

За іншим напрямком удосконалення методу роботи МТВФ може бути здійснене за допомогою інтеграції з системами моніторингу та журналювання. Впровадження таких систем допоможе на автоматичних засадах збирати інформацію про відмови та інші необхідні параметри програмного забезпечення. Завдяки цьому можливе використання цих даних безпосередньо для розрахунку МТВФ без необхідності ручного введення, що сприятиме збільшенню точності обчислень та заощадження зусиль розробників ПЗ. Важливим аспектом в автоматичному зборі інформації є налаштування періодичності такого процесу. Для підтримки актуальності даних про систему та показник МТВФ необхідно встановити регулярне оновлення відповідної інформації. Воно допоможе оперативно отримувати наявну інформацію про відмови, якщо вони сталися, а також здійснювати послідовне обчислення середнього часу між відмовами.

Автоматизація розрахунку МТВФ допоможе зменшити ризик помилок, полегшить процес оцінки надійності та дозволить ефективно використовувати час та ресурси. Вона сприятиме покращенню методу МТВФ та дозволить швидко отримувати оновлені результати розрахунків для прийняття відповідних рішень.

Останнім способом для удосконалення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами може виступати розробка методів та інструментів для моніторингу МТВФ в реальному часі. В поєднанні з попереднім способом такий процес буде мати абсолютно новий підхід до збору інформації про відмови та загальну роботу програмної системи, оскільки вона буде отримуватись автоматичним шляхом в режимі реального часу, що допоможе своєчасно реагувати на будь-які зміни та постійно відстежувати показник МТВФ. Також своєчасний збір інформації допоможе швидко виконувати процес її аналізу для прийняття різних рішень, що стосуються роботи ПЗ. Для кращого аналітичного процесу в режимі реального часу може бути розроблено шаблон звітності або здійснено візуалізацію отриманої інформації. Враховуючи автоматичний розрахунок МТВФ та постійний потік інформації про відмови, необхідним елементом буде зв'язок з іншими системами попередження та автоматичного сповіщення розробника про зміну умов працездатності програмного забезпечення. Такі додаткові компоненти разом з іншими особливостями способу удосконалення допоможуть забезпечити актуальну інформацію про надійність програмного забезпечення та швидко відповідати на зміни, що в свою чергу буде сприяти покращенню методу МТВФ та надійності системи.

Кожен з наведених способів удосконалення покликаний виконати головне завдання – здійснити удосконалення методу роботи з МТВФ. З урахуванням ключових особливостей всі з них можуть бути використані для створення умов покращення параметрів метрики середнього часу, що на загальному рівні призведе до покращення результатів всього процесу тестування ПЗ, підвищення показника середнього часу безвідмовної роботи та збільшення надійності будь-якої програмної системи.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Удосконалення методу роботи з метрикою середнього часу між відмовами є важливим завданням для підвищення ефективності оцінювання результатів тестування програмного забезпечення. Традиційні підходи до розрахунку МТВФ мають певні обмеження, що не дозволяють повною мірою врахувати всі фактори, які впливають на надійність системи. Запропоновані в статті способи удосконалення методу, такі як використання статистичних методів, машинного навчання, моделювання ПЗ, інтеграції з іншими метриками, автоматизації та моніторингу в реальному часі, дозволять подолати ці обмеження. Застосування даних підходів надасть можливість точніше розраховувати показник МТВФ з урахуванням усіх взаємозв'язків між компонентами системи, швидше реагувати на зміни показників надійності, ефективніше оцінювати результати тестування в цілому.

Отже, впровадження запропонованих у статті способів удосконалення методу роботи з метрикою МТВФ дозволить підвищити якість оцінювання результатів тестування програмного забезпечення та забезпечити створення більш надійних програмних систем. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на практичну реалізацію та валідацію ефективності запропонованих підходів.

Література

1. В.Е. Льюїс, Тестування програмного забезпечення та постійне покращення якості (3-є видання), 2016.
2. Ф. Норман, Метрики програмного забезпечення: суворий і практичний підхід (3-тє видання), 2014.
3. Є. Лініг, Х. Брюммер, «Аналіз надійності», Основи проектування електронних систем, 2017.
4. А. Біроліні: Розробка надійності: теорія та практика, Берлін 2013.
5. І. Шифердеккер, А. Гофман, Тестування на основі моделі, 2010.
6. Дж. Бернгард, А. Прайс, Тестування програмного забезпечення: поняття та операції, 2016.
7. С. Кумар, С. Ратор, Прогноз програмних збоїв: дорожня карта, 2017.

8. Т. Дінгсойр, Т. Дйба, Н. Бреде, Гнучка розробка програмного забезпечення: поточні дослідження та майбутні напрямки, 2018.
9. Дж. О'Ріган, Практичний підхід до якості програмного забезпечення, 2014.
10. Ш. Ямада, Моделювання надійності програмного забезпечення: Основи та застосування, 2014.
11. П. Джалоте, Інтегрований підхід до розробки програмного забезпечення (2-ге видання), 2017.
12. Т. ДеМарко, Т. Лістер, Вальс з ведмедями: Управління ризиками програмного забезпечення, 2014.

References

1. W.E. Lewis, Software Testing and Continuous Quality Improvement (3rd ed.), 2016.
2. F. Norman, Software metrics: a rigorous and practical approach (3rd ed.), 2014.
3. J. Lienig, H. Bruemmer, "Reliability Analysis", Fundamentals of Electronic Systems Design, 2017.
4. A. Birolini: Reliability Engineering: Theory and Practice, Berlin 2013.
5. I. Schieferdecker, A. Hoffmann, Model-Based Testing, 2010.
6. J. Barnard, A. Price, Software Testing: Concepts and Operations, 2016.
7. S. Kumar, S. Rathore, Software Fault Prediction: A Roadmap, 2017.
8. T. Dingsoyr, T. Dyba, N. Brede, Agile Software Development: Current Research and Future Directions, 2018.
9. J. O'Regan, A Practical Approach to Software Quality, 2014.
10. Sh. Yamada, Software Reliability Modeling: Fundamentals and Applications, 2014.
11. P. Jalote, An Integrated Approach to Software Engineering (2nd ed.), 2017.
12. T. DeMarco, T. Lister, Waltzing with bears: Managing risk on software projects, 2014.