

УДК 004.519.217

Д.А. МАЄВСЬКИЙ

Одеський національний політехнічний університет, Україна

СТРУКТУРНА ДИНАМІКА ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ ПРИ НАЯВНОСТІ ВТОРИННИХ ДЕФЕКТІВ

Стаття присвячена моделюванню надійності програмних систем з урахуванням вторинних дефектів. Введено поняття інформаційної структури системи та інформаційної структури її предметної області. Вводиться поняття дефекту як різниці між цими двома структурами. Вказана різниця може виникнути як наслідок не тільки вади програмного коду системи, але й при зміні предметної області. Виправлення помилок розглядається як динамічні процеси зміни інформаційної структури програмного забезпечення, що подібні до процесів переносу в термодинамічних системах. На підставі цього пропонуються напрямки подальших досліджень структурної динаміки програмних систем.

Ключові слова: надійність систем, моделі надійності програмного забезпечення, програмні помилки, програмні дефекти.

Вступ

Проблема прогнозування та забезпечення надійності інформаційних систем стає дуже гостро. Збільшення складності програмного забезпечення (ПЗ) таких систем неминує призводить до збільшення кількості помилок, що виникають під час його експлуатації. Зважаючи на те, що комп'ютерні інформаційні системи (ІС) дуже широко використовуються в усіх сферах діяльності людини і ця діяльність все більше залежить від безвідмовності систем, помилки в їх ПЗ можуть призвести до катастрофічних наслідків. Нажаль, гарантувати відсутність помилок не можна для жодної програми, тому питання прогнозування їх кількості та інтенсивності виявлення є дуже актуальним.

Для такого прогнозування використовуються так звані моделі надійності програмного забезпечення (МНПЗ). На сьогоднішній день налічуєтьсядесь біля тридцяти різних моделей та їх модифікацій, що відрізняються одна від одної підходами до процесу моделювання та початковими припущеннями. Саме ці припущення визначають область застосування моделі та її функціональність.

В [1] відмічається, що найважливішим недоліком більшості моделей є те, що вони не враховують можливості появи так званих «вторинних» помилок, що виникають під час виправлення вже знайдених. Поява таких вторинних помилок є звичайним явищем при супроводженні ПЗ. По оцінкам, наведеним в [1] їх кількість може складати 30-40 % від загальної кількості первинних. Тому задача врахування вторинних помилок при моделюванні надійності ПЗ є актуальною.

1. Дефекти та помилки.**Причина виникнення помилок**

На початку треба розібратися, що являють собою програмні помилки й у чому полягає причина їх виникнення. Для цього розглянемо взаємодію ПЗ з його предметною областю.

Предметна область (ПрО) інформаційних систем – це частина навколишнього світу, реальні процеси та явища в якій є предметом автоматизації. Але ІС безпосередньо не відображає ці процеси та явища. Вона відображає інформаційну модель ПрО.

Інформаційною моделлю ПрО будемо називати сукупність процесів обробки інформації та потоків, що передають інформацію між процесами в ПрО. Така модель відповідає ПрО та представляє її у формалізованому вигляді з точки зору перетворення інформації.

Інформаційною моделлю системи будемо називати сукупність процесів обробки інформації та потоків, що передають інформацію між процесами. Ця модель у формалізованому, з точки зору перетворення інформації, представляє інформаційну систему.

У випадку, коли інформаційна модель системи повністю тотожна інформаційній моделі ПрО і функціонування ІС відбувається згідно з правилами ПрО, ми говоримо, що ІС працює вірно.

Дефектом будемо називати будь-яке відхилення в інформаційній моделі ІС відносно інформаційної моделі ПрО. Зважаючи на те, що інформаційна структура ІС реалізується в її програмному забезпеченні, можна сказати, що саме ПЗ є носієм дефектів.

Якщо ПЗ ІС містить дефекти, то це рано чи пізно призведе до їх прояву у вигляді невірної роботи

системи. Такі прояви дефектів через невірну роботу ІС будемо називати **помилками**. Під невірною роботою тут розуміється будь-яке відхилення результату роботи системи від очікуваного результату. Тут ми вважаємо, що оцінка відповідності отриманого та очікуваного результату відбувається абсолютно точно. В реальному житті можуть траплятися помилки й в оцінці відповідності. Наслідки цього факту спотворюватимуть картину прояву дефектів. Таке спотворення може бути предметом окремого дослідження.

Можна сказати, що дефект та помилка співвідносяться між собою як причина та наслідок. Будь-яка помилка є результатом виявлення (переносу) дефекту за межі програмного забезпечення.

Причиною переносу дефектів є своєрідна «різниця потенціалів» між програмним середовищем, що містить дефекти та зовнішнім середовищем (ПрО), яке по відношенню до ІС виступає в якості еталону та дефектів не містить за визначенням. А це означає, що аналогом програмної системи з точки зору виявлення помилок може бути замкнута термодинамічна система, що складається з двох резервуарів (рис. 1):

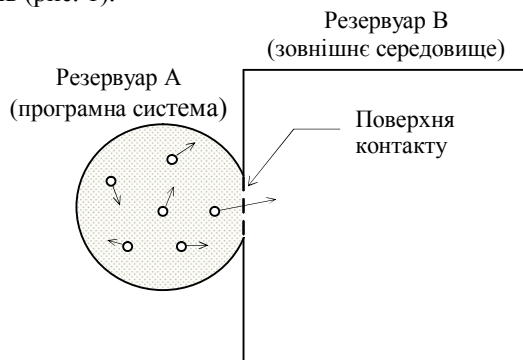


Рис. 1. Термодинамічна модель переносу

В резервуарі А, що є аналогом програмного середовища, під деяким тиском міститься ідеальний газ, молекули якого імітують дефекти ПЗ. Резервуар А контактує з резервуаром В (зовнішнє середовище), тиск газу в якому дорівнює нулю. Об'єм резервуару В у багато разів більший за об'єм резервуару А. Поверхня контакту має певну пропускну здатність (прозорість). Через цю поверхню під впливом різниці тисків молекули газу з резервуару А переносяться до резервуару В. З того, що об'єм цього резервуару значно більший за об'єм резервуару А, перенос газу з А в В не підвищує тиск в цьому резервуарі. Перенос молекули (дефекту) крізь поверхню контакту відповідає проявленню дефекту та виникненню програмної помилки. Після переносу молекула зникає з резервуару А, що відповідає виправленню дефекту.

Згідно з загальною теорією переносу [2], його рушійною силою є різниця узагальнених потенціалів, під якими у різних випадках, в залежності від системи, розуміють тиск, температуру, електричний

потенціал, тощо. Аналогом об'єму у різних системах виступає теплоємність, електрична ємність, тощо. Швидкість переносу прямо пропорційна градієнту узагальненого потенціалу, а його напрям – протилежний напрям градієнту. При наявності поверхні контакту швидкість буде прямо пропорційна її прозорості (провідності).

Розповсюджуючи теорію переносу на програмні системи, можна сказати, що рушійною силою виявлення дефектів є різниця їх потенціалів φ_d . Потенціал φ_d в системі завжди є прямо пропорційним кількості дефектів та обернено пропорційним параметру, що характеризує складність ПЗ. Будемо називати цей параметр **ємністю ПЗ** та позначати через С. Аналогом поверхні контакту в ПЗ виступає звертання користувача до системи (його контакт з системою). Чим частіше користувач звертається до системи, тим більшою буде кількість виявлених помилок, тобто тим більшою буде провідність поверхні контакту.

При застосуванні методів термодинаміки до процесів в програмних системах ми відходимо від вивчення кожного конкретного дефекту та користуємося інтегральною характеристикою – їх потенціалом. Зважаючи на те, що дефектом ми назвали відхилення інформаційної структури ІС від інформаційної структури ПрО, при переносі дефектів змінюється інформаційна структура ІС. Тобто процес виявлення дефектів в ПЗ є процесом **структурної динаміки програмних систем**.

Звернемо увагу на те, що будь-яке відхилення між двома інформаційними моделями є дефектом ПЗ. При цьому байдуже, в якій моделі сталися зміни – в інформаційній моделі системи чи в відповідній моделі ПрО. З цього витікає, що дефект у ПЗ може з'явитися не тільки в наслідок якихось дій людини (наприклад, процес програмування), а й в наслідок бездіяльності. Типовим прикладом цьому є облікові інформаційні системи (ОІС). Так, до 1 січня 2007 року ставка податку на доходи фізичних осіб становила 13%. З 1 січня вона змінилася [3] й стала складати 15%. Якщо в ОІС нічого не змінювати, то з 2007 року вона почне працювати з помилками, хоч до цього часу усе було гаразд. Тобто, з системою нічого не робили, а дефект виник! Виник він тому, що змінилася інформаційна структура ПрО й інформаційна структура ІС перестала їй відповідати. Цей факт треба враховувати, переходячи до аналізу вторинних помилок.

2. Теорія переносу і моделі надійності програмних систем

Згідно [4], у загальному випадку процес переносу якоїсь скалярної величини a у просторі та часі описується рівнянням типу

$$\vec{A} = \Lambda \cdot \vec{B}, \quad (1)$$

де \vec{A} та \vec{B} – деякі векторні величини, а Λ – коефіцієнт переносу. Вектор \vec{A} відповідає потоку цієї величини ($\frac{\partial a}{\partial t}$), а вектор $\vec{B} = -\text{grad } \varphi$, де φ – узагальнений потенціал.

У випадку одномірної системи формула (1) перепишеться як:

$$\frac{\partial a}{\partial t} = -\Lambda \cdot \frac{d\varphi}{dx}, \quad (2)$$

де x – відстань, на яку виконується перенос.

У програмних системах під скалярною величиною, що переноситься, будемо розуміти кількість дефектів у ПЗ. Будемо виходити з припущення, що один дефект ПЗ породжує одну програмну помилку, тобто кількість дефектів дорівнює кількості помилок r . Як ми переконаємося згодом (див. п. 4), таке припущення є цілком достовірним. З урахуванням цього, для ПЗ рівняння (2) перепишеться як

$$\frac{\partial r}{\partial t} = -\Lambda \frac{\partial \varphi_d}{\partial x}, \quad (3)$$

де r – кількість невиявлених дефектів (помилки) на момент часу t .

Розберемося з поняттям відстані. Взагалі, для ПЗ таке поняття є невизначеним. Тут ми маємо справу з переносом крізь поверхню контакту, якої фізично теж не існує. Поверхня контакту створюється кожен раз, коли користувач звертається до ПЗ з якимись початковими даними, сподіваючись отримати від нього якийсь результат. Тому ми можемо вважати, що величина r залежить тільки від часу t . Це дає змогу похідну $\frac{\partial \varphi_d}{\partial x}$ замінити скінченною різницею потенціалів $\Delta \varphi_d$ на поверхні контакту.

Але ця поверхня умовно розділяє два середовища: програмну систему та зовнішній світ. Проходячи крізь поверхню контакту дефект зникає й не змінює потенціал дефектів зовнішнього світу (ПрО). Тому потенціал дефектів ПрО можемо прирівняти до нуля, а різниця потенціалів $\Delta \varphi_d$ буде дорівнювати потенціалу дефектів ПЗ. Тоді з (3) маємо:

$$\frac{dr}{dt} = -\Lambda \cdot \varphi_d. \quad (4)$$

Для того, щоб перейти від потенціалу дефектів до їх кількості, скористаємося поняттям ємності ПЗ: $\varphi = r/C$, звідки отримуємо кінцеву формулу, що описує розподіл виявлених помилок у часі:

$$\frac{dr}{dt} + \frac{\Lambda}{C} \cdot r = 0. \quad (5)$$

У роботі [5] описана нова МНПЗ – модель перехідного процесу, в якій на підставі зовсім інших положень, отримана подібна формула розподілу помилок у часі:

$$\frac{dr}{dt} + \frac{f}{S} \cdot r = 0. \quad (6)$$

Ця формула відрізняється від (5) тільки коефіцієнтами, які в [5] мають такі значення:

– f – частота звертань до системи (частота транзакцій. Чим більше ця частота (чим частіше з'являється поверхня контакту), тим частіше виявляються помилки. Цей параметр, як і параметр Λ характеризує провідність поверхні контакту.

– S – параметр, що характеризує складність програмної системи. Це інтегральний показник, що містить у собі характеристику складності програмного коду (наприклад, кількість операторів в програмі) й характеристику його «заплутаності» – кількість логічних зв'язків. Чим більше складність, тим менше вірогідність виявити в такому ПЗ помилку. З цього видна пряма аналогія між введеною нами ємністю ПЗ та параметром його складності.

Працездатність моделі перехідного процесу доведена в [6] експериментально.

Із співставлення рівняння переносу (5) з рівнянням моделі перехідного процесу можна зробити висновок, що ця модель практично описує явище переносу дефектів у ПЗ та витікає з теорії структурної динаміки програмних систем.

Звернемо увагу на те, що формула (5) теж введена з припущення, що при виправленні дефекту він зникає – вторинні дефекти не вносяться. Перейдемо тепер до аналізу проблеми врахування цих вторинних дефектів.

3. Аналіз проблем моделювання вторинних помилок

Проблема моделювання надійності ПЗ з урахуванням можливої появи вторинних помилок на теперішній час є не вирішеною, складною та неоднозначною. Розглянемо деякі аспекти цього питання докладніше.

3.1. Вторинні помилки є наслідком появи у ПЗ вторинних дефектів. А такі дефекти, як ми бачили, можуть виникати зовсім не в результаті втручання в код або структуру системи, а за рахунок зміни інформаційної структури ПрО. Тоді виникає питання, чи вважати такі помилки вторинними? Це по-перше. По-друге, після появи у ПЗ вторинного дефекту, не зважаючи на те, яким чином він там з'явився, цей дефект зовні не відрізняється від інших дефектів. Тобто з точки зору структурної динаміки процес внесення вторинних дефектів ми можемо розглядати як процес зворотного переносу дефектів з зовнішнього середовища в ПЗ, а саме функціонування ІС – як накладання прямого (виявлення та виправлення дефектів) й зворотного (поява нових дефектів) процесів переносу.

3.2. На сьогодні врахування вторинних дефектів йде по шляху внесення до існуючих моделей надійності додаткових параметрів, що враховують збільшення наявних у ПЗ дефектів [1]. Але усі МНПЗ містять додаткові коефіцієнти, що тим чи іншим чином враховують параметри ПЗ, що моделюється. Так, наприклад, модель перехідного процесу містить інтегрований параметр «складність ПЗ», моделі Джелінського-Моранди [6], Шика-Уолвертона [7], експоненційна [8] – коефіцієнт пропорційності K між інтенсивністю прояву та кількістю дефектів. При будь-яких змінах у ПЗ, у тому числі й при виправленні виявлених дефектів, змінюються й усі його характеристики. Взагалі можна сказати, що після виправлення кожного дефекту ми маємо справу вже з іншою програмною системою. Тому усі коефіцієнти усіх моделей повинні залежати від кількості внесених вторинних дефектів, при чому така залежність не обов'язково повинна бути лінійною. Зважаючи на те, що ця залежність наперед невідома, її врахування у рамках існуючих моделей не виявляється можливим.

При застосуванні моделей з постійними коефіцієнтами пропорційності у разі внесення вторинних помилок ми будемо мати систематичне відхилення реальної кривої розподілу виявлених помилок у часі від розрахункової.

3.3. Залишається відкритим питання стосовно модернізації ІС з метою розширення їх функціональних можливостей. Під час такої модернізації обов'язково будуть виникати нові дефекти. Чи можна віднести їх до складу вторинних? І чи потрібно, враховуючи усе сказане вище, взагалі проводити якийсь розподіл дефектів? Адже структура ІС при цьому зазнає значних змін і теза про те, що ми маємо справу із новою системою стає ще більш вагомою. При застосуванні існуючих моделей МНПЗ в цьому випадку ми будемо мати різку зміну закону розподілу виявлених помилок у часі - різкі стрибки та зміни нахилу кривої.

3.4. Останній, але найбільш вагомий аспект стосується того, що поява вторинних дефектів ніяк не може бути передбаченою. Будуть чи ні при виправленні старих внесених нові дефекти, залежить від факторів, які не можуть бути відображеними в моделях. Дійсно, як відобразити в МНПЗ, наприклад, настрої, з яким сьогодні вранці програміст прийшов на роботу?

Американський вчений Насім Ніколас Талеб у своїй книзі «Чорний лебедь. Под знаком непередсказуемости» [9] називає такі події "чорними лебедями». Він визначає їх як події, що:

- є аномальними, тому що ніщо в минулому їх не провіщало;
- мають велику силу впливу;
- мають ретроспективну передбачуваність – ми можемо пояснити їх вже *після того*, як вони сталися.

На думку Талеба, такі події є повністю випадковими та не підпорядковуються жодному закону розподілу ймовірностей. Врахування їх у будь-якій математичній моделі є неможливим у принципі. Тому спроби доповнити МНПЗ додатковими параметрами та коефіцієнтами, хоч і є бездоганними з математичної точки зору, мають вади на концептуальному рівні – на рівні початкових посылок.

Усі моделі надійності створюються з єдиною метою – метою прогнозування показників надійності. Тобто за допомогою певної моделі ми повинні **передбачати** кількість виявлених помилок у майбутньому. Саме це передбачення й є основною метою застосування МНПЗ. Але з того, що вторинні помилки є непередбачуваними, витікає, що вірно їх врахувати не зможе жодна МНПЗ.

Як вже відзначалося, при використанні моделей для нормального режиму експлуатації ПЗ, коли до нього не вноситься значних змін, а лише виправляються виявлені дефекти, за рахунок вторинних дефектів реальна крива розподілу матиме систематичне відхилення від розрахункової. В цьому режимі ми можемо лише дізнатися про те, скільки таких помилок було внесено в минулих періодах. Про те, скільки таких помилок буде внесено у майбутньому сказати наперед нічого не можна.

При внесенні до ПЗ значних змін, кількість додатково внесених дефектів буде більш значною, ніж при простому виправленні існуючих. За рахунок зміни параметрів ПЗ зміниться сам закон зміни розподілу виявлення помилок у часі. Для використання МНПЗ в цьому випадку треба знову визначити ці параметри та виконувати прогнозування вже з їх новими значеннями. Кількість дефектів, що були внесені під час модернізації можна оцінити, порівнюючи криві розподілу помилок до і після модернізації.

Як приклад, розглянемо використання моделі перехідного процесу у випадку появи вторинних дефектів в ПЗ облікової інформаційної системи «АгроКомплекс».

4. Моделювання надійності ОІС «АгроКомплекс»

ОІС «АгроКомплекс» [10] створена під керівництвом автора й призначена для автоматизації усіх видів обліку на підприємствах сільського господарства. Система працює у середовищі ІС: Підприємство 7.7 та є складним і розвиненим програмним комплексом. Основні його дані наведено в табл. 1.

Розробка ОІС почалася в січні 2002 року. Бета-версія системи надійшла на тестування в січні 2003 року. Перша копія встановлена у користувача і супроводжується з квітня 2004 року.

Таблиця 1

Кількісні показники «АгроКомплекс»

Назва об'єкту або показника	Кільк.
Довідники для зберігання інформації користувача і службової системної інформації	128
Документи для проведення господарських операцій	94
Звіти для формування і поширення інформації про господарську діяльність	79
Додаткові службові інтерфейсні форми	61
Загальна кількість полів в таблицях інформаційної бази	4492
Кількість господарських операцій, які проводяться в ОІС	317
Кількість проводок господарських операцій	2113
Кількість програмних модулів	584
Кількість процедур і функцій	6670
Кількість операторів в ПЗ системи	156000

За цей час внаслідок змін і доповнень до системи обліку в Україні, а також у зв'язку з розширенням функціональних можливостей "Агрокомплекс" випущено три покоління УІС, які істотно відрізняються один від одного. У свою чергу, кожне покоління оновлюється. За період з січня 2003 року по січень 2010 року випущено 52 оновлення УІС, в яких виправляються знайдені помилки, оновлюється база ставок податків і зборів, відстежуються зміни в чинному законодавстві. В період експлуатації ОІС виконувалися великі зміни програмного забезпечення і складу інформаційної бази. Такі зміни були тричі:

- після закінчення періоду бета-тестування системи (червень - липень 2004 року);

- у четвертому кварталі 2006 року у зв'язку з введенням в дію з 1 січня 2007 року П(С)БУ № 30 "Біологічні активи";

- на початку 2008 року у зв'язку з доповненням ОІС "Агрокомплекс" новим розділом обліку "Розрахунки по паях".

В табл. 2 наведена динаміка виявлення помилок в ОІС «Агрокомплекс» та результати її моделювання за допомогою моделі перехідного процесу. Сам хід моделювання описано нижче. Відлік діб в табл. 2 починається з 01.01.2004 року. У період до січня 2007 року облік виявлення помилок вівся несистематично, тому дані таблиці до цієї дати можуть мати відхилення у меншу сторону – деякі помилки не фіксувалися.

На рис. 2 наведено графіки зміни кількості помилок за результатами експерименту (пунктирна лінія) та результатами моделювання (суцільна лінія). З рис. 2 чітко видно, що динаміка виявлення помилок змінювалася тричі. Ці зміни відповідають значним переробкам системи, про які говорилося вище. У результаті змін значно змінювались структурні параметри системи і, відповідно, параметри моделі. Тому моделювання проводилося окремо для кожного періоду із сталим законом зміни.

Таблиця 2

Динаміка виявлення помилок

Діб з початку експл.	Виявлено помилок		Вторинні помилки
	Експер.	Розрах.	
0	0	0	0
30	72	50	22
58	133	91	42
90	156	130	26
211	176	235	0
243	226	253	0
365	275	302	0
396	308	310	0
485	313	328	0
516	321	333	0
546	335	337	0
608	350	343	7
638	351	345	6
730	355	351	4
789	368	368	0
881	392	406	0
911	398	415	0
973	402	432	0
1003	410	438	0
1034	420	444	0
1064	428	449	0
1126	447	458	0
1185	456	465	0
1215	473	468	5
1307	480	475	5
1491	487	483	4
1519	503	503	0
1551	518	513	5
1581	520	522	0
1612	527	530	0
1642	537	537	0
1673	544	543	1
1704	548	548	0
1734	561	553	8
1765	565	557	8
1795	568	561	7
1826	571	565	6
1857	574	567	7
1916	577	572	5
1946	578	574	4
2099	580	581	0
2130	583	582	1
2160	584	583	1
2191	585	584	1

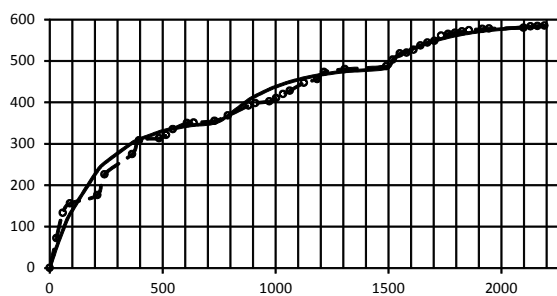


Рис. 2. Експериментальні та розрахункові криві

Методика моделювання полягає в наступному.

Рішенням диференційного рівняння (6) є експонента

$$r(t) = R_0 \cdot e^{-\frac{f}{S}t}, \quad (7)$$

де $r(t)$ – кількість дефектів, що залишилися в ПЗ на момент часу t , а R_0 – початкова кількість цих дефектів при $t = 0$. Якщо через $q(t)$ позначити кількість помилок, що вже виявлені а момент часу t , то

$$q(t) = R_0 \cdot (1 - e^{-\frac{f}{S}t}). \quad (8)$$

Великою перевагою методу перехідного процесу є те, що для моделювання не треба знати ні частоту звертань до системи f , ні складність системи S . Згідно із властивостями експоненти, відношення

$\tau_b = \frac{S}{f}$ залишається незмінним для усього

періоду часу. Це відношення, за аналогією з перехідними процесами в електричних колах, будемо називати сталою часу відладгодження. Стала часу може бути знайдена або графічно, або за результатами апроксимації. Початкову кількість помилок можна обчислити за формулою

$$R_0 = \frac{q(t)}{1 - e^{-\frac{t}{\tau_b}}}. \quad (9)$$

Згідно з результатами обчислень по (8) та (9) побудований графік моделювання (суцільна лінія) на рис. 2 У зв'язку із виправленням помилок в ОІС вносилися нові вторинні дефекти, тому закон зміни кількості помилок у часі не повністю відповідає результатам моделювання. Вторинні дефекти збільшують кількість виявлених помилок у порівнянні з очікуваною. Тому перевищення кількості реально виявлених помилок над очікуваною можна трактувати як кількість внесених вторинних дефектів. Це перевищення наведено в останньому стовпці табл. 1.

З табл. 2 видно, що за період експлуатації було виявлено 585 помилок, серед яких є 174 вторинних. Таким чином, кількість вторинних помилок складає 29,7%, що підтверджує оцінку, наведену в [1].

Висновки

В статті показано, що моделювання з урахуванням вторинних дефектів не виявляється можливим, бо ми не в змозі передбачити факт внесення таких дефектів до ПЗ. Але, при незначній кількості вторинних дефектів є можливість застосувати традиційні моделі. При цьому результати моделювання будуть відрізнятися від реальних в менший бік. При

значних змінах ПЗ спостерігається різка зміна закону розподілу помилок у часі – крива розподілу чітко поділяється на кілька інтервалів. В цьому випадку теж можна скористатися традиційними моделями, виконуючи моделювання окремо для кожного інтервалу.

Показана аналогія між термодинамічною теорією переносу та структурними процесами в програмних системах. Використання теорії структурної динаміки програмних систем дозволяє проводити моделювання їх надійності.

Приведені дані моделювання виявлення помилок в ОІС «АгроКомплекс» та підтверджено попередні дані стосовно кількості внесених вторинних дефектів.

Перспективи досліджень

Структурна динаміка відкриває досить широкі перспективи подальших досліджень. Наведемо їх неповний перелік.

– При зменшенні кількості дефектів ПЗ частота їх виявлення буде падати. Деся повинна настати межа, де потік помилок перестане існувати, а кожне виявлення дефекту почне підкорятись законам теорії ймовірностей та статистичної термодинаміки. Перспективними вважаються, по-перше, встановлення кількісної характеристики такої межі. а, по-друге, моделювання надійності ПЗ при малій кількості дефектів.

– Процес внесення вторинних дефектів з точки зору структурної динаміки можна представити як зустрічний потік дефектів із зовнішнього середовища в ПЗ. В цьому випадку ми маємо накладання двох потоків помилок – основного та вторинного. Це відкриває шляхи моделювання процесу внесення вторинних дефектів як явища взаємодії цих двох потоків.

– Як вже відмічалось, в реальному житті можуть траплятися помилки й при оцінці самого факту виявлення невідповідності роботи ПЗ очікуваним вимогам. Це призведе до спотворення картини прояву дефектів та повинно бути предметом окремого дослідження.

– Завдяки аналогії між явищами переносу в різних середовищах відкривається можливість моделювання потоку помилок методами інших суміжних наук. Зокрема, потоку помилок може бути сопоставлений потік електричних зарядів, тобто. електричний струм. Це дозволяє використати для моделювання методи теоретичної електротехніки й розглядати процес виявлення дефектів як перехідний процес в електричних колах.

Як бачимо, запропонований підхід відкриває досить широкі перспективи подальших досліджень.

Література

1. Руденко А.А. Модели оценки надежности программных средств с учетом недетерминированного числа вторичных дефектов. / А.А. Руденко, О.Н. Одаруценко, В.С. Харченко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 6 (47). – С. 197-203.
2. Эткин В.А. Термокинетика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии): учебное пособие для вузов.- 2-е изд., переработанное и дополненное. / В.А. Эткин. – Тольятти, 1999. – 216 с.
3. Закон України «Про податок з доходів фізичних осіб» від 22.05.2003 N 889-IV / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003. – N 37. – 308 с.
4. Дульнев Г.Н. Процессы переноса в однородных средах. / Г.Н. Дульнев, В.В. Новиков. – Л.: Энергоатомиздат. 1991. – 248 с.
5. Антощук С.Г. Прогнозирование количества ошибок на этапе эксплуатации адаптируемых учетных информационных систем. / С.Г. Антощук, Д.А. Маевский, С.А. Яремчук // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 6(47). – С. 204-209.
6. Moranda P.B. Final Report of Software Reliability Study. / P.B. Moranda, J. Jelinski // *MDC Report № 63921*. Dec. 1972.
7. Wolverson R.W. Assessment of Software Reliability. / R.W. Wolverson, C. J. Shick // *TRW-SS-73-04*, September 1972.
8. Leventel Y. Reliability analysis of large software systems: defect data modeling / Y. Leventel // *IEEE Transaction on SE*. – 1990. – V. 16, N 2. – P. 141-152.
9. Талеб Н. Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости: пер. с англ. / Н.Н. Талеб. – М.: КоЛибри, 2010. – 528 с.
10. Маевський Д.А. Інформаційна система «АгроКомплекс» для бухгалтерського та оперативного обліку у сільському господарстві / Д.А. Маевський, Т.Я. Тінтулова, В.М. Антощук // *Аграрний вісник причорномор'я. Технічні науки: сб. науч. тр. Одеського державного аграрного університету*. – Вип. 48. – Одеса, 2009. – С. 151-156.

Надійшла до редакції 6.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна.

СТРУКТУРНАЯ ДИНАМИКА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ НАДЕЖНОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

Д.А. Маевский

Статья посвящена моделированию надежности программных систем с учетом вторичных дефектов. Введено понятие информационной структуры системы и информационной структуры ее предметной области. Вводится понятие дефекта как различия между этими двумя структурами. Указанное различие может возникнуть не только из-за некорректного программного кода системы, но и при изменении предметной области. Исправление ошибок рассматривается как динамический процесс изменения информационной структуры программного обеспечения, подобный процессам переноса в термодинамических системах. На основании этого предложены направления дальнейших исследований структурной динамики программных систем.

Ключевые слова: надежность систем, модели надежности программного обеспечения, программные ошибки, программные дефекты.

STRUCTURAL DYNAMICS OF PROGRAMMING SYSTEMS AND PROGNOSTICATION OF THEIR RELIABILITY AT PRESENCE OF SECONDARY DEFECTS

D.A. Maevsky

The article is devoted by the design of reliability of the programmatic systems taking into account secondary defects. The concept of informative structure of the system and informative structure of her subject domain is entered. The concept of defect as distinctions is entered between these two structures. The indicated distinction can arise up not only from the programmatic code of the system but also at the change of subject domain. The correction of errors is examined as a dynamic process of change of informative structure of software, similar to the processes of transfer in the thermodynamics systems. On the basis of it directions of further researches of structural dynamics of the programmatic systems are offered.

Keywords: reliability of the systems, models of reliability of software, software failures, programming defects.

Маевский Дмитрий Андреевич – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теоретичних основ та загальної електротехніки Одеського національного політехнічного університету, Одеса, Україна, e-mail: toe-onpu@ukr.net.