

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ,
НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

6(52) ' 2018

Заснований
у 2007 році

Наукове періодичне видання,
в якому відображені результати
наукових досліджень з розробки та
удосконалення систем управління,
навігації та зв'язку у різних
проблемних галузях.

Засновник:
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

Адреса редакційної колегії:
Україна, 36011, м. Полтава,
Першотравневий проспект, 24

Телефон: +38 (066) 706-18-30
(консультації, прийом статей).

E-mail:
kozolkovae@ukr.net

Інформаційний сайт:
<http://www.pntu.edu.ua>

Реферативна інформація
зберігається: у загальнодержавній
реферативній базі даних
„Україніка наукова“ та публікується
у відповідних тематичних серіях
УРЖ „Джерело“.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Заступники голови:

ШЕФЕР Олександр Віталійович (д-р техн. наук, доц., Україна)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (д-р техн. наук, доц., Україна)

Члени:

БЛАУНШТЕЙН Натан Олександрович (д-р техн. наук, проф., Ізраїль)

ВЕСОЛОВСЬКИЙ Кшиштоф (д-р техн. наук, проф., Польща)

ІЛЬІН Олег Юрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КОРОБКО Богдан Олегович (д-р техн. наук, доц., Україна)

КОШОВИЙ Микола Дмитрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛАДАНОК Анатолій Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛУНТОВСЬКИЙ Андрій Олегович (д-р техн. наук, проф., Німеччина)

МАШКОВ Віктор Альбертович (д-р техн. наук, проф., Чехія)

МАШКОВ Олег Альбертович (д-р техн. наук, проф., Україна)

МОРГУН Олександр Андрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ПОПОВ Валентин Іванович (д-р фіз.мат. наук, проф., Латвія)

СТАНКУНАС Йонас (д-р техн. наук, проф., Литва)

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ФРОЛОВ Євгеній Андрійович ((д-р техн. наук, проф., Україна)

ХОРОШКО Володимир Олексійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЧОРНИЙ Олексій Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ШЛОМЧАК Георгій Григорович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Відповідальний секретар:

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, проф., Україна)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

Журнал індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: Index Copernicus (Польща),
General Impact Factor (IC), Google Scholar (США), Academic Resource Index (EC), Scientific Indexed Service (США).

Затверджений до друку вченою радою Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка (протокол № 9 від 13 грудня 2018 року)

Занесений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук" (технічні науки) строком на п'ять років
(від дати включення наказом Міністерства освіти і науки України) від 24.10.2017 № 1413 (додаток 7, п. 31)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

З М І С Т

НАВІГАЦІЯ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Герасимов С. В., Козамійцев О. В., Пустоваров В. В.</i> Особливості визначення точності вимірювань інерціальних приладів визначення координат	3
<i>Зуби А. О.</i> Розробка методу компактного зберігання полів висот у геоінформаційних системах та імітаційно-тренажерних комплексах БПЛА	9
<i>Остроушов І. В.</i> Аналіз перспективних систем зональної навігації	14
<i>Худов Г. В., Маковейчук О. М., Хісмяк І. А., Соломоненко Ю. С., Юзова І. Ю.</i> Метод виділення об'єктів міської забудови на зображеннях бортових систем оптико-електронного спостереження з використанням перетворення Хафа	20

КОНТРОЛЬ КОСМІЧНОГО ТА ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

<i>Павленко М. А., Шило С. Г., Бороженець І. О., Дмитрієв О. М.</i> Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом	25
<i>Сурков К. Ю.</i> Декомпозиція діяльності диспетчерів управління повітряним рухом в адаптивній тренажерній системі	30
<i>Худов Г. В., Місюк Г. В., Олексенко О. О., Райков Р. Ю., Бєзрубенко О. О., Добрян В. Ю.</i> Аналіз існуючих шляхів підвищення ефективності виявлення малорозмірних повітряних об'єктів радіолокаційними засобами контролю повітряного простору	38

ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

<i>Зубко І. А.</i> Алгоритм перевірки працездатності компонента функціонально-орієнтованої системи спеціального призначення	44
<i>Коржов І. М.</i> Загальне формулювання задачі функціональної діагностики для моделей параметричної дискримінації	48

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

<i>Денисенко О. В.</i> До питання підвищення ефективності світлофорного регулювання	53
---	----

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ

<i>Hafizak A., Borodina E., Diachenko-Vohun A.</i> Application of genetic programming tools as a means of solving optimization problems	58
<i>Дубинський В. Ю., Кобылин А. М., Кобылин О. А.</i> Определение предельной абсолютной и относительной погрешности вычисления основных типов индексов потребительских цен	61
<i>Іванець Г. В., Толкунов І. О.</i> Комплексна модель прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій в державі	68
<i>Руденко О. А., Руденко З. М., Головки Г. В., Одарущенко О. Б.</i> Знаходження параметрів скоригованої лінії експоненціальної апроксимації експериментальних даних виявлених дефектів при оцінюванні кількості вторинних дефектів програмних засобів	74
<i>Рысованный А. Н.</i> Метод синтеза нелинейных генераторов псевдослучайной последовательности на основе использования первого состояния матрицы состояний в конечном поле GF(3)	79

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Глазачова Ю. М., Каміцева О. В.</i> Ідентифікація текстового плагіату в академічних документах	83
<i>Гороховатський В. О., Гадецька С. В., Пономаренко Р. П.</i> Статистичні розподіли та ландшафтне подання даних при визначенні релевантності структурних описів візуальних об'єктів	87
<i>Горошко А. І., Демиденко М. І.</i> Програмно-апаратний комплекс по вимірюванню зорової втоми людини	93
<i>Гребенюк Д. С.</i> Аналіз методів розподілення ресурсів у середовищах віртуалізації	98
<i>Дмитренко Т. А., Деркач Т. Н., Дмитренко А. О., Івасько І. А.</i> Розробка модуля управління науковою та науково-технічною діяльністю кафедри для інформаційної інтелектуальної системи "портал-кафедра"	104
<i>Рудинський В. М., Лада Н. В., Федотова-Півень І. М., Пустовіт М. О., Несмеренко О. Б.</i> Побудова двохранових двоопераційних операцій строгого стійкого криптографічного кодування	113
<i>Серпухов О. В., Макогон О. А., Новік С. А., Клімов О. П., Ковальов І. О., Бателюк В. М.</i> Дослідження моделі міжнародного інформаційного простору з метою пошуку ефективних механізмів захисту національного інформаційного суверенітету	116
<i>Чада О. В.</i> Принципи автоматизованої побудови та використання темпоральної бази знань для підтримки прийняття рішень з управління підприємством	122
<i>Шушка П. М., Філоненко А. М.</i> Огляд проблемно-орієнтованих мов програмування для паралельного аналізу статичних графів	126

ЗВ'ЯЗОК

<i>Киякєва Н. О., Катумба І. В.</i> Використання базових структурних характеристик мережі невизначеної топології для оцінки її структурної надійності	130
<i>Семко О. В.</i> Логіко-семантична модель управління маршрутизацією потоків даних в сенсорних мережах	135
<i>Shefer O., Ichanska N., Topikha B., Shefer V.</i> The ways of technical realization of adaptive algorithm of compensation of non-linear distortions of radio devices	140

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	144
----------------------------------	-----

О. А. Руденко¹, З. М. Руденко², Г. В. Головка¹, О. Б. Одарущенко³

¹Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

²Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

³Полтавська державна аграрна академія, Полтава, Україна

ЗНАХОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СКОРИГОВАНОЇ ЛІНІЇ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ВИЯВЛЕНИХ ДЕФЕКТІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ КІЛЬКОСТІ ВТОРИННИХ ДЕФЕКТІВ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

У статті проведено аналіз місця характеристики надійності програмного забезпечення в структурі моделей якості програмного забезпечення. Визначено, що в ієрархічній структурі більшості моделей якості програмного забезпечення характеристика надійності є першою підхарактеристикою характеристики якості. Виділені п'ять принципів урахування вторинних дефектів програмних засобів. Для урахування вторинних дефектів програмних засобів використовуються: теорія динаміки програмних систем, у якій процеси прояву дефектів у програмних засобах розглядаються як результат дії детермінованих потоків дефектів; теорія часових рядів, де виділяються вторинні дефекти із загального потоку дефектів; імітаційне моделювання; модифікація функцій ризику моделей оцінки надійності програмних засобів та функцій, що характеризують параметри цих моделей, внесенням ймовірнісних коефіцієнтів; модифікація функцій ризику моделей оцінки надійності програмних засобів шляхом внесення параметра, що визначає число вторинних дефектів, який визначається порівнянням значень полігона частот дефектів з відповідними значеннями функції регресії. Проаналізовано поняття недосконалого відлагодження програмного забезпечення у контексті урахування вторинних дефектів. Обґрунтовано вибір експоненціальної апроксимації полігона частот виявлених дефектів програмних засобів. Наведено приклади моделей оцінки надійності програмних засобів, функції ризику яких містять експоненціальну складову. Розглянуто послідовність знаходження коефіцієнтів функції, одержаної в результаті зміщення лінії експоненціальної апроксимації полігона частот виявлених дефектів програмних засобів. Показано застосування одержаних коефіцієнтів для методики оцінювання числа вторинних дефектів, що ґрунтується на порівнянні даних статистики числа дефектів і даних зміщеної лінії експоненціальної апроксимації полігона частот дефектів. Одержані рівняння скоригованої лінії експоненціальної апроксимації для вибірок малих і великих об'ємів. Одержані формули для обчислення числа вторинних дефектів на часових інтервалах без урахування та із урахуванням поправки Бесселя.

Ключові слова: якість програмного забезпечення, надійність програмного забезпечення, дефект, вторинний дефект, недосконале відлагодження, експоненціальна апроксимація, полігон частот дефектів, модель оцінки надійності програмних засобів, скоригована лінія експоненціальної апроксимації, поправка Бесселя.

Вступ

Розвиток інформаційних технологій та їх широке впровадження у різні сфери життя людини висуває підвищені вимоги до забезпечення високої якості програмних засобів, що експлуатуються.

Вимоги до програмного забезпечення, що постійно зростають, приводять до появи нових моделей якості програмного забезпечення. В роботі [1] проведено порівняльний аналіз усіх найбільш значущих моделей якості програмного забезпечення за період часу, що складає понад сорок років, та дослідження їх змін. Моделі якості програмного забезпечення мають ієрархічну структуру характеристик та відношень між ними. На першому (вищому) рівні ієрархії знаходиться якість, на другому її характеристика, на третьому підхарактеристики (деякі моделі містять четвертий рівень). Серед розглянутих дев'яти основних моделей якості у шести надійність знаходиться на другому рівні ієрархії [1], а у моделі Дромера [2] є підхарактеристикою всіх характеристик другого рівня ієрархії. Крім того, нова модель якості, що відображає особливості забезпечення і оцінювання якості сучасних програмних засобів, яка описана у міжнародному спеціалізованому стандарті

ISO 25010 [3], містить характеристику надійності на другому рівні ієрархії. Тому надійність є одним з ключових факторів, що забезпечують якість програмного забезпечення. Водночас важливе значення має оцінка надійності програмного забезпечення, що враховує фактори усіх етапів життєвого циклу програмних продуктів. Одним з таких факторів є фактор вторинних дефектів – дефектів, що вносяться у процесі усунення виявлених (первинних) дефектів програмних засобів. При знаходженні показників надійності неврахування фактора вторинних дефектів може привести до значних відхилень одержаних результатів від реальних, або навіть повної неадекватності цих результатів.

Відомі п'ять принципів врахування вторинних дефектів:

- теорія динаміки програмних систем [4-6];
- виділення вторинних дефектів із загального потоку дефектів з використанням теорії часових рядів [7];
- використання імітаційного моделювання [8];
- модифікація функції ризику моделі оцінки надійності програмного засобу шляхом внесення в неї ймовірнісних коефіцієнтів, що характеризують вторинні дефекти [9];

– оцінка числа вторинних дефектів на часових інтервалах шляхом порівняння значень тренда дефектів з відповідними значеннями функції регресії для подальшого використання одержаних результатів у модифікованих (шляхом внесення у функцію ризику моделі параметра, що характеризує число вторинних дефектів) моделях оцінки надійності програмних засобів [10].

У ряді робіт [11-13] розроблені моделі, що характеризують параметри недосконалого відлагодження програмного забезпечення. У статті [11] запропоновано імітаційний підхід до моделювання процесу виявлення дефектів і процесу їх корекції. У роботі [12] розглядаються процеси виявлення та усунення дефектів з урахуванням функції тестування зусиль і недосконалого відлагодження. У статті [13] запропонована модель надійності програмного забезпечення, що пов'язує явище недосконалого

відлагодження і навчання загальним параметром між двома функціями. Фактор вторинних дефектів іноді враховується в комплексі з іншими факторами, що визначають недосконале відлагодження, але не виділяється окремо.

Мета статті – визначення коефіцієнтів скоригованої лінії експоненціальної апроксимації статистичних даних числа виявлених дефектів програмних засобів для оцінки числа вторинних дефектів на часових інтервалах.

Основна частина

Вибір експоненціальної апроксимації зумовлений тим, що значна кількість моделей оцінки надійності програмних засобів включає параметри, що описуються за допомогою рівностей, які містять експоненту. Приклади таких моделей наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Моделі, що містять експоненціальну складову

Модель	Формула	Параметри моделі
Муус-Гамільтона [15]	$m = E_0(1 - e^{-C/E_0 T_0})$	m – число відмов (виявлених дефектів); T_0 – напрацювання між відмовами перед початком налагодження або експлуатації, E_0 – початкове число дефектів, C – коефіцієнт пропорційності
Шнайденіца [16]	$\lambda(t) = B e^{-K t}$	$\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; t – порядковий номер інтервалу; $B > 0$, $K > 0$ – константи моделі
Базова S-подібна модель [17]	$\lambda(t) = B K^2 t e^{-K t}$	$\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; B , $K > 0$ – параметри моделі
Охба [18]	$\lambda(t) = a b^2 t e^{-b t}$	$\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; a – початкове число дефектів у програмному засобі; b – інтенсивність усунення дефектів

Крім того, багато параметрів, що характеризують надійність програмних засобів, обчислюються за допомогою формул, які містять експоненціальну складову.

Надійність систем, що не відновлюються, визначається величинами:

– ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \tag{1}$$

де $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов – основний показник надійності складних систем;

– середній час безвідмовної роботи

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt \tag{2}$$

та рядом інших величин, котрі безпосередньо пов'язаних із зазначеними [14].

Методика оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів

Вихідними даними для оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів є статистичні дані числа виявлених дефектів.

Створюється дискретний варіаційний ряд частот виявлених дефектів, варіантами якого є кінці

рівновіддалених часових інтервалів, на які розбивається весь час процесу виявлення дефектів.

Оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів здійснюється у наступній послідовності.

1 Будується полігон частот дефектів, що є ламаною, яка послідовно сполучає точки з координатами $(t_i; n_i)$, де t_i – час, що відповідає кінцю i -го інтервалу часу; n_i – число дефектів, виявлених за i -й інтервал часу.

2 Проводиться експоненціальна апроксимація одержаного полігона частот і визначається рівняння лінії апроксимації.

3 Підстановкою в одержане рівняння експоненціальної апроксимації t_1 і t_k визначаються точки

$$(t_1; n_1) \text{ і } (t_k; n_k),$$

де t_1 – час, що відповідає кінцю першого інтервалу часу; t_k – час, що відповідає кінцю останнього інтервалу часу; n_1 , n_k – відповідні значення апроксимуючої функції.

4 Визначається точка з координатами

$$(t_1; n_1 - \sigma),$$

де σ – середнє квадратичне відхилення числа виявлених дефектів.

5 Знаходиться рівняння скоригованої лінії експоненціальної апроксимації. Для цього у рівняння експоненти

$$n = \alpha \exp(-\beta t) \quad (3)$$

замість n і t підставляються координати таких точок:

$$(t_1; n_1 - \sigma) \text{ і } (t_k; n_k).$$

У результаті одержується система рівнянь

$$\begin{cases} n_1 - \sigma = \alpha \exp(-\beta t_1) \\ n_k = \alpha \exp(-\beta t_k) \end{cases} \quad (4)$$

Поділивши перше рівняння системи (4) на друге одержуємо

$$\frac{n_1 - \sigma}{n_k} = \exp(\beta(t_k - t_1)) \quad (5)$$

Прологарифмувавши (5) знаходимо β

$$\beta = \frac{1}{t_k - t_1} \ln \frac{n_1 - \sigma}{n_k} \quad (6)$$

Переписавши друге рівняння системи (4) у вигляді

$$\alpha = n_k \exp(\beta t_k) \quad (7)$$

підставимо (6) замість β .

Одержуємо

$$\alpha = n_k \exp \left(t_k \ln \left(\frac{n_1 - \sigma}{n_k} \right)^{\frac{1}{t_k - t_1}} \right) \quad (8)$$

Після спрощень (8) маємо

$$\alpha = n_k \left(\frac{n_1 - \sigma}{n_k} \right)^{\frac{t_k}{t_k - t_1}} \quad (9)$$

Знайдемо $\exp(-\beta t)$ підставивши вираз (6) замість β .

$$\exp(-\beta t) = \exp \left(- \frac{1}{t_k - t_1} \ln \frac{n_1 - \sigma}{n_k} t \right), \quad (10)$$

або після спрощень

$$\exp(-\beta t) = \left(\frac{n_1 - \sigma}{n_k} \right)^{\frac{t}{t_k - t_1}} \quad (11)$$

Підставивши в рівняння експоненти (3) вирази (9) і (11) одержуємо рівняння скоригованої лінії експоненціальної апроксимації

$$n = n_k \left(\frac{n_1 - \sigma}{n_k} \right)^{\frac{t_k - t}{t_k - t_1}} \quad (12)$$

Число вторинних дефектів на кожному часовому інтервалі визначається за формулою

$$n^{BH} = n_i - n_i^*, \quad i = \overline{1, k}, \quad (13)$$

де n_i – число дефектів, виявлених за i -й інтервал часу, n_i^* – значення скоригованої лінії експоненціальної апроксимації у моменті часу t_i .

Або, враховуючи (12)

$$n^{BH} = n_i - n_k \left(\frac{n_1 - \sigma}{n_k} \right)^{\frac{t_k - t_i}{t_k - t_1}}, \quad (14)$$

де $t_i (i = \overline{1, k})$ – час, що відповідає кінцю i -го інтервалу часу.

Результат, обчислений за формулою (14), округлюється до цілих, n^{BH} вважається рівним нулю, якщо отримується від'ємне значення.

Вибір величини середнього квадратичного відхилення як міри відхилення лінії експоненціальної апроксимації від скоригованої лінії експоненціальної апроксимації у момент часу t_1 на величину σ (рис. 1) обумовлюється тим, що середнє квадратичне відхилення характеризує міру розсіяння значень випадкової величини відносно середнього.

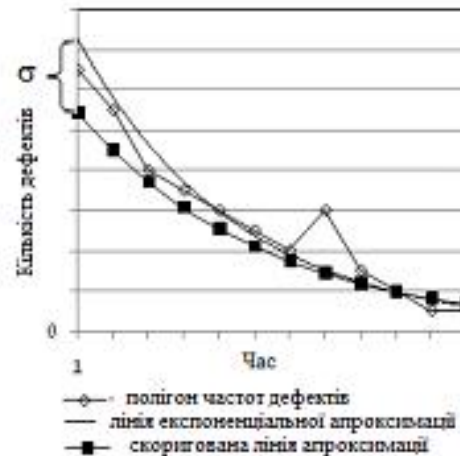


Рис. 1. Полігон частот дефектів, лінійна експоненціальна апроксимація та скоригована лінійна експоненціальна апроксимація

Зменшення різниці між відповідними значеннями апроксимуючої лінії і скоригованої лінії апроксимації із збільшенням t_i пов'язане з тим, що на початкових етапах тестування програмних засобів більша ймовірність внесення вторинних дефектів, оскільки більше число виявлених дефектів і, відповідно, проводиться більше дій, спрямованих на їх

усунення. У момент часу t_k ці значення співпадають. Це пояснюється припущенням, що на останньому етапі тестування всі виявлені дефекти усунути.

Приклад застосування методик оцінювання числа вторинних дефектів на основі порівняння значень функції експоненціальної апроксимації та функції скоригованої лінії експоненціальної апроксимації наведений у роботі [19] без урахування одержаних формул.

При невеликих вибірках числа дефектів для розрахунку середнього квадратичного відхилення вводять поправку Бесселя. Відповідно, формула (12) набуде вигляду

$$n = n_k \left(\left(n_j - \sqrt{\frac{N}{N-1}} \sigma \right) / n_k \right)^{\frac{n_k - t_j}{n_k - t_j}}, \quad (15)$$

де N – об'єм вибірки.

Формула (14) з урахуванням поправки Бесселя матиме вигляд

$$n^{BH} = n_j - n_k \left(\left(n_j - \sqrt{\frac{N}{N-1}} \sigma \right) / n_k \right)^{\frac{t_k - t_j}{n_k - t_j}}. \quad (16)$$

Для вибірок об'єму $N > 30$ зміщене середнє квадратичне відхилення мало відрізняється від незміщеного, тому в поправці Бесселя немає необхідності [20].

Висновки

Одержані формули для оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів на основі порівняння значень експоненціальної апроксимуючої функції полігона дефектів та зміщеної лінії експоненціальної апроксимації без урахування та з урахуванням поправки Бесселя.

Результати узгоджуються з раніше отриманими результатами за допомогою порівняння значень полігона частот дефектів з відповідними значеннями лінії регресії, але використання одержаного аналітичного виразу значно спрощує обчислювальний процес.

Подальшими напрямками досліджень, спрямованих на оцінку числа вторинних дефектів за статистичними даними є аналіз припущень та аналітичних функцій ризику моделей, що не містять експоненціальної складової та використання інших видів апроксимуючих функцій, а також урахування величини достовірності апроксимації при розрахунках.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гордеев А. А. Эволюция моделей качества программного обеспечения: методика и результаты анализа в контексте стандарта ISO 25010 / А. А. Гордеев, В. С. Харченко // Системы обработки информации. – 2013. – №6(113), С. 15-34.
2. Dromey G. R. A model for software product quality // IEEE Trans. on software Eng. – 1995. Vol.21, no. 2, pp.146-162.
3. International standard ISO/IEC FDIS 25010. System and software quality models. – 2010, 34 p.
4. Маевський Д.А. Структурна динаміка програмних систем і прогнозування їх надійності при наявності вторинних дефектів / Д.А. Маевський // Радіоелектроніка і комп'ютерні системи. – 2010. – № 3 (44). – С. 103-109.
4. CASE-оценка критических программных систем. Т. 2. Надежность [Монография] / Одарущенко О.Н., Харченко В.С., Маевский Д.А. и др. – Под ред. Харченко В.С. – X.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАН", 2012. – 292 с.
5. Maevsky D. A. Software reliability. Non-probabilistic approach / D. A. Maevsky, H. D. Maevskaya, A. A. Leonov // RT&A # 03 (26) – 2012, P. 8-20.
6. Маевський Д. А. Использование теории временных рядов для выделения вторичных ошибок на этапе тестирования программного обеспечения / Д.А. Маевський, О.П. Жевов // Радіоелектроніка і комп'ютерні системи. – 2011. – № 2 (16). – С. 82-85.
7. Мищенко В.О. Термодинамический подход к моделированию процесса роста надежности программных средств с учетом вторичных дефектов // В.О.Мищенко // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». – 2015. – Вип. 28. – С. 91-106.
8. Mahapatra G.S. Modified Jelinski-Moranda Software Reliability Model with Imperfect Debugging Phenomenon / G. S. Mahapatra, P. Roy // International Journal of Computer Applications – 2012. – № 18 – P. 38-46.
9. Одарущенко О.Н. Метод оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів / О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко, В.С. Харченко // Радіоелектроніка і комп'ютерні системи. – 2012. – № 7 (59). – С. 294-300.
10. Peng R., Liu J. Simulated Software Testing Process Considering Debuggers with Different Detection and Correction Capabilities. International Journal of Performability Engineering, Vol. 13, no. 3, 2017, 334-336
11. Peng R, Li YF, Zhang WJ, Hu QP. Testing effort dependent software reliability model for imperfect debugging process considering both detection and correction. Reliability Engineering & System Safety. 2014; 126: 37-43.
12. Pham H. An Imperfect-debugging Fault-detection Dependent-parameter Software. International Journal of Automation and Computing. 2007; 04(4): 325-328.
13. Половко А.М. Основы теории надежности. / А.М. Половко, С.В. Гуров – СГ БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
14. Hamilton P.A., Musa J.D. Measuring reliability of Computation Center Software // Proc.3-thInternat. Conf. on Software. Eng. May 10-12 1978. – P.29-36.
15. Schneidewind N. F. Software Reliability Model with Optimal Selection of Failure Data // IEEE Transactions on Software Engineering. - 1993. - Vol. 19, No. 11. Nov. - P. 1095-1104.
16. Yamada S., Ohba M., Osaki S. S-shaped software reliability grows modeling for software error detection // IEEE Trans. Reliability. - 1983. - R-32. - № 5. - P. 475-518.

17. Ohba M. Software Reliability Models // IBM J. Res. Develop. - 1984. - 28. - № 4. - P. 428-443.
18. Rudenko O., Odarushchenko E., Rudenko Z., Rudenko M., "The Secondary Software Faults Number Evaluation Based on Correction of the Experimental Data Exponential Line Approximation", Conference Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies DESSERT'2018, Kyiv, 2018, pp. 401-405.
19. Мармола А.Т. Практикум по математической статистике: Учеб. пособие / А.Т. Мармола - К.: Выща шк., 1990. - 191 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. А. Краснобага,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків
Received (Надійшла) 03.10.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.11.2018

**Нахождение параметров
скорректированной линии экспоненциальной аппроксимации экспериментальных
данных выявленных дефектов при оценке числа вторичных дефектов программных средств**

А. А. Руденко, З. Н. Руденко, Г. В. Головки, Е. Б. Одарушченко

В статье проведен анализ места характеристики надежности программного обеспечения в структуре моделей качества программного обеспечения. Определено, что в иерархической структуре большинства моделей качества программного обеспечения характеристика надежности является первой подхарактеристикой характеристики качества. Выделены пять принципов учета вторичных дефектов программных средств. Для учета вторичных дефектов программных средств используется: теория динамики программных систем, в которой процессы проявления дефектов в программных средствах рассматриваются как результат действия детерминированных потоков дефектов; теория временных рядов, где выделяются вторичные дефекты из общего потока дефектов; имитационное моделирование; модификация функций риска моделей оценки надежности программных средств и функций, характеризующих параметры этих моделей, внесением вероятностных коэффициентов; модификация функций риска моделей оценки надежности программных средств путем внесения параметра, определяющего число вторичных дефектов, который определяется сравнением значений полигона частот дефектов с соответствующими значениями функции регрессии. Проанализировано понятие несовершенной отладки программного обеспечения в контексте учета вторичных дефектов. Обоснован выбор экспоненциальной аппроксимации полигона частот выявленных дефектов программных средств. Приведены примеры моделей оценки надежности программных средств, функции риска которых содержат экспоненциальную составляющую. Рассмотрена последовательность нахождения коэффициентов функции, полученной в результате смещения линии экспоненциальной аппроксимации полигона частот выявленных дефектов программных средств. Показано применение полученных коэффициентов для методики оценки числа вторичных дефектов, которая строится на сравнении данных статистики числа дефектов и данных смещенной линии экспоненциальной аппроксимации полигона частот дефектов. Получены уравнения скорректированной линии экспоненциальной аппроксимации для выборок малых и больших объемов. Получены формулы для вычисления числа вторичных дефектов на временных интервалах без учета и с учетом поправки Бесселя.

Ключевые слова: качество программного обеспечения, надежность программного обеспечения, дефект, вторичный дефект, несовершенная отладка, экспоненциальная аппроксимация, полигон частот дефектов, модель оценки надежности программных средств, скорректированная линия экспоненциальной аппроксимации, поправка Бесселя.

**Finding the parameters
of the corrected line of exponential approximation of the experimental data
of the detected faults during estimating the number of secondary faults of the software**

O. Rudenko, Z. Rudenko, G. Golovko, O. Odarushchenko

The article analyzes the location of the characteristic reliability of the software in the structure of software quality models. It has been determined that in the hierarchical structure of most software quality models, the reliability characteristic is the first characterization characteristics of quality. There are five principles for recording secondary faults of software. To account for secondary faults of software means: the theory of dynamics of software systems, in which the processes of manifestation of faults in software are considered as the result of the action of deterministic faults streams; the theory of time series, which distinguish secondary faults from the general flow of faults; simulation modeling; modification of the risk functions of models for assessing the reliability of software and functions that characterize the parameters of these models, the introduction of probability coefficients; Modification of the risk functions of software reliability evaluation models by introducing a parameter that determines the number of secondary faults, which is determined by comparing the values of the fault frequency polygon with the corresponding values of the regression function. The concept of imperfect software debugging in the context of accounting for secondary faults is analyzed. The choice of the exponential approximation of the frequency range of detected software faults is grounded. Examples of models for assessing the reliability of software tools whose risk features contain an exponential component are given. The sequence of finding the coefficients of the function obtained as a result of displacement of the exponential approximation line of the frequency range of detected faults of software is considered. The application of the obtained coefficients for the method of estimating the number of secondary faults is shown. This method is based on a comparison of the statistics of the number of faults and the displaced line data of the exponential approximation of the fault frequency polygon. The equations of the corrected exponential approximation line for the samples of small and large volumes are obtained. Formulas have been obtained for calculating the number of secondary faults on time intervals without account and taking into account the Bessel correction.

Keywords: software quality, software reliability, fault, secondary fault, imperfect debugging, exponential approximation, defect frequency polygon, software reliability evaluation model, corrected exponential approximation line, Bessel correction.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Базелюк В. М.	116	Іванець Г. В.	68	Пустоваров В. В.	3
Безклубенко О. О.	38	Івасько І. А.	104	Пустовіт М. О.	113
Бородіна О. А.	58	Ічанська Н. Г.	140	Райков Р. Ю.	38
Борозенець І. О.	25	Каніщева О. В.	83	Рисованій О. М.	79
Гадецька С. В.	87	Клімов О. П.	116	Руденко З. М.	74
Гафіяк А. М.	58	Князева Н. О.	130	Руденко О. А.	74
Герасимов С. В.	3	Кобилін А. М.	61	Рудницький В. М.	113
Главчева Ю. М.	83	Кобилін О. А.	61	Семко О. В.	135
Головко Г. В.	74	Ковальов І. О.	116	Серпухов О. В.	116
Гороховатський В. О.	87	Коломійцев О. В.	3	Соломоненко Ю. С.	20
Горошко А. І.	93	Колумба І. В.	130	Сурков К. Ю.	30
Гребенюк Д. С.	98	Коржов І. М.	48	Толкунов І. О.	68
Демиденко М. І.	93	Лада Н. В.	113	Топіха Б. В.	140
Денисенко О. В.	53	Маковейчук О. М.	20	Федотова-Півень І. М.	113
Деркач Т. Н.	104	Макогон О. А.	116	Філошенко А. М.	126
Дмитренко А. О.	104	Місюк Г. В.	38	Хижняк І. А.	20
Дмитренко Т. А.	104	Нестеренко О. Б.	113	Худов Г. В.	20, 38
Дмитрієв О. М.	25	Новік С. А.	116	Чала О. В.	122
Добряв В. Ю.	38	Одарущенко О. Б.	74	Шефер О. В.	140
Дубницький В. Ю.	61	Олексенко О. О.	38	Шефер В. О.	140
Дяченко-Богун А.О.	58	Остроумов І. В.	14	Шило С.Г.	25
Зубко І. А.	44	Павленко М. А.	25	Шутка П. М.	126
Зуєв А. О.	9	Пономаренко Р. П.	87	Юзова І. Ю.	20

Наукове видання

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Збірник наукових праць

Випуск 6 (52)

Відповідальна за випуск *К. С. Козелкова*Технічний редактор *Т. В. Уварова*Коректор *О. В. Морозова*Комп'ютерна верстка *Н. Г. Кучук*Оформлення обкладинки *І. В. Ільїна*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 18,0. Тираж 150 прим. Зам. 1213-18

Адреса редакції: Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, тел. (066) 706-18-30
Полтавський національний технічний університет імені Юрія КондратюкаВіддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Зашис № 2480000000106167 від 08.01.2009.61144, м. Харків, вул. Гв. Шаровішкія, 79а, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabrik@mail.ua