

ИНТЕРВАЛЬНОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

В.Ю. Дубницкий¹, А.М. Кобылин¹, И.А. Супрун²

(¹Харьковский банковский институт УАБД НБУ,

²Харьковский национальный университет радиоэлектроники)

В работе предложено для оценки надежности и эффективности компьютерных программ использовать интервальные вычисления. Описан специализированный программный калькулятор для определения оценок эффективности программного обеспечения, использующий модели Мусы, гиперэкспоненциальную, Лапри. Приведены примеры решения задач.

интервальное вычисление, эффективность тестирования, компьютерные программы

Постановка задачи. Одной из существенных задач в разработке программного обеспечения является его тестирование на наличие ошибок (так называемых багов). Это обусловлено тем, что на качество программного продукта может влиять достаточно много факторов. Они варьируют в зависимости от назначения программного продукта, сложности поставленной задачи, объемности и других причин. Очень часто их характеристики имеют высокий уровень нестохастической неопределенности. Например: неточная (не совсем точная) работа программы из-за неверного понимания технического задания, или сбои при непредусмотренных исключительных ситуациях, которые существенно влияют на работу всей программы. Их трудно прогнозировать в количественной форме. Адекватным математическим аппаратом для количественного анализа тестирования компьютерных программ в таких условиях служит аппарат интервальных вычислений.

Анализ литературы. В предыдущей работе авторов [1] были изложены сведения об использовании этого аппарата для оценки эффективности конверсионных банковских операций и операций с ценными бумагами. С целью повышения скорости принятия решений авторами разработан специализированный программный калькулятор, который реализует основные аксиомы интервальной арифметики, приведенные в работе [2]. В данном сообщении рассмотрено обобщение методов интервальной арифметики для интервального вычисления эффективности тестирования компьютерных программ.

Цель исследования. Разработка математического и программного обеспечения для определения в интервальной форме эффективности тестирования программ. Теоретические основы численного анализа этих операций и обоснование способов вычисления их эффективности приведены в работе [3].

Интервальное оценивание эффективности модели Мусы. Допущение модели:

- 1) модель учитывает два времени функционирования;
- 2) суммарное время функционирования τ , которое отсчитывается в ходе разработки программы вплоть до оценки надежности;
- 3) интенсивность отказов пропорциональна числу неустранимых отказов N ;
- 4) скорость изменения числа устранимых дефектов, измеряемая относительно времени функционирования, пропорциональна интенсивности отказов;
- 5) в процессе устранения обнаруженных дефектов могут быть внесены новые дефекты;
- 6) в процессе устранения обнаруженных дефектов могут быть выявлены и устранены еще не проявившиеся дефекты;
- 7) не все дефекты могут быть устранены.

Интенсивность отказов определяется по формуле

$$z(t) = \frac{1}{T_0} \exp(-Ct(B_0T_0)), \quad (1)$$

где B_0 – ожидаемое число отказов в программном обеспечении (ПО); T_0 – средняя наработка на отказ в начале испытаний; C – коэффициент сжатия тестов (в простейшем случае $C = 1$), учитывающий, что при тестировании дефекты в ПО проявляются чаще, чем при эксплуатации; t – время эксплуатации.

Формула будет рассчитана следующим образом, в интервальном виде расписываются все величины (B_0, T_0, C, t):

$$A_{10} := [B_{0(н)}; B_{0(в)}] * [T_{0(н)}; T_{0(в)}]; \quad A_{11} := [-1; -1] * [C_{(н)}; C_{(в)}] * [t_{(н)}; t_{(в)}];$$

$$A_{12} := A_{11} / A_{10}; \quad A_{13} := \exp^{(A_{12})}; \quad A_{14} := [1; 1] / [T_{0(н)}; T_{0(в)}]; \quad A_{15} := A_{14} * A_{13}.$$

Пример расчета приведен на рис. 1.

Интервальное оценивание эффективности модели основной гиперэкспоненциальной. Допущения модели:

- 1) ПО тестируется в условиях, близким к реальным условиям эксплуатации;
- 2) число дефектов, выявленных на временном интервале, пропорционально текущему числу невыявленных дефектов;

- 3) новые дефекты в процессе корректировки не вносятся; степень обнаружения дефектов равна константе на интервале между проявлениями дефектов;
- 4) степень обнаружения дефектов равна константе на интервале между проявлениями дефектов;
- 5) проявления всех дефектов происходит независимо друг от друга;
- 6) суммарное (кумулятивное) число проявлений дефектов на временном интервале подчиняется пуассоновскому процессу;
- 7) дефекты ПО делятся на K классов, для каждого из которых допущения верхних уровней применяются в отдельности.

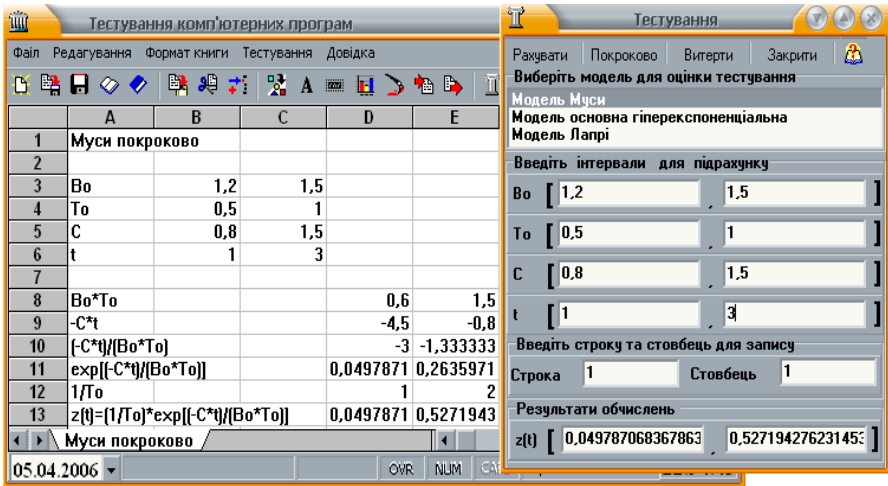


Рис. 1. Пример расчета модели Муся

Интенсивность отказов определяется по формуле

$$\lambda(t) = a \sum_{i=1}^K p_i b_i \exp^{-b_i t}, \quad (2)$$

где p_i – весовой коэффициент, характеризующий интенсивность обнаружения дефектов i -го класса, $\sum p_i = 1$; b_i – интенсивность удаления дефектов i -го класса; a – число дефектов, присутствующих в ПО в начале фазы тестирования; t – время эксплуатации.

Формула будет рассчитана следующим образом, в интервальном виде расписываются величины: p_i , b_i , a , t ; k не расписываем, потому что это индекс:

$$A_{(i)16} := [-1;-1]*[b_{i(n)}; b_{i(b)}] * [t_{(H)}; t_{(B)}]; \quad A_{(i)17} := \exp^{(A_{(i)16})};$$

$$A_{(i)18} := [p_{i(H)}; p_{i(B)}] * [b_{i(H)}; b_{i(B)}]; \quad A_{(i)19} := A_{(i)18} * A_{(i)17};$$

$$A_{20} := \sum_{i=1}^K A_{(i)19}; \quad A_{21} := [a_{(H)}; a_{(B)}] * A_{20};$$

Пример расчета приведен на рис. 2.

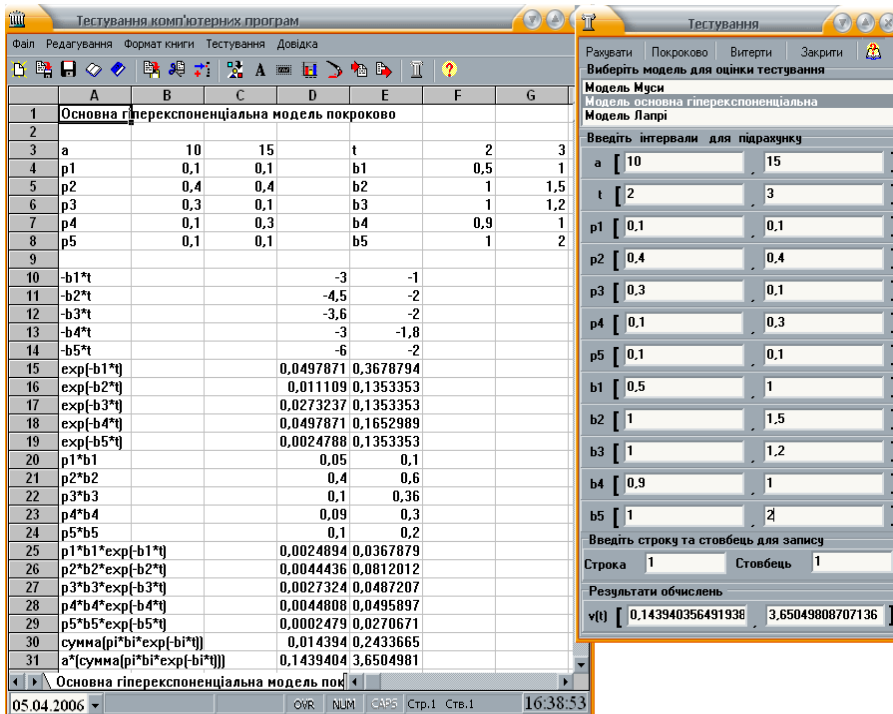


Рис. 2. Пример расчета эффективности для основной гиперэкспоненциальной модели

Интервальное оценивание эффективности модели Лапри. Допущения модели:

- 1) ПО тестируется в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации;
- 2) число дефектов, выявленных на временном интервале, пропорционально текущему числу не выявленных дефектов;
- 3) степень обнаружения дефектов происходит независимо друг от друга;
- 4) новые дефекты в процессе корректировки не вносятся;
- 5) проявление всех дефектов происходит независимо друг от друга;
- 6) суммарное (кумулятивное) число проявлений дефектов на временном интервале подчиняется пуассоновскому процессу;

7) дефекты ПО делятся на два класса (серьезные и тривиальные). Интенсивность отказов определяется по формуле

$$\lambda(t) = \frac{p_1 \xi_1 \exp(-\xi_1 t) + p_2 \xi_2 \exp(-\xi_2 t)}{p_1 \exp(-\xi_1 t) + p_2 \exp(-\xi_2 t)}, \quad (3)$$

где p_1, p_2, ξ_1, ξ_2 – параметры определения надежности программы; t – время эксплуатации.

Формула будет рассчитана следующим образом, в интервальном виде расписываются все величины (p_1, p_2, ξ_2, t):

$$\begin{aligned} A_{22} &:= [-1; -1] * [\xi_{1(Н)}; \xi_{1(В)}] * [t_{(Н)}; t_{(В)}]; A_{23} = \exp^{(A_{22})}; \\ A_{24} &:= p_1 * A_{23}; A_{25} := \xi_1 * A_{24}; A_{26} := [-1; -1] * [\xi_{2(Н)}; \xi_{2(В)}] * [t_{(Н)}; t_{(В)}]; \\ A_{27} &:= \exp^{(A_{26})}; A_{28} := p_2 * A_{27}; A_{29} := \xi_2 * A_{28}; \\ A_{30} &:= A_{25} + A_{29}; A_{31} := A_{24} + A_{28}; A_{32} := A_{30} / A_{31}; \end{aligned}$$

Пример расчета приведен на рис. 3.

The screenshot shows a spreadsheet application with the following data:

	A	B	C	D	E
1	Модель Лапрі покрово				
2					
3	p1	0,5	1,5		
4	p2	1	2,5		
5	s1	0,9	2		
6	s2	1	1,6		
7	t	1	3		
8					
9	-s1*t			-6	-0,9
10	exp[-s1*t]			0,0024788	0,4065697
11	p1*exp[-s1*t]			0,0012394	0,6098545
12	s1*p1*exp[-s1*t]			0,0011154	1,219709
13	-s2*t			-4,8	-1
14	exp[-s2*t]			0,0082297	0,3678794
15	p2*exp[-s2*t]			0,0082297	0,5518192
16	s2*p2*exp[-s2*t]			0,0082297	0,8829107
17	s1p1exp[-s1t]+s2p2exp[-s2t]			0,0093452	2,1026196
18	p1exp[-s1t]+p2exp[-s2t]			0,0094691	1,1616737
19	s1p1exp[-s1t]+s2p2exp[-s2t]/				
20	p1exp[-s1t]+p2exp[-s2t]			0,0080446	222,05009

The dialog box 'Тестування' shows the following settings:

- Вибір моделі для оцінки тестування: Модель Муси, Модель основна гіперекспоненціальна, Модель Лапрі
- Введіть інтервали для підрахунку:
 - p1: [0,5 ; 1,5]
 - p2: [1 ; 2,5]
 - s1: [0,9 ; 2]
 - s2: [1 ; 1,6]
 - t: [1 ; 3]
- Введіть строку та стовбець для запису:
 - Строка: 1
 - Стовбець: 1
- Результати обчислень:
 - v(t): [0,008044587666694 ; 222,050089277958]

Рис. 3. Пример расчета эффективности для модели Лапри

Реализация на ЭВМ. Для реализации алгоритмов определения эффективности тестирования программ разработана программа в среде программирования Delphi7 с использованием элементов управления ActiveX: F1Book, ChartFx и Microsoft Visual C++ 6.0 для написания небольших COM.

В программе предусмотрена выдача сообщений на украинском языке.

Для удобства проведения подсчетов внутри программы создана отдельная форма под названием **ТЕСТИРОВАНИЕ (ТЕСТУВАННЯ)**, она служит для выбора нужного метода, ввода значений, выбора вида отчета (**ОБЫЧНЫЙ (РАХУВАТИ)**), или **ПОШАГОВЫЙ (ПОКРОКОВО)**), для определения места вывода отчета в электронной таблице (с помощью ввода строки и столбца, которые определяют верхнюю левую ячейку начала отчета), а также с помощью нее можно получить информацию о выбранном методе.

На листе электронной таблицы F1Book записываются результаты выполнения программы с маленькими комментариями. Предусмотрено отображения названия модели и вводимых значений, а при пошаговом – вывод расчетных формул.

Сначала вызывается форма для тестирования. На первом шаге осуществляется выбор нужного метода; на втором – вводятся все необходимые значения; на третьем – выбор вида отчета и его вывод в электронной таблице.

В программе предусмотрено графическое представление результатов и некоторые другие редактирующие возможности для более удобного использования.

Выводы. 1. Показана эффективность применения интервальных вычислений для решения задач связанных с тестирование программ в условиях, в которых применение традиционных методов прогнозирования невозможно или усложнено отсутствием сведений о статистических свойствах переменных.

2. Приведены сведения о специализированном программном калькуляторе, который реализует правила интервальной арифметики для оценивания эффективности тестирования компьютерных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубницкий В.Ю., Кобылин А.М., Супрун И.А. Интервальное вычисление эффективности конверсионных банковских операций и операций с ценными бумагами // БизнесИнформ. – 2005. – № 9-10. – С. 71-76.
2. Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления. – М.: Мир, 1987. – 259 с.
3. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. / В.С. Харченко, В.В. Скляр, О.М. Тарасюк. – Учеб. пособие. – Х.: Национальный аэрокосмический университет “ХАИ”, 2004. – 159 с.

Поступила 19.05.2006

Рецензент: доктор технических наук, профессор Е.П. Путятин,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники.