УДК 004.42:51-37

В.Ю. ДУБНИЦКИЙ, А.М. КОБЫЛИН

Харьковский институт банковского дела НБУ, Украина

ИНТЕРВАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

Предложен алгоритм, который позволяет для заданного интервала критериев эффективности программного обеспечения подсчитать в интервальном виде значения переменных, что входят в его определение. Задача решена для случая зависимости критерия эффективности от одной и нескольких переменных.

интервальные вычисления, интервальная функция, объект, модель, тестирование

Введение

Постановка задачи. В настоящее время известны различные методы оценки качества и надежности программного обеспечения (ПО). Сведения об основных моделях, оценивающих эффективность и надежность ПО, приведены в работе [1].

В общем виде любая модель оценки качества ПО может быть представлена в виде

$$Q = f(A; X), \tag{1}$$

где A – известные параметры критерия качества, $A = a_1, a_2, \ldots, a_n$; X – известные количественные значения переменных, характеризующих надежность ПО, $X = x_1, x_2, \ldots, x_n$; в общем случае вид функции f предполагается известным.

Задачу вычисления величины критерия качества Q при известных векторах A и X будем называть прямой задачей оценки эффективности ПО. Обратной задачей будем называть задачу, в которой при известном виде критерия качества Q и известном векторе параметров A требуется найти такие $x_i\ (i = \overline{1,n})$, которые бы обеспечили требуемое значение критерия качества Q.

Естественно, что обратная задача имеет не единственное решение. Кроме того, сложность решения обратной задачи зависит от вида неопределенности, присущей составляющим вектора параметров A и вектора переменных X.

Целью исследования является разработка методов решения обратной задачи оценки эффективности тестирования программ в тех случаях, когда о величинах $A = \{a_j\}$, $j = \overline{1,m}$ и $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1,n}$ известны только интервалы их возможных значений.

Анализ литературы. Ранее ([2]) авторами были изложены сведения о специализированном программном калькуляторе для решения прямой задачи оценки эффективности ПО. Обратная задача оценки эффективности ПО, насколько нам известно, непосредственно в литературе не рассмотрена.

В работе рассмотрены следующие модели:

- модель Мусы:

$$z(t) = \frac{1}{T_0}\exp\left(-\frac{C_t}{B_0 T_0}\right), \tag{2}$$

где B_0 – ожидаемое число отказов в ПО; T_0 – средняя наработка на отказ в начале испытаний; C – коэффициент сжатия тестов, t – время эксплуатации;

- гиперэкспоненциальная модель вида:

$$\lambda(e) = a \cdot \sum_{i=1}^{k} P_i b_i \exp(-b_i t), \tag{3}$$

где P_i – весовые коэффициенты, b_i - интенсивность удаления дефектов i-го класса, a – число дефектов, присутствующих в ПО в начале фазы тестирования; t – время эксплуатации.

- модель Лапри, вида:

$$u(t) = \frac{P_1 \xi_1 e^{(-\xi_1 t)} + P_2 \xi_2 e^{(-\xi_2 t)}}{P_1 e^{(-\xi_1 t)} + P_2 e^{(-\xi_2 t)}}, \tag{4}$$

где t – время эксплуатации, P_1, P_2, ξ_1, ξ_2 – параметры, определяющие надежность программы.

Результаты исследования

Примем, что известно предварительное значение критерия качества ПО – величина Q. Примем, что известно желаемое значение критерия качества ПО – $Q^{(1)}$. Решением задачи будут такие значения A, X, которые обеспечат выполнение условия

$$L = \left|Q^{(1)} - Q_P^{(1)}\right| \le \varepsilon, \qquad (5)$$

где ε – заранее заданная величина модуля отклонения желаемого значения критерия качества от расчетного $Q_P^{(1)}$.

В связи с тем, что ресурсы, направленные на составление программ и их тестирование, ограничены, сформулируем следующие правила принятия решения:

1. Выбираем вид модели оценки эффективности ПО.
2. Для выбранного вида модели выполняем оценку чувствительности критерия качества ПО для всех входящих в него переменным.
3. Выбираем те переменные, которые вносят наибольший вклад в изменение критерия качества. Разумеется, что выбор происходит только из числа тех переменных, влияние на которые доступно разработчику программы.
4. Для выбранных переменных составляется таблица принятия решения, в которой выделяют начальные значения интервалов изменения критерия качества и контролируемых переменных.
5. Используя описанный в работе [2] калькулятор, выполняют поверочный расчет.
6. Если (5) не выполнено, то п.п. 4, 5 повторяют до тех пор, пока не будет выполнено условие (6).

Для оценки чувствительности критерия качества авторы использовали понятие эластичности функции $Ey(x)$, которую определяют исходя из условия [3]:

$$Ey(x) = \frac{x}{y}\frac{dy}{dx}. \qquad (6)$$

Тогда для модели Муссы получим:

$$E_t(z) = \frac{C_t - bT}{bT}; \quad (7) \qquad E_t(z) = \frac{-C_t}{bT}; \qquad (8)$$

$$E_b(z) = \frac{C_t}{bT}; \quad (9) \qquad E_c(z) = -\frac{C_t}{bT}, \qquad (10)$$

т.е. элементы $E_t(z)$, $E_b(z)$, $E_c(z)$ равны по модулю, но $E_t(y)$ и $E_c(y)$ противоположны по знаку $E_b(y)$.

Для гиперэкспоненциальной модели получим соответственно (i = 1,2, … k):

$$E_{bi}(u) = b_i e^{--b_i t}\cdot\left(P_i - P_i b_i t\right)\Big/\sum_{i=1}^{k} P_i b_i e^{--b_i t}; \qquad (11)$$

$$E_t(u) = -\sum_{i=1}^{k} b_i^2 P_i e^{-b_i t}\Big/\sum_{i=1}^{k} b_i P_i e^{-b_i t}. \qquad (12)$$

Для модели Лапри аналогичные выражения не приведены ввиду их громоздкости.

Приближенно в относительной форме можно оценить частную логарифмическую эластичность:

$$E_{xi}(y_i) = \ln\frac{y_2}{y_1} / \ln\left(\frac{x_i + \Delta x_i}{x_i}\right) \qquad (13)$$

Далее для каждого из критериев упорядочим эластичности по убыванию: $E_{xi}(y) \ge E_{xj} \ldots \ge E_{xk}(y)$.

Тогда полный ресурс, направленный на повышение эффективности ПО можно распределить пропорционально весам:

$$w_i = E_{xi}(y)\Big/\sum_{i=1}^{n} E_{xi}y \qquad (14)$$

Последовательность действий, реализующая описанный выше подход будет следующей.

Пусть принято решение повысить критерий качества ПО с уровня Q_0 до уровня Q. Предположим, что известны допустимые интервалы изменения желаемого значения $Q^{(1)}$ и переменных x_i, $i = \overline{1,n}$. Используя теорему об интервальном расширении [3] запишем критерии качества в виде интервальной функции

$$[Q] = f([A];[B]). \qquad (15)$$

Примем, что все входящие в (15) величины треугольные. Тогда, используя ранее введенные в [3] обозначения построим следующую последовательность:

1) $Q^{(0)} = f\left([A];[Y]^{(0)}\right) = f\left([A];\left(x_{1н}^{(0)}\ x_{1в}^{(0)}\right)\ldots\left(x_{пн}^{(0)};x_{пв}^{(0)}\right)\right)$;

2) $Q^{(1)} = f\left(\begin{matrix}[A];\left\{\left(x_{1н}^{(0)};x_{1в}^{(0)}\right)+[q,q][E_x y]\right\}\times \\ \times\left(x_{1н}^{(0)};x_{1в}^{(0)}\right)\ldots\left(x_{пн}^{(0)};x_{пв}^{(0)}\right)\end{matrix}\right)$;

3) если $[Q]^{(g)} - \left[Q^{(1)}\right] < [\varepsilon,\varepsilon]$ то процесс закончен. Если условие (3) не выполнено, то положить $i=i+1$ и перейти к следующей переменной. При этом сами переменные должны быть упорядочены по убыванию эластичности;

4) если первый перебор переменных завершен,

то перейти к шагу 2 и продолжить этот процесс циклически.

Более простым представляется процесс, активно использующий таблицы решений. Структура этой программы дана на рис. 1.

Рис. 1. Структура программы

В результате генерации вариантов получают строку, состоящую из следующих элементов.

$$S = \left\langle Q^{(0)}, Q^{(\phi)}, Q^{(g)}, \delta, \delta^{(\phi)}, x_1^{(r)}, x_2^{(r)}, x_i^{(r)}, \ldots x_n^{(r)} \right\rangle . (16)$$

Переменные $Q^{(0)}, Q^{(g)}$, δ описаны ранее, $Q^{(\phi)}$ – значение критерия качества, соответствующего данному случайному набору переменных, $\delta^{(\phi)}$ – разница между желаемым и достигнутым результатом.

Блок оценки вариантов отбирает те строки, которые удовлетворяют установленной величине δ. Тогда верхние и нижние границы соответствующих переменных и будущими интервальными ограничениями, которые обеспечат искомый интервал эффективности ПО.

Для решения интервальных уравнений вида:

$$[A] + [X] = [B]; \quad (16) \qquad [A] * [X] = [B]; \quad (17)$$

$$[A] *[X] + [B] = [C] \quad (18)$$

в [4] введено понятие сопряженного интервала.

Если $\quad [A] = [a_н; a_в], \; a_н \le a_в,$ (19)

то сопряженный интервал $[A*]$ по отношению к интервалу $[A]$ определен как $\lfloor A^* \rfloor = (a_в; a_н)$

Свойство сопряженного интервала следующие:

$$\lfloor A^* \rfloor^* = A; \quad [A+B]^* = [A]^* + [B]^*; [\lambda A]^* = \lambda [A]^*;$$

$$([A]\cdot[B])^* = [A]^* \cdot [B]^* = \lfloor B^* \rfloor \cdot [A]^*; \;\; [0] \notin [A]; \; [0] \notin [B].$$

С учетом этого решения (16 – 17) примет вид:

$$[X] = [B] - [A]^*; (16,а) \quad [\mathrm{X}] = [\mathrm{B}]/[\mathrm{A}]^*, 0 \notin [\mathrm{A}] \; (17,а)$$

$$[\mathrm{X}] = \left([\mathrm{C}] - [\mathrm{B}]^*\right) \Big/ [\mathrm{A}]^* \quad (18,а)$$

При этом правила выполнения операций таковы:

$$[A]\cdot[B] = (\min[U]; \max[U]), \quad (20)$$

где $U = (a_н \circ b_н, a_н \circ b_в, a_в \circ b_н, a_в \circ b_в),$; $\circ$ – символ бинарной операции.

Рассмотрим в качестве примера модель Мусы, в которой величины $Z(t)$, C, t определены как интервальные числа и разрешим полученное уравнение относительно интервальной переменной $[t]$.

$$[Z] = 1/T_0 \exp(-[C]\cdot[t]/(B_0 T_0)).$$

Примем, что $B_0 T_0 = D$; $T_0 \cdot [Z] = [G]$. Тогда $D[G] = -[C]\cdot[t]$ и $[t_н, t_в] = -\dfrac{\lfloor D_{gн}; D_{gв} \rfloor}{\lfloor C^* \rfloor} = -\dfrac{\lfloor D_{gн}, D_{gв} \rfloor}{[C_в, C_н]}$;

следовательно, $[t_н, t_в] = -\lfloor D_{gн}, D_{gв} \rfloor \cdot [1/C_н; 1/C_в]$.

Пусть

$$U = (S_{gн} \cdot 1/C_н; D_{gн} \cdot 1/C_в; D_{gв} \cdot 1/C_н; D_{gв} \cdot 1/C_в),$$

тогда получим, что $[t_н, t_в] = (\min U; \max U)$.

Выводы

Сформулирована обратная задача оценки качества ПО. Для известных моделей надежности ПО определены функции эластичности показателя качества ПО по каждой из переменных, входящих в этот показатель. Предложены детерминированный интервальный алгоритм решения обратной задачи оценки эффективности ПО и его надежности.

Литература

1. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения / В.С. Харченко, В.В. Скляр, О.М. Тарасюк. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2004. – 159 с.

2. 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.

3. Кундышева Е.С. Математические модели в экономике. – М.: Дашков, 2004. – 352 с.

4. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. – Тюмень: ТГУ, 2000. – 352 с.

Поступила в редакцию 6.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.П. Путятин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.