

УДК 519.248

Ю.А. ДОЛГОВ, Т.Г. ДАНИЛИНА

*Придністровський госуниверситет ім. Т.Г. Шевченка, Тирасполь, Молдова*

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Предлагается методика комплексной количественной оценки качества программного обеспечения по показателям надежности и по показателям любой другой классификации в виде единой (или по каждой классификации отдельно) интегральной оценки с использованием обобщенной функции Харрингтона-Менчера.

**надежность программного обеспечения, качество программного обеспечения, функция Харрингтона-Менчера**

### Введение

При создании программных продуктов важнейшей задачей является обеспечение их надежности. От этого зависят конкурентоспособность программного обеспечения (ПО), надежность и безопасность функционирования информационно-управляющих, технических, финансовых и других систем, а в некоторых случаях – жизнь и здоровье людей.

Надежность – это свойство ПО сохранять работоспособность (т.е. выполнять заданные функции с параметрами, установленными технической документацией) в течение определенного периода времени в заданных условиях.

Программные средства являются специфическим объектом, для оценки надежности которых нельзя применять традиционные подходы, апробированные для аппаратных средств. Хотя со времени первых публикаций по этому вопросу прошло уже свыше двадцати лет, теорию надежности программных средств до сих пор невозможно рассматривать как сложившуюся науку, так как в этой области имеется существенный разрыв между теорией и практикой.

Для оценки качества ПО, в частности, его надежности, различными организациями разработаны международные и внутригосударственные нормативные документы.

Это международный стандарт ISO/IEC 9126, стандарт IEEE 982 и другие. Стандарты определяют характеристики программ (метрики), которые используются для качественной и количественной оценки надежности программных продуктов. В разных стандартах предлагаются различные показатели и метрики надежности. Все они определяются и рассчитываются разными способами [1].

Помимо непосредственной метрики надежности программное обеспечение может быть охарактеризовано и другими способами. По одной классификации это оценка ресурсной эффективности с учетом ряда составляющих, таких как ресурсы компьютера, время выполнения базовых операций и др. По другой – по сложности функции трудоемкости, на основе которой может быть оценена трудоемкость вычислительных процессов в процедурной реализации. По третьей – прогнозирование временной эффективности программных реализаций алгоритмов, на основе которой при переходе к показателю среднего тактового времени можно обоснованно подойти к выбору рациональных аппаратных средств [2]. Можно привести примеры и других классификаций качественной оценки программного обеспечения.

### Результаты исследований

В данной работе предлагается методика комплексной количественной оценки качества ПО как по показателям надежности, так и по показателям любой другой классификации в виде единой (или по каждой классификации отдельно) интегральной оценки. В качестве такого интегрального показателя предлагается использовать обобщенную функцию Харрингтона-Менчера [3]:

$$D = \sum_{k=1}^n a_k \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n D_k^{a_k}}, \quad (1)$$

где  $D_k$  – обобщенная функция качества для  $k$ -й классификации, имеющей вес  $a_k$ ;  $n$  – число классификаций.

В свою очередь каждый показатель  $D_k$  может быть представлен аналогично:

$$D_k = \sum_{i=1}^m a_i \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i^{a_i}}, \quad (2)$$

где  $d_i$  – частная функция качества  $i$ -ой метрики, имеющей вес  $a_i$ ;  $m$  – количество метрик в данной классификации.

Расчет производится в два этапа.

На первом этапе определяются единичные значения функции  $d_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) для любого количества откликов, каждый из которых должен представлять непрерывную монотонную функцию. Для случая возрастания качества с возрастанием числовых значений отклика предложены 3 типа зависимостей (типы 1, 2 и 3 на рис. 1), а для случая убывания качества с возрастанием числовых значений отклика предложены еще три типа зависимостей (типы 4, 5 и 6 на рис. 2).

При этом во всех случаях в качестве аргумента выступает отклик  $Y$  в своем натуральном виде – так, как он измерялся в ходе эксперимента, – большое достоинство для метода расчета.

Для всех трех типов возрастающих кривых определяющим является правильное назначение начала  $b$  и конца  $c$  физического (или допустимого)

значения отклика  $Y$ , т.е. должно соблюдаться условие

$$d = \begin{cases} 0, & \text{если } Y < b; \\ d, & \text{если } b \leq Y \leq c; \\ 1, & \text{если } Y > c. \end{cases} \quad (3)$$

В этом случае **кривая типа 1** является S-образной, возрастающей, симметричной и описывает качество отклика  $Y$ , если распределение  $Y$  не является резко асимметричным, по формуле

$$d = \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{Y-b}{c-b} \right)^{1,927} - 2 \right] \right\} \right\}. \quad (4)$$

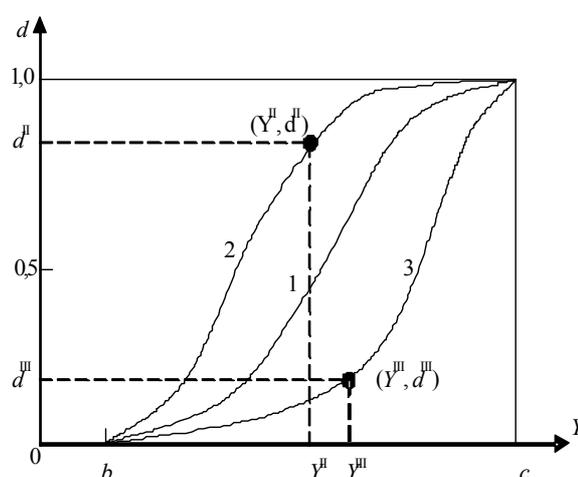


Рис. 1. Графики функций качества трех возрастающих типов

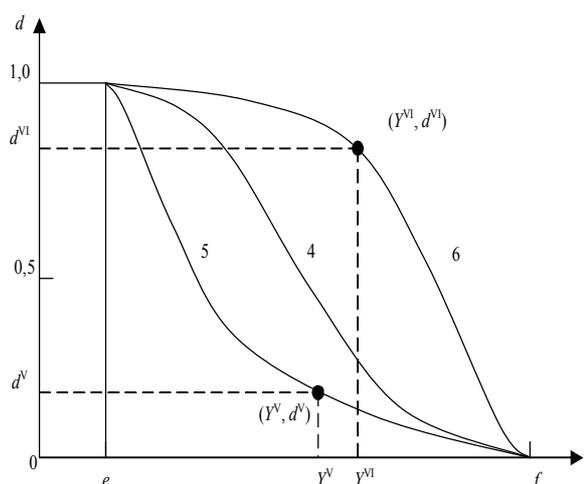


Рис. 2. Графики функций качества трех убывающих типов

**Кривая типа 2** является S-образной, возрастающей, асимметричной с быстрым

начальным возрастанием и рассчитывается по формуле

$$d = \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{Y-b}{c-b} \right)^{a^{II}} - 2 \right] \right\} \right\}, \quad (5)$$

где показатель степени  $a^{II}$  определяет скорость возрастания функции  $d$ . Для его расчета необходимо знать (или задаться) хотя бы одной точкой ( $Y^{II}$ ;  $d^{II}$ ) на искомом графике. Тогда величину  $a^{II}$  можно подсчитать по формуле

$$a^{II} = \frac{\ln \left( 2 - \ln \ln \frac{1}{d^{II}} \right) - \ln 9}{\ln(Y^{II} - b) - \ln(c - b)}. \quad (6)$$

Аналогично, **кривая типа 3** является  $S$ -образной, возрастающей, асимметричной с медленным начальным возрастанием и рассчитывается по формуле

$$d = 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{c-Y}{c-b} \right)^{a^{III}} - 2 \right] \right\} \right\}, \quad (7)$$

где показатель степени  $a^{III}$  можно найти по единственной точке ( $Y^{III}$ ;  $d^{III}$ ) по формуле

$$a^{III} = \frac{\ln \left( 2 - \ln \ln \frac{1}{1-d^{III}} \right) - \ln 9}{\ln(c - Y^{III}) - \ln(c - b)}. \quad (8)$$

Для всех трех типов убывающих кривых определяющим является правильное назначение начала  $e$  и конца  $f$  физического (или допустимого) значения отклика  $Y$ , т.е. должно соблюдаться условие

$$d = \begin{cases} 1, & \text{если } Y < e; \\ d, & \text{если } e \leq Y \leq f; \\ 0, & \text{если } Y > f. \end{cases} \quad (9)$$

**Кривая типа 4** является  $S$ -образной, убывающей, симметричной, представляет собой зеркальный вариант кривой типа 1, и описывается формулой

$$d = \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{f-Y}{f-e} \right)^{1,927} - 2 \right] \right\} \right\}. \quad (10)$$

**Кривая типа 5** является  $S$ -образной, убывающей, асимметричной, с быстрым начальным

убыванием, представляет собой зеркальный вариант кривой типа 3, и описывается формулой

$$d = 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{Y-e}{f-e} \right)^{a^V} - 2 \right] \right\} \right\}, \quad (11)$$

где показатель степени  $a^V$  определяет скорость убывания функции  $d$ . Для его расчета необходимо знать (или задаться) хотя бы одной точкой ( $Y^V$ ;  $d^V$ ) на искомом графике. Тогда величину  $a^V$  можно подсчитать по формуле

$$a^V = \frac{\ln \left( 2 - \ln \ln \frac{1}{1-d^V} \right) - \ln 9}{\ln(Y^V - e) - \ln(f - e)}. \quad (12)$$

Аналогично, **кривая типа 6** является  $S$ -образной, убывающей, асимметричной, с медленным начальным убыванием, представляет собой зеркальный вариант кривой типа 2, и описывается формулой

$$d = \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{f-Y}{f-e} \right)^{a^{VI}} - 2 \right] \right\} \right\}, \quad (13)$$

где показатель степени  $a^{VI}$  можно найти по единственной точке ( $Y^{VI}$ ;  $d^{VI}$ ) по формуле

$$a^{VI} = \frac{\ln \left( 2 - \ln \ln \frac{1}{d^{VI}} \right) - \ln 9}{\ln(f - Y^{VI}) - \ln(f - e)}. \quad (14)$$

Различные сочетания перечисленных шести типов кривых позволяют моделировать функции отклика, имеющие колоколообразный характер, симметричные, асимметричные, имеющие плато и без них (рис. 3). В этом случае оценка ведется по каждой ветви комбинированной функции отдельно.

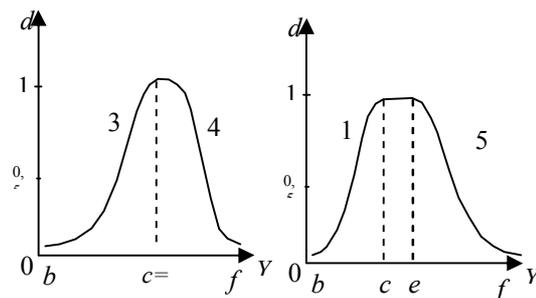


Рис. 3. Примеры комбинированных функций безразмерной оценки качества продукции по единому показателю

После определения величины  $d_i$  частных показателей качества всех  $i = 1, 2, \dots, m$  откликов можно переходить ко второму этапу расчетов – определению обобщенной функции качества  $D$ . Особенностью этого расчета является предварительное нахождение (определение, назначение) для каждого частного показателя  $d_i$  его веса  $\acute{\alpha}_i$ .

Как правило, веса находятся одним из экспертных методов (если нет нормативно заданных приоритетов). При этом следует помнить, что наиболее важному отклику (или нескольким откликам) присваивается вес, равный единице, и далее с убыванием. Практика показала, что хотя теоретически веса могут быть любыми в диапазоне  $0 < \acute{\alpha}_i < 1$ , но эффективнее всего метод срабатывает при назначении весов в диапазоне  $0,4 \leq \acute{\alpha}_i \leq 1,0$ , при этом градация их должна быть не чаще 0,1, то есть в порядке убывания:

1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5 и 0,4.

Тогда обобщенная функция качества может быть найдена по формулам (2) и (1).

### Заклучение

Следует напомнить, что среди частных откликов, оцениваемых по формуле (2), не должно быть коррелированных между собой (в крайнем случае допускается с оговорками пренебрежимо слабая корреляция). Рассчитанная величина  $D$  является комплексным показателем качества (в частном случае – надежности) программных средств, который может быть использован для их оценки на этапах тестирования и эксплуатации или при проведении независимой верификации.

В заключение приведем цитату из замечательной монографии [5]. «Обобщенная функция желательности является количественным, однозначным, единым и универсальным показателем качества исследуемого объекта, и если добавить еще такие свойства, как адекватность, эффективность и статистическую чувствительность, то становится ясным, что ее можно использовать в качестве критерия оптимизации».

### Литература

1. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения: Учебное пособие / В.С. Харченко, В.В. Скляр, О.М. Тарасюк. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – 159 с.
2. Ульянов М.В. Классификация и методы сравнительного анализа вычислительных алгоритмов. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2004. – 212 с.
3. Менчер Э.М. Обобщенная функция полезности // В кн. «Радионуклеиды и тонизирующие излучения в исследованиях по виноградарству». – Кишинев: Штиинца, 1983. – С. 104-118.
4. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование. – Тирасполь: РИО ПГУ, 2002. – 280 с.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

*Поступила в редакцию 14.03.2006*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.