

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Возможный подход к оценке ожидаемой надежности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ рассматривался в работе [1].

В работе [2] эксплуатационная интенсивность отказов $\lambda_{\text{экс}}$ компьютерной программы представлена в виде

$$\lambda_{\text{экс}} = C_{\text{п}} F_0 L = K_{\text{пр}} F_0 = K_{\text{пр}} \frac{N_0}{L}, \quad (1)$$

где $C_{\text{п}}$ – коэффициент пропорциональности, определяемый экспериментально; F_0 – плотность ошибок компьютерной программы после написания её кода и устранения нарушений правил языка программирования; N_0 – начальное число ошибок (до выполнения тестирования); $K_{\text{пр}}$ – коэффициент преобразования, показывающий как начальное число ошибок N_0 или, что тоже самое, плотность ошибок F_0 трансформируются в эксплуатационную интенсивность отказов $\lambda_{\text{экс}}$; L – объём компьютерной программы в исполняемых строках программного кода.

На основе экспериментальных данных [2] для компьютерных программ в области телекоммуникаций получено значение коэффициента преобразования $K_{\text{пр}}$ (таблица 1). Это значение рассчитано на основе выражения (1) как $K_{\text{пр}} = \lambda_{\text{экс}} / F_0$.

Таблица 1 – Экспериментальные данные о надёжности компьютерных программ

Область применения компьютерной программы	Среднее число исполняемых строк кода, L	Средняя плотность ошибок F_0 , ошибок/строка кода	Средняя эксплуатационная интенсивность отказов $\lambda_{\text{экс}}$, 1/ч	Значение $K_{\text{пр}}$, строка кода / ошибок в час
Телекоммуникации, мобильные устройства	17650,4	0,008	0,108	13,8

Приведённое в таблице 1 значение $K_{пр}$ соответствует случаю выполнения программ на компьютере с быстродействием 10 миллионов операций в секунду.

Как показали экспериментальные данные [2], при суммарной продолжительности тестирования, составляющей примерно 40 процентов общего времени, отводимого на разработку компьютерной программы, и использовании общепринятых методов тестирования отношение $\lambda_0 / \lambda_{экс} \approx 50$. Тогда можно записать

$$\lambda_0 = 50K_{пр} \frac{N_0}{L} = 50K_{пр}F_0. \quad (2)$$

Интенсивность отказов компьютерной программы до начала тестирования с учётом быстродействия процессора компьютера может быть определена по модели Муса:

$$I_0 = CVN_0 = 3600C \frac{0.7R}{B} N_0 = 2520C \frac{R}{B} N_0 = 2520CV_{пик}N_0, \quad (3)$$

где C – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом проявления ошибок компьютерной программы; V – средняя скорость выполнения команд компьютерной программы, представляет собой возможное число прогонов компьютерной программы в течение одного часа; R – пиковое быстродействие процессора, указываемое производителем в технической документации, размерность: операций в секунду; B – количество команд (операторов) в компьютерной программе; множитель 3600 – коэффициент перевода быстродействия процессора в размерность «операций в час»; множитель 0,7 – средний коэффициент, учитывающий реальное быстродействие процессора относительно пикового значения R ; $V_{пик}$ – пиковая скорость выполнения команд компьютерной программы (скорость для пикового быстродействия процессора R), определяемая отношением $V_{пик} = R/B$.

Используя выражения (2) и (3), с учётом значений коэффициентов преобразования $K_{пр}$, определены средние значения коэффициента проявления ошибок C для компьютерных программ некоторых областей применения (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты для компьютерных программ некоторых областей применения

Область применения компьютерной программы	Коэффициент C , 1/ошибка	Коэффициент K_{Σ}
1. Мониторинг и обеспечение безопасности	$0,238 \times 10^{-7}$	1,0
2. Телекоммуникации, мобильные устройства	$2,738 \times 10^{-7}$	11,5

Представим коэффициент C выражения (3) в виде произведения

$$C = C_B \cdot K_{вх} \cdot K_n = C_B \cdot K_{\Sigma}, \quad (4)$$

а величины, входящие в выражение (4), будем называть как: C_B – базовое значение коэффициента проявления ошибок программы; $K_{вх}$ – коэффициент увеличения интенсивности отказов, обусловленный изменчивостью входных данных; K_n – коэффициент увеличения интенсивности отказов, обусловленный рабочей нагрузкой на программу; K_{Σ} – суммарный коэффициент увеличения интенсивности отказов, обусловленный совместным действием изменчивости входных данных и рабочей нагрузки на компьютерную программу.

В качестве базового значения коэффициента проявления ошибок C_B будем рассматривать коэффициент C для компьютерных программ, предназначенных для мониторинга и обеспечения безопасности (таблица 2). Можно записать: $C_B = 0,238 \times 10^{-7}$ 1/ошибка. Для программ этого назначения принято $K_{\Sigma} = 1,0$.

Будем предполагать, что интенсивность отказов компьютерной программы после выполнения её тестирования уменьшается в Q раз относительно начальной интенсивности отказов λ_0 . Величина Q также показывает, во сколько раз за счёт тестирования уменьшится число оставшихся ошибок в компьютерной программе относительно начального их числа (до выполнения тестирования), поэтому величину Q будем называть коэффициентом эффективности тестирования компьютерной программы. Используя выражения (3) и (4), и принимая во внимание значение коэффициента $C_B = 0,238 \times 10^{-7}$ 1/ошибка, модель определения ожидаемой интенсивности отказов компьютерной программы, прошедшей тестирование ($\lambda_{экс}$), может быть представлена в виде

Информационные технологии и инфокоммуникации

$$I_{\text{экс}}^{(i)} = \frac{1}{Q} (2520 C^i V_{\text{пик}} N_0^{(i)}) = \frac{60}{Q} K_S^{(i)} V_{\text{пик}} F_0^{(i)} L \times 10^{-6}, \text{ч}^{-1}, \quad (5)$$

где верхний индекс (i) указывает на то, что соответствующие характеристики относятся к компьютерной программе i -й области применения (см. таблицу 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Подход к оценке ожидаемой надёжности прикладного программного обеспечения для систем телекоммуникаций / Боровиков С. М., Будник А. В., С. С. Дик, Ван Там Лэ // Современные средства связи : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–18 окт. 2019 г. / редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2019. – С. 120-122.

2. Software reliability, measurement and testing guidebook for software reliability measurement and testing: RL-TR-92-52, Vol II (of two) Final technical report April 1992/ Science Applications International Corp. (SAIC), Research Triangle Institute (RTI). Rome Laboratory Air Force Systems Command Griffiss Air Force Base NY 13441-5700.