Небольшое отклонение значения показателя M может вызвать существенное изменение прогнозируемой долговечности печатного узла, если уравнения используются для пересчета при переходе от одного режима к другому. Вероятность возникновения ошибки экстраполяции особенно возрастает, если долговечность по двум режимам отличается более чем в десять раз, поэтому при проведении испытания необходимо выбрать продолжительность с учётом целесообразности работы на низких уровнях вибрации.

**Список использованных источников**

1. Руководящие указания по ускоренным методам испытаний на надёжность паяных соединений технологии поверхностного монтажа, IPC-SM-785, - Association Connecting Electronics Industries, 1992- 44с.

2. Федоров, В.К., Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств [Текст]/ В.К. Федоров, Н.П. Сергеев, А.А. Кондрашин, - Москва: Техносфера, 2005-504 с.

3. Соустин, Б.П. Виброиспытания космических аппаратов [Текст]/ Б.П. Соустин, Н.А.Тестоедов, А.Г. Рудометкин, А.В. Алькин, - Красноярск, Наука, 2000-171 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ОШИБОК ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ

А. Н. Коварцев, Д. С. Оплачко

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

О применении метода статистических испытаний для целей тестирования программных модулей уже известно давно. Сущность метода сводится к генерации случайных векторов исходных данных $\xi = (x_1, x_2, ..., x_n)$ модуля $F(X)$, распределенных равномерно в области определения $\xi \in \Omega_X$. При условии $\Omega_\varepsilon \neq \varnothing$, разыгрывая достаточно большое количество независимых векторов $\xi$, мы, с определенной вероятностью, попадем в область $\Omega_E$ и, тем самым, обнаружим ошибку в программе. Применение может быть ограничено только трудоемкостью метода решения задачи, поскольку сам метод чрезвычайно прост как в реализационном плане, так и с точки зрения требований, предъявляемым к свойствам тестируемой функции.

Существует множество способов формального определения сложности численного метода. По отношению к классу задач численной оптимизации рассмотрим наиболее универсальный подход, при котором сложность класса задач $N(\nu)$ определяется как функция погрешности $\nu$, равная минимально возможной трудоемкости метода, решающего всякую задачу с погрешностью, не превышающей $\nu$. Трудоемкость метода определяется как число тактов работы алгоритма численного метода. В нашем случае можно определить как число обращений к исследуемой функции.

Для оценки сложности можно рассмотреть следующую модель. Будем считать, что пространство поиска $\Omega_X$ исследовано с погрешностью $\nu$, если в $\nu$ - окрестность ($\Omega_\nu(X)$) произвольной точки $X, X \in \Omega_X$ попала хотя бы одна точка, из числа $N$ независимых испытаний. Если при этом $\Omega_\nu(X) \subset \Omega_\xi$, то будет обнаружена ошибочная ситуация.

Пусть $\Omega_X$ - единичный квадрат. Для простоты $\Omega_\nu(X)$ определим как

$$\Omega_\nu(X) = [x_1 - \nu/2, x_1 + \nu/2] \times [x_2 - \nu/2, x_2 + \nu/2] \times \ldots \times [x_n - \nu/2, x_n + \nu/2].$$

Вероятность события $A: \xi \in \Omega_\nu(X)$ обозначим $p_\nu$. При этом

$$p_\nu = \frac{V(\Omega_\nu(X))}{V(\Omega_X)} \text{ для единичного квадрата или } p_\nu = \nu^n. \qquad (1)$$

Поставим задачу определения такого количества испытаний $N$, чтобы в множество $\Omega_\nu(X)$ с доверительной вероятностью $\delta$ попала хотя бы одна точка.

Пусть $\nu_{p_\nu}(N)$ - число возникновения события $A$, реализующегося в $N$ независимых испытаниях с вероятностью $p_\nu$, тогда условие попадания хотя бы одной точки в область $\Omega_\nu(X)$

$$P\{\nu_{p_\nu}(N) \geq 1\} = \delta,$$

или $P\{\nu_{p_\nu}(N) \geq 1\} = \sum_{k=1}^{N} C_N^k p_\nu^k (1-p_\nu)^{N-k} = 1 - p_\nu(1-p_\nu)^N = \delta.$ (2)

Из (1), с учетом разбиения области поиска на классы эквивалентности

$$\Omega_X = \bigcup_\alpha \Omega_\alpha \ (\Omega_\alpha \bigcap \Omega_\beta = \varnothing), \exp(x) = \exp(x'), \quad x, x' \in \Omega_\alpha, \qquad (3)$$

где $\exp(x)$ операция взятия порядка от числа, представленного в ЭВМ внормальной форме с t разрядной арифметической сеткой, получим следующую оценку сложности тестирования вычислительных модулей

$$N = \frac{\ln(1-\delta)}{\ln(1-\nu^n)}. \qquad (4)$$

Если организовать двоичное деление множества исходных данных на классы эквивалентности, используя отношение (1.3), то формула (1.4) примет вид

$$N = \frac{\ln(1-\delta)}{2^n \ln(1-\nu^n)}. \tag{5}$$

Оценка сложности тестирования модулей при оптимистической оценке диаметра области ошибочных ситуаций $D(\Omega_E) = \nu = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ для случая, когда число арифметических операций $\approx 100$, дает пессимистические результаты (см. рис. 1, график 1).

Незначительные изменения сложности тестирования (на два порядка) происходят, если область поиска подвергнуть двоичному делению (график 2). Ситуация изменяется существенно, если кроме двоичного деления области поиска в процессе тестирования ограничить разрядную сетку ЭВМ (график 3).

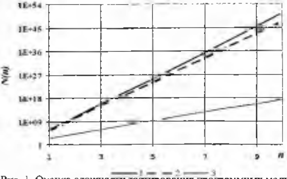

Рис 1. Оценка сложности тестирования программных модулей

Совместно ограничение разрядной сетки ЭВМ и двоичное разбиение области тестирования на классы эквивалентности позволяет тестировать вычислительные модули с размерностью $n$=5 (см. рис.1).

Для повышения эффективности всего алгоритма тестирования в данном случае целесообразно организовать параллельные вычисления в каждом из подмножеств области независимых переменных вычислительного модуля. На рис. 2 для двумерной области исходных данных представлена схема алгоритма параллельного тестирования.

Первоначально генерируется случайный вектор, равномерно распределенный в единичном гиперкубе (в данном случае на единичном квадрате). Данное ограничение не существенно, поскольку любой прямоугольник можно с помощью линейного преобразования превратить в единичный квадрат.

Например, для двумерного случая пусть требуется преобразовать случайный вектор $\xi$, распределенный в единичном квадрате на прямоугольную область

$\Omega_1 = [x_1^*, x_1^{**}] \times [x_2^*, x_2^{**}]$.

Рассмотрим прямое линейное преобразование из прямоугольной области на единичный куб

$$\widetilde{X} = AX - B,\ где\ A = \begin{pmatrix} \dfrac{1}{x_1^{**} - x_1^*} & 0 \\ 0 & \dfrac{1}{x_2^{**} - x_2^*} \end{pmatrix},\ B = \begin{pmatrix} \dfrac{x_1^*}{x_1^{**} - x_1^*} \\ \dfrac{x_2^*}{x_2^{**} - x_2^*} \end{pmatrix}$$


Рис 2. Схема алгоритма параллельного тестирования вычислительных модулей

Обратное преобразование, переводящее вектор с единичного куба на произвольный прямоугольник, тогда выглядит

$$X = \widetilde{A}(X + B),\ где\ \widetilde{A} = A^{-1}. \tag{6}$$

Преобразование фактически проецирует случайные вектора с единичного квадрата на множества эквивалентности $\Omega_i$. При желании в преобразование (6) кроме операций сжатия и сдвига можно включить операцию поворота прямоугольной области на любой угол.

В каждом из эквивалентных множеств на параллельных процессорах независимо друг от друга вычисляется тестируемая функция $F(\xi^{(i)})$. Результаты вычислений анализируются в блоке перехвата программных прерываний и анализа семантических ошибок. Данный алгоритм работает циклически до тех пор, пока не будет произведено необходимое количество независимых испытаний.

**Список использованных источников**

1.Айвазян С.А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471с.

2.Ермаков С. М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – 2-е изд., дополн. – М.. Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. - 296с.

3.Коварцев А.Н. Современные технологии разработки тестирования программных средств. – Самара: СГАУ, 1999. – 150с

4.Соболь И.М.. Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями - М.: Наука, 1981.

## ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

Д.В. Панюхин, Д.В. Федоров

Самарский государственный аэрокосмический университет. г. Самара

Непрерывный рост числа сердечнососудистых заболеваний в настоящее время формирует требования к созданию более совершенных приборов и методов диагностики сердечнососудистых патологий. Автоматизированный анализ электрокардиографических сигналов, используемый в данных приборах, позволяет существенно повысить эффективность диагностики, а также снизить количество ошибок Первичным звеном аппаратных средств диагностики ЭКГ являются входные цепи усиления, при построении которых необходимо учитывать особенности выделения полезного сигнала на фоне помех.

Обобщенная структурная схема устройства регистрации электрокардиографического сигнала показана на рис. 1. Устройство содержит блок электродов 1, инструментальный усилитель 2, драйвер нейтрального электрода 3, усилитель переменного напряжения 4, модулятор 5, элемент развязки 6, демодулятор 7, оконечный усилитель 8.