

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В ДИСКРЕТНЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ НЕПОЛНОМ РЕВЕРСИРОВАНИИ ТЕСТА

С.Н. Никифоров

При диагностировании множества дискретных объектов (ДО) не только общие временные затраты определяются количеством дефектов, находящихся в объектах, но и сами объекты оказываются зависимы друг от друга: из-за дефектов одного объекта, обнаруживаемых по тесту ранее, чем дефекты другого объекта, этот другой объект многократно и бесполезно “долбится” тестом на участке, который достаточно выполнить один раз.

Идея запоминания того, что для данного объекта уже выполнено, заимствована из вычислительной техники, поэтому продолжение тестирования без повторов применяется в процедуре, рассмотренной далее, с целью сокращения суммарных временных затрат на диагностирование группы объектов.

Рассмотрим процесс поиска дефектов в трех ДО, содержащих по два дефекта $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 2$, на рис. 1. Порядок обнаружения дефектов в объектах при использовании параллельной процедуры с повторными запусками теста после обнаружения и устранения каждого дефекта показан на рис. 1а. Суммарные временные затраты определяются с помощью выражения (1), [1]

$$T_{\text{пар.рев.}}^{\sum(N)} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{\mu_j} t_{n_i}^{(j)} + \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{\mu_j} t_{y_i}^{(j)} + T, \quad (1)$$

где $t_{n_i}^{(j)}$ – время поиска i – го дефекта, находящегося в j – ом ДО; $t_{y_i}^{(j)}$ – время устранения i – го дефекта, находящегося в j – ом ДО; T – длина теста.

Анализируя процесс поиска дефектов по параллельной процедуре с повторными запусками теста после обнаружения и устранения каждого дефекта, можно заметить, что он является избыточным. В самом деле, участок теста $t_0 t_{n_1}^{(3)}$ повторяется семь раз, то есть при каждом новом прогоне теста после обнаружения и устранения очередного дефекта,

участок $t_{n_1}^{(3)} t_{n_2}^{(3)}$ шесть раз и т.д. Причем во

всех последующих повторах на этих участках теста дефекты не обнаруживаются.

С целью сокращения суммарных временных затрат целесообразно тест после обнаружения и устранения очередного дефекта реверсировать не в исходное состояние t_0 и

повторять при новом прогоне не сначала, а с некоторого промежуточного состояния. Это промежуточное состояние определяется моментом обнаружения некоторого дефекта на предыдущем прогоне теста.

На рис. 1б изображен процесс поиска дефектов в тех же объектах, что и в верхней части рисунка, но тест после обнаружения и устранения каждого дефекта не возвращается в начальное состояние t_0 , то есть реверсируется не полностью. В соответствии с рис. 1б после обнаружения первого дефекта в третьем объекте, на поиск которого на данном тесте затрачено время $t_{n_1}^{(3)}$, тест ревер-

сируется в состояние t_{01} , и после устранения обнаруженного дефекта выполняется новый прогон. На втором прогоне обнаруживается второй дефект в третьем объекте, который естественно устраняется, но тест реверсируется не в исходное состояние t_{02} , как делалось при параллельной процедуре с полным реверсом, а в состояние, соответствующее моменту $t_{n_1}^{(3)}$. В результате следующий прогон теста начинается не сначала и не повторяет участок теста $t_{01} t_{n_1}^{(3)}$, на котором уже

на предыдущем, втором прогоне дефекты не обнаруживались, так как тест проходил без остановов до состояния $t_{n_2}^{(3)}$.

На третьем прогоне теста будет обнаружен первый дефект в первом объекте, время, затраченное на поиск его на данном тесте, $t_{n_1}^{(1)}$. После его устранения тест реверсируется

ется не в исходное состояние t_{03} , а в состояние, соответствующее моменту обнаружения дефекта на предыдущем прогоне, то есть $t_{n_2}^{(3)}$.

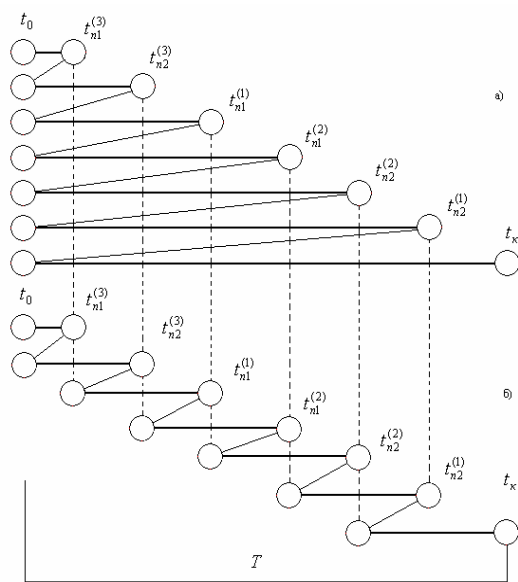


Рисунок 1 – Временные диаграммы параллельных процедур поиска дефектов в ДО: а) с повторными запусками теста после обнаружения и устранения каждого дефекта; б) с неполным реверсом теста

В дальнейшем характер процедуры сохраняется и после обнаружения, и устранения второго дефекта в первом ДО, время поиска которого $t_{n_2}^{(1)}$, тест реверсируется в состояние, предшествующее моменту обнаружения предыдущего дефекта $t_{n_2}^{(2)}$.

Из этого состояния выполняется последний прогон теста, в течение которого не обнаруживается больше ни одного дефекта, и в результате тест завершается в состоянии t_k . Суммарные временные затраты при использовании параллельной процедуры с неполным реверсом теста для рассмотренного примера определяются в виде:

$$T_r^{\Sigma(3)} = t_{n_1}^{(3)} + t_{n_2}^{(3)} + [t_{n_1}^{(1)} - t_{n_1}^{(3)}] + [t_{n_1}^{(2)} - t_{n_2}^{(3)}] + [t_{n_2}^{(2)} - t_{n_1}^{(1)}] + [t_{n_2}^{(1)} - t_{n_2}^{(2)}] + [T - t_{n_2}^{(2)}] = t_{n_2}^{(1)} + T + \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^2 t_{y_i}^{(j)} \quad (2)$$

Учитывая, что выражение (2) представляет собой знакопеременный ряд, элементы

которого взаимно уничтожаются, можно получить выражение для определения суммарных временных затрат при N диагностируемых объектах

$$T_r^{\Sigma(N)} = \max t_{n_i}^{(j)} + T + \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^j t_{y_i}^{(j)} \quad (3)$$

где $\max t_{n_i}^{(j)}$ – максимальное время поиска

среди всех существующих дефектов в N диагностируемых объектах.

Прежде чем дать формальное определение рассмотренной процедуры, целесообразно уточнить понятие реверс теста. Главным свойством процесса реверса теста является перебор тестовых векторов в последовательности, обратной ранее определенному закону. Однако реверс можно выполнять с различной степенью полноты, поэтому справедливы следующие определения.

Определение 1. Полным реверсом теста называется возврат теста из любого произвольного состояния в начальное t_0 .

Определение 2. Неполным реверсом теста называется возврат теста из любого произвольного состояния в любое из ранее имевших место за исключением начального t_0 .

Определение 3. Параллельной процедурой с неполным реверсом теста называется такая организация выполнения в системе параллельного диагностирования операций тестирования (поиска) и устранения дефектов, при которой каждый последующий прогон теста после обнаружения и устранения очередного дефекта повторяется не с начала (состояние t_0), а с момента обнаружения предыдущего дефекта на предшествующем прогоне теста.

Анализируя выражение (3), не трудно заметить, что если не учитывать временные затраты на устранение дефектов ($\bar{T}_y = 0$), то величина временных затрат на поиск дефектов по параллельной процедуре с неполным реверсом теста изменяется в следующих пределах:

$$T \leq T_r^{\Sigma(N)} \leq 2T.$$

Выигрыш во времени от использования параллельной процедуры с неполным реверсом теста по сравнению с параллельной процедурой с полным реверсом теста определяется как отношение выражений (1) и (3):

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПРОЦЕДУРА ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В ДИСКРЕТНЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ НЕПОЛНОМ РЕВЕРСИРОВАНИИ ТЕСТА

$$r = 1 + \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{\mu_j} t_{n_i}^{(j)} - \max t_{n_i}^{(j)}}{\max t_{n_i}^{(j)} + T}. \quad (4)$$

Графическая зависимость $r = f(\mu)$ при условии одинакового количества дефектов во всех N диагностируемых объектах ($\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{N(j)} = \mu$) и предельного значения максимального времени поиска $\max t_{n_i}^{(j)} \rightarrow T$, а среднее $t_{n_i}^{(j)} = T/k$, где k – коэффициент усреднения времени поиска, приведена на рис. 2. При указанных ограничениях выражение (4) преобразуется в выражение (5).

$$r = 1 + \frac{\mu N - k}{2k}. \quad (5)$$

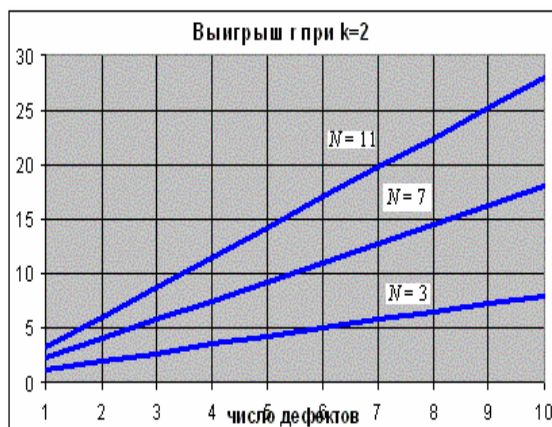


Рисунок 2 – Выигрыш во времени от применения параллельной процедуры с неполным реверсом теста по сравнению с параллельной процедурой с повторными запусками теста после обнаружения и устранения каждого дефекта

Как видно из рис. 2, с ростом количества дефектов μ в диагностируемых объектах коэффициент выигрыша во времени r от применения параллельной процедуры с неполным реверсом теста по сравнению с параллельной процедурой с полным реверсом теста линейно увеличивается, причем, чем больше объектов одновременно диагностируется, тем больше величина выигрыша.

Условие равенства количества дефектов в диагностируемых объектах не существенно, если в объектах будет различное число дефектов, то характер зависимости не изменится.

Необходимо отметить важную особенность параллельной процедуры с неполным реверсом теста: предельное значение суммарного времени поиска всех дефектов в N объектах не зависит ни от числа диагностируемых объектов, ни от количества содержащихся в них дефектов.

Пусть время поиска первого дефекта в первом ОД(1) – $t_{n1}^{(1)}=6$, первого дефекта во втором ОД(2) – $t_{n1}^{(2)}=8$, время поиска второго дефекта во втором ОД(2) – $t_{n2}^{(2)}=10$ и, соответственно, $t_{n1}^{(3)}=2$, $t_{n2}^{(3)}=4$, $t_{n2}^{(1)}=12$, а время полного прогона теста, в течение которого не обнаруживается ни одного дефекта $T = 15$.

Анализируя процесс диагностирования, можно утверждать следующее:

- ДО, как конечный автомат, имеет конечное множество состояний;

- это множество состояний для каждого конкретного случая разбивается на два непересекающихся подмножества. К одному подмножеству относятся состояния ДО, в которых не происходит обнаружение дефектов, к другому – состояния ДО, в которых происходит обнаружение дефектов, то есть одно подмножество обладает некоторым свойством, а другое – нет.

На основании этого можно от временных диаграмм перейти к конечным ориентированным графам рис. 3а, 3б.

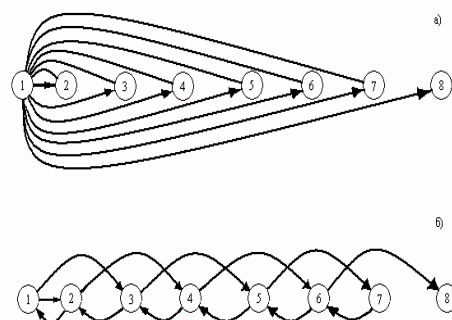


Рисунок 3 – Графы параллельных процедур поиска дефектов в ДО: а) с повторными запусками теста после обнаружения и устранения каждого дефекта; б) с неполным реверсом теста

Вершины графов 2 – 7 соответствуют состояниям ОД, в которых происходит обнаружение некоторых дефектов, (то есть i – го дефекта в j – ом ДО), а вершины 1 и 8 соответствуют начальному t_0 и конечному t_k состояниям теста и объектов.

Дуги, соединяющие вершины графов, определяют время поиска каждого из обнаруженных дефектов $t_{ni}^{(j)}$.

Так как множество возможных значений времен поиска есть конечное множество, мощность которого определяется числом тестовых векторов в тесте T , то можно сказать, что на дугах графа реализуется числовая функция, то есть каждой дуге ставится в соответствие некоторое число $t_{ni}^{(j)}$ из конечного множества T .

Пусть на T задан внутренний бинарный ассоциативный закон "+", следовательно, можно вычислить значение пути через дуги графа.

Для графа рис. 3а, отображающего параллельную процедуру поиска с полным реверсом теста после обнаружения и устранения каждого дефекта, значение пути через дуги графа обозначим S_n :

$$S_n = 2 + [2] + 4 + [4] + 6 + [6] + 8 + [8] + 10 + [10] + 12 + [12] + 15 = 42 + [42] + 15 = 99. \quad (6)$$

Аналогично для параллельной процедуры с неполным реверсом теста рис. 3б

$$S_v = 2 + [2] + 4 + [4-2] + (6-2) + [6-4] + (8-4) + [8-6] + (10-6) + [10-8] + (12-8) + [12-10] + (15-10) = 22 + [12] + 15 - 10 = 39. \quad (7)$$

В выражениях (6), (7) в квадратных скобках указаны числа на дугах графа отображающие процесс реверса теста в исходное t_0 состояние после обнаружения соответствующего дефекта.

На практике реверс теста очень часто осуществляется сбросом в соответствующее состояние, тогда эти величины можно считать равными нулю. Поэтому значения путей через дуги выражений (6), (7) изменятся:

$$S_n = 2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 12 + 15 = 57. \quad (8)$$

$$S_r = 2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 15 - 10 = 27. \quad (9)$$

Очевидно, что значение пути через дуги графа отображающего параллельную процедуру с неполным реверсом теста меньше, чем значение пути через дуги графа отображающего параллельную процедуру поиска дефектов с полным реверсом теста после обнаружения и устранения каждого дефекта,

$$S_r < S_n. \quad (10)$$

И, следовательно, можно говорить о преимуществе параллельной процедуры с неполным реверсом теста по сравнению с параллельной с полным реверсом теста, а если числовая функция на дугах графа имеет временную размерность, то можно говорить о быстродействии.

Так параллельная процедура с неполным реверсом теста в r раз быстрее параллельной процедуры с полным реверсом теста после обнаружения и устранения каждого дефекта

$$r = \frac{S_n}{S_r} = \frac{99}{39} = 2,538 \quad \text{или} \quad r = \frac{S_n}{S_r} = \frac{57}{27} = 2,111.$$

Рассмотренная процедура реализована в конкретном техническом устройстве [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизуб В.А., Никифоров С.Н. Организация параллельного поиска дефектов в типовых элементах замены судовой РЭА, Вопросы судостроения, вып. 30, 1980. – С. 33-40.
2. Кизуб В.А., Мозгалецкий А.В., Никифоров С.Н., Щербаков А.Ю. Устройство для контроля типовых элементов замены, Авт. Свид. N 832557, Бюллетень изобретений N 19, 1981, Оpubл. 28.05.1981, Заявл. 16.07.1979, 7 с.