

И.В. Пономарев, Ю.М. Рыбка

**АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ПАРАМЕТРОВ
В СИСТЕМАХ**

Аннотация. В данной работе рассмотрены методики идентификации определенных параметров (событий, элементов) в системах (множествах) из числа заданных с точностью до элемента или до конкретной группы элементов.

Ключевые слова: система; тест; вектор симптомов; множество параметров; матрица покрытий тестов.

Постановка задачи. Пусть имеется множество $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ параметров (событий), далее – элементов некоторой системы и множество $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ тестов, каждый из которых определяет наличие в системе соответствующих подмножеств элементов $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \forall Y_i \in X$. Необходимо предложить методику, позволяющую производить идентификацию наличия в системе любого из параметров системы с точностью до элемента или до конкретного набора элементов.

Основные результаты. По результатам проведенного тестирования сопоставим каждому из тестов $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ вектор симптомов $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$, причем, $\forall s_i = 1$, если тест T_i свидетельствует о наличии подмножеств элементов Y_i в системе и $\forall s_i = 0$, если таких подмножеств в системе нет.

В работе [1] были предложены структурные алгоритмы нахождения списков подозреваемых неисправностей электронных устройств, которые в работе [2] были адаптированы с целью решения задач идентификации параметров систем.

В соответствии с введенной выше системой обозначений, основные два из алгоритмов работы [1] можно записать следующим образом:

$$L = \bigcap_{i \in s_i=1} Y_i \setminus \bigcup_{j \in s_j=0} Y_j \quad (1)$$

$$L = \bigcup_{i \in s_i=1} Y_i \setminus \bigcup_{j \in s_j=0} Y_j, \quad (2)$$

где L – список элементов, имеющих в системе, причем, сначала L находится в соответствии с алгоритмом (1), а если при этом получается пустое множество, то применяется методика (2).

Замечание 1. Так как рассматриваемые системы, представимы в виде графов причинно-следственных связей [3] без циклов, подмножества Y_1, Y_2, \dots, Y_m элементов, охватываемых тестами, соответствуют строкам матриц путей таких графов, а столбцы – элементам систем. Поэтому, для удобства применения аппарата матриц, способ обозначения симптомов, по сравнению с применяемым в работе [1] изменен: вместо единицы ставится ноль и наоборот.

Первый случай соответствует наличию в системе, скорее всего, одного или, возможно, нескольких элементов из списка L , а второй – свидетельствует о присутствии в ней сразу нескольких элементов данного списка.

В данной же работе поставлена задача определения одного конкретного элемента системы, или точная идентификация конкретного подмножества ее элементов, а не списка элементов, который, является результатом работы приведенных выше алгоритмов.

Поэтому, в дальнейшем, будем считать, что в системе присутствует только один элемент или определенная группа элементов.

Как и в работе [2], введем в рассмотрение бинарную матрицу покрытий тестов C , имеющую m строк и n столбцов, где $c_{ij}=1$, если i -й тест проверяет наличие j -го элемента в системе, и $c_{ij}=0$, если это не так. При этом было учтено замечание 1.

Отметим также, что данная матрица представляет собой матрицу путей графа причинно-следственных связей, если рассматриваемую систему представить в виде такового.

Из особенностей матрицы C легко видно, что ее столбцы представляют векторы симптомов соответствующих элементов для случая наличия в системе только одного конкретного элемента, а так как однозначность при идентификации наличия элементов системы будет достигнута при полной различимости всех векторов симптомов, то необходимым и достаточным условием для этого является такая же различимость всех столбцов матрицы.

Поэтому, для обеспечения различимости всех элементов, в случае равенства каких-либо столбцов матрицы C , необходимо вводить дополнительные строки (тесты) [2].

Далее в работе [2] для случая, когда в матрице имеется два одинаковых столбца, или таких пар несколько был предложен способ решения данной задачи, который здесь мы сформулируем в виде утверждения.

Утверждение 1. С целью обеспечения различимости пары столбцов матрицы C необходимо продублировать в ней любую строку, содержащую единицу в данных столбцах, заменив при этом одну из таких единиц на ноль в одной из этих строк.

Если интерпретировать последнее утверждение в терминах задачи построения тестов, то данная операция соответствует случаю, когда при генерации нового теста просто копируется один из старых тестов и, при этом, в новом тесте исключается процедура проверки наличия одного из двух, в данном случае, элементов.

Покажем теперь, что выполнив данную процедуру, можно, не увеличивая размерности матрицы C , и, соответственно, множество тестов, идентифицировать наличие в системе также и нескольких конкретных элементов с помощью алгоритмов (1) и (2).

Очевидно, что данное представляется возможным, если все столбцы рассматриваемой матрицы различны и всего таких столбцов меньше, чем $2^m - 1$, так как нулевого столбца в матрице C не существует (это случай отсутствия какого-либо параметра в системе).

Для достижения поставленной цели требования утверждения 1 необходимо: расположить дублируемые строки рядом и заменить единицу на ноль, например, в верхней строке, хотя, впрочем, эти правила можно и не соблюдать, но, в этом случае, будет значительно сложнее указать конкретный элемент.

Затем матрицу C следует расширить добавив в нее новые столбцы, соответствующие некоторым парам различных элементов. Данная процедура состоит в том, что каждый новый столбец образуется в результате операции ЛОГИЧЕСКОЕ ИЛИ двух столбцов исходной матрицы и при этом перебираются все возможные пары столбцов. Среди полученных таким образом столбцов следует исключить столбцы, содержащиеся в матрице C изначально.

Замечание 2. Столбцов, которые имеют единицу в верхней дублируемой строке и ноль – в нижней в полученной матрице быть не должно, ибо это противоречит “строгой” версии утверждения 1.

Пример. Пусть имеется следующая матрица покрытий тестов

$$\begin{array}{c} \\ t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{array} \left| \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right|$$

Неразличимыми являются второй и третий столбцы, что соответствует неоднозначной идентификации 2-го и 3-го элементов. Введем дополнительный тест, что приводит к их различимости. Матрица S будет выглядеть:

$$\begin{array}{c} \\ t_4 \\ t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{array} \left| \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right|$$

После применения предложенной выше методики, матрица S примет свой окончательный следующий вид:

$$\begin{array}{c} \\ t_4 \\ t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{array} \left| \begin{array}{cccccccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 2,5 & 3,4 & 3,5 & ,5 & 2,3,4 & 3,4,5 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right|$$

Максимально возможная размерность матрицы по столбцам – 15, а фактическая – 11. Вектор-столбцы $\langle 1 \ 0 \ 0 \ 0 \rangle$, $\langle 1 \ 0 \ 0 \ 1 \rangle$, $\langle 1 \ 0 \ 1 \ 0 \rangle$ и $\langle 1 \ 0 \ 1 \ 1 \rangle$ в ней отсутствуют, что соответствует замечанию 2.

В работе предлагалось при расширении матрицы S использовать пары элементов, однако в данном примере найдены и две тройки однозначно идентифицируемых элементов.

Выводы. Таким образом, в данной работе предложена методика, позволяющая производить идентификацию конкретного (одного) элемента (параметра) в определенной системе или определение одно-временного наличия конкретных групп элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбка Ю.М. Алгоритмы структурно-функционального диагностирования электронных устройств. – В сб. Приборы и методы автоматизации экспериментальных исследований. Днепропетровск, ДГУ, 1984, С 88-91.
2. Рыбка Ю.М. Методика идентификации параметров систем // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1(72) – Дніпропетровськ, 2011. – С 51-53.
3. Основы технической диагностики. Кн. I. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза/Под ред. П.П. Пархоменко.– М.:«Энергия», 1976. – 464 с.