

УДК 681.518.5  
ББК 32.817

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ДИАГНОСТИКИ, ЗАДАННОГО СИГНАЛЬНЫМИ ГРАФАМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Дубов А. В.<sup>1</sup>**

*(Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный радиотехнический университет», Рязань)*

*В работе описаны способы отыскания информационных моделей объектов диагностики с обратными связями, представленных сигнальными графами составляющих их функциональных элементов, позволяющие использовать их в качестве составных частей более сложных устройств.*

Ключевые слова: сигнальный граф, функциональный элемент, регулярные выражения.

### **1. Введение**

Для возможности диагностирования объект диагностики (ОД) должен быть разбиваем на связанные между собой функциональные элементы (ФЭ), каждый из которых может находиться в работоспособном или неработоспособном состояниях [2]. Причем, как отмечается в [1], для возможности сужения области рассмотрения выходов ФЭ и определения порядка проведения проверок выходов ФЭ из числа предположительно отказавших как при одиночных, так и при одновременных отказах, они должны быть заданы в виде сигнальных подграфов графа причинно-следственных связей ОД (рис. 1).

---

<sup>1</sup> Антон Владимирович Дубов, аспирант, (dubovanton@mail.ru)

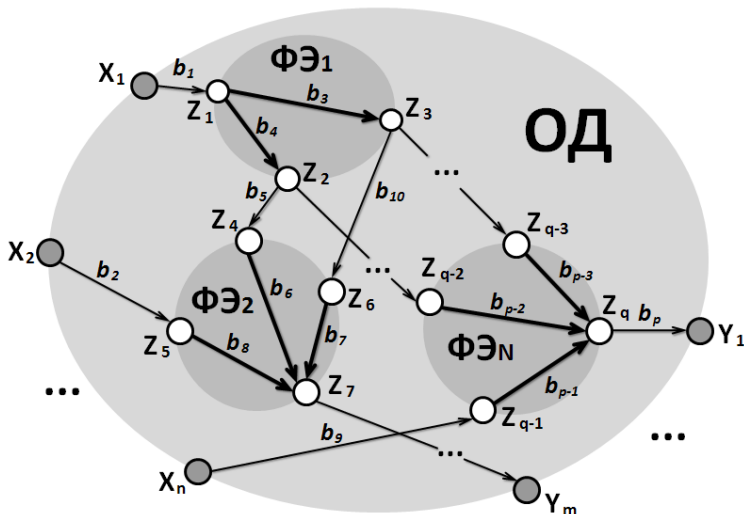


Рис. 1. Структура сигнального графа ОД

В данном рассмотрении сигнальным графом будем называть ориентированный граф, соответствующий линейным или линеаризованным системам уравнений математической модели ОД. Вершины сигнального графа ОД соответствуют сигналам на входах  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  и выходах  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$  ОД или на входах и выходах  $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_q\}$  ФЭ, а ветви – передаточным функциям  $(b_1, b_2, \dots, b_p)$ , характеризующим связь между этими сигналами и образующим квадратную матрицу соединений  $B$  объекта диагностики. Входа ОД являются вершинами-источниками сигнального графа и отображают независимые сигналы. Выхода ОД являются вершинами-стоками и отображают зависимые сигналы. Вершины ФЭ, соответствующие входящим и исходящим ветвям, называют смешанными.

Таким образом, граф (подграф) причинно-следственных связей ОД (ФЭ) устанавливает влияние какого-либо сигнала на входе ОД (ФЭ) на формирование того или иного сигнала на том или ином выходе ОД (ФЭ).

Так как ОД в свою очередь может являться составной частью более крупного устройства, то актуальной задачей является выявление информационных взаимосвязей между входами и

выходами ОД (представление его в виде переходного графа причинно-следственных связей), по которым в дальнейшем можно определить аналитические функциональные модели ОД. Задача определения информационных моделей ОД прежде всего тесно связана с отысканием регулярных выражений (событий), описывающих функционирование ОД. Причем решение этой задачи для реальных систем часто усложняется наличием обратных связей внутри структуры ОД. Ниже приводится алгоритм выявления регулярных выражений между входами  $X$  и выходами  $Y$  ОД, основанный на теории сигнальных графов.

## 2. Определение информационных моделей ОД

Тождественные преобразования, применяемые к сигнальным графам, можно распространить на графы ОД. Примеры сигнальных графов, соответствующих элементарным выражениям дизъюнкции и умножению, а также эквивалентные преобразования этих графов приведены на рис. 2.

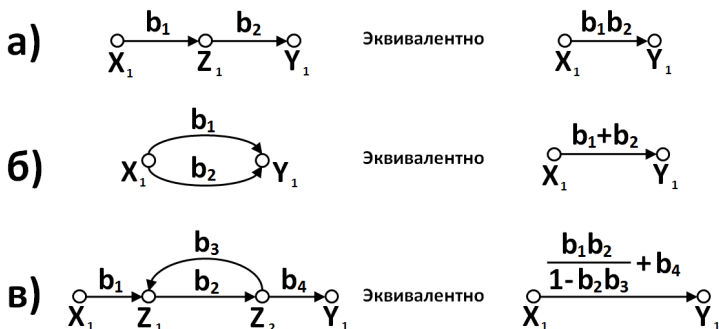


Рис. 2. Эквивалентные преобразования сигнальных графов

Задачу отыскания регулярных событий на выходах абстрактного ОД можно решить графическим и аналитическим методами.

## 2.1. ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

Отыскание регулярных событий, переводящих граф ОД из входных сигналов множества  $X$  в каждый выходной сигнал множества  $Y$  сводится к нахождению ветвевых переходов из вершин  $X$  в  $Y$ . В этом случае граф ОД приводится к переходному графу, имеющему только вершины из множеств  $X$  и  $Y$ , а веса этих переходов как раз и являются искомыми регулярными событиями.

При сведении графа ОД к переходному графу с вершинами из множеств  $X$  и  $Y$  остальные вершины, принадлежащие множеству  $Z$ , должны быть удалены. Любой граф ОД можно привести к переходному графу с помощью элементарных преобразований, показанных на рис. 2. Сформулируем алгоритм отыскания регулярных событий, основанный на теории сигнальных графов.

1. По графу ОД определяем источники (вершины множества  $X$ ) и стоки (вершины множества  $Y$ ). Переходим к 2.

2. Все параллельные дуги приводим к дугам с коэффициентом передачи, равным сумме коэффициентов исходных дуг (рис. 2а); последовательные – к дугам с коэффициентом передачи, равным произведению коэффициентов исходных дуг (рис. 2б); контуры – по приведенной формуле (рис. 2в). Переходим к 3.

3. Устраняем последовательно вершины графа ОД, входящие в множество  $Z$ .

Покажем работу алгоритма на примере.

Пусть дан ОД, граф которого показан на рис. 3. Требуется найти регулярные события по выходам  $Y$ .

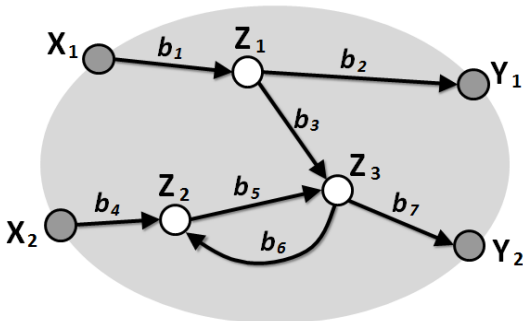


Рис. 3. Сигнальный граф ОД

Источниками графа являются вершины  $X_1$  и  $X_2$ , стоками –  $Y_1$  и  $Y_2$ . Исключая вершины графа  $Z_1$ ,  $Z_2$  и  $Z_3$  получаем ветвевые переходы (рис. 4), которые определяют искомые регулярные события  $Y_1$  и  $Y_2$ :

$$Y_1 = b_1 b_2 X_1,$$

$$Y_2 = \frac{b_1 b_3 b_7}{1 - b_5 b_6} X_1 + \frac{b_5 b_4 b_7}{1 - b_5 b_6} X_2.$$

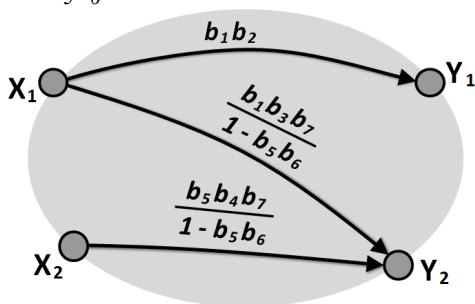


Рис. 4. Информационная модель ОД

## 2.2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Аналитический метод состоит в нахождении регулярных событий для множества  $Y$  на выходах ОД, путем решения системы линейных уравнений в алгебре событий. Запишем систему в виде уравнения

$$(1) \quad R = R^T B + C,$$

где  $B$  – матрица соединений ОД,

$R = \{X, Z, Y\}$  – вектор сигналов (событий) в вершинах

ОД,

$$C = \begin{cases} e, & \text{если } R = \{X\}; \\ 0, & \text{если } R = \{Z, Y\}. \end{cases} \text{ где } e \text{ – характеризует пустую}$$

букву.

Пример. Пусть дан ОД, граф которого показан на рис. 3. Найти регулярные события по выходам  $Y_1$  и  $Y_2$ . Уравнение (1) для данного случая будет иметь вид

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = (X_1 X_2 Z_1 Z_2 Z_3 Y_1 Y_2) \begin{pmatrix} 0 & 0 & b_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_3 & b_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_6 & 0 & 0 & b_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ e \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

По этому уравнению запишем следующую систему:

$$\begin{cases} X_1 = e \\ X_2 = e \\ Z_1 = b_1 X_1 \\ Z_2 = b_4 X_2 + b_6 Z_3 \\ Z_3 = b_3 Z_1 + b_5 Z_2 \\ Y_1 = b_2 Z_1 \\ Y_2 = b_7 Z_3 \end{cases}$$

Систему уравнений решаем методом последовательного исключения неизвестных. Получим

$$Y_1 = b_2 Z_1 = b_2 b_1 X_1;$$

$$Z_3 = b_3 Z_1 + b_5 Z_2 = b_3 b_1 X_1 + b_5 (b_4 X_2 + b_6 Z_3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Z_3 = \frac{b_3 b_1 X_1 + b_5 b_4 X_2}{1 - b_5 b_6},$$

$$Y_2 = b_7 Z_3 = b_7 \frac{b_3 b_1 X_1 + b_5 b_4 X_2}{1 - b_5 b_6} = \frac{b_7 b_3 b_1}{1 - b_5 b_6} X_1 + \frac{b_7 b_5 b_4}{1 - b_5 b_6} X_2,$$

которые являются регулярными событиями на выходе ОД.

Нетрудно убедиться, что полученные регулярные события устанавливают алфавит и вес параметров ОД и характеризуют взаимосвязь входных и выходных характеристик ОД. С учетом этого регулярные события ОД можно представить в виде аналитических формул, которые являются функциональными моделями ОД. То есть рассматриваемое диагностируемое устройство может являться функциональным элементом (составной частью) для более крупного ОД.

### 3. Заключение

Рассмотренные графический и аналитический методы нахождения информационных моделей объектов диагностики

дают возможность устанавливать влияние входов ОД на его выхода даже в том случае, когда исходные модели содержат обратные связи. Это позволяет использовать получаемые модели ОД в качестве функциональных элементов при построении более сложных устройств.

### **Литература**

1. ДУБОВ А.В., КАПРАНОВ А.П., СУСКИН В.В., ШЕВЧЕНКО В.Ф. *Об одном варианте решения технического диагностирования радиоэлектронных средств / Управление большими системами. Выпуск 31. М.: ИПУ РАН, 2010. С. 363–377.*
2. СЕРДАКОВ А.С. *Автоматический контроль и техническая диагностика.* – «Техніка», 1971. – 244с.

### **DETERMINATION OF THE DIAGNOSTIC OBJECT INFORMATION MODEL SET BY SIGNAL GRAPHS OF FUNCTIONAL ELEMENTS**

**Anton Dubov**, the post-graduate student, (dubovanton@mail.ru).

Abstract: In article search methods of diagnostic objects information models with the feedback are presented. It allows to use them as components of more difficult devices.

Keywords: signal graph, functional element, regular expressions.