

УДК 681.3

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Т. Т. Оморов¹, Н. С. Асылбеков²

¹Национальная академия наук Кыргызской Республики,
720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, просп. Чуй, 265а

²Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
724400, Кыргызская Республика, г. Кара-Балта, просп. Т. Кожомбердиева, 77а
E-mail: asnur2002@mail.ru

Рассмотрены подходы к определению неизвестных оператора и диаграммы нейронной сети при её анализе для диагностики цифровых систем.

Ключевые слова: нейронная сеть, диагностика, цифровая система, функциональная диаграмма элемента.

Введение. Разработка экспертных систем для различных практических приложений, в том числе для решения задачи диагностики цифровых систем, в рамках общей методики поиска их неисправности предполагает интеграцию системы, основанной на знаниях, с нейросетевой экспертной системой.

Применение технологий нейронных сетей даёт возможность повысить эффективность процесса поиска неисправности системы на элементном уровне. Также нейронные сети позволяют воспроизвести любую потенциальную ошибку как на структурном, так и на элементном уровне, т. е. нейронная сеть является связующим звеном между этими уровнями.

Идентификация неисправных элементов цифровой системы. По определению [1, 2] нейронная сеть есть совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих нейронов, предназначенная для приёма, обработки и выдачи дискретной информации. Как известно, её функционирование описывается совокупностью логических функций

$$F_i = \varphi_i(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta), \quad i = \overline{1, N},$$

где F_i — выходы системы; $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta$ — входные дискретные (логические) переменные системы.

Задача анализа такой сети близка к задаче диагностики ошибок в цифровой системе. В зависимости от исходных данных, наряду с задачами [3], необходимо решать следующие:

Задача 1. По заданной схеме нейронной сети, в которой известны входы $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta$ и выходы F_i , требуется определить операторы сети φ_i .

Задача 2. По заданной схеме нейронной сети, в которой известны входы $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{k-1}, \psi_{k+1}, \dots, \psi_\delta$ и выходы F_i , необходимо найти неизвестный вход ψ_k .

Рассмотрим решения этих задач при условии, что они существуют. Данное предположение имеет смысл, так как нейронная сеть является эквивалентом реальных цифровых вычислительных систем, в частности конечных автоматов с памятью и без памяти (комбинационных схем).

Решение задачи 1. Предлагается алгоритм определения функции элементов сети (рис. 1), где Ψ_k — функция k -го нейрона.

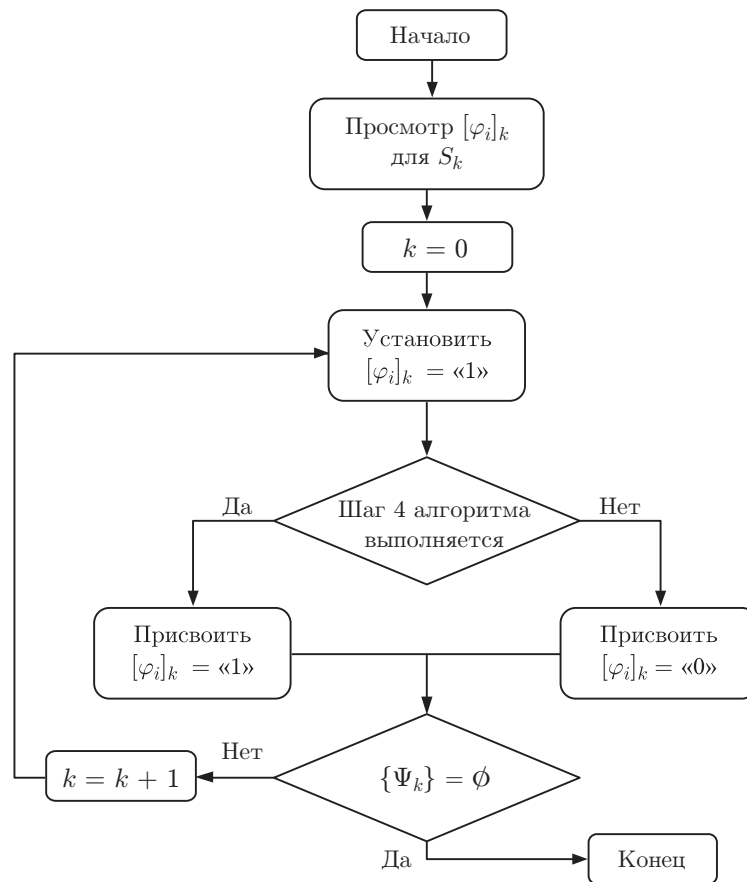


Рис. 1

Алгоритм работает следующим образом.

1. По заданной схеме цифрового устройства создать эквивалентную нейронную сеть и матрицу диаграмм определения функции φ_i .

2. Последовательно для каждой k -й ячейки S_k (для $[\varphi_i]_k$) проверить символ «1» на удовлетворение результирующей функции, т. е. установить, сохраняются ли символы в F_i .

3. Проверить для данной ячейки символ «0» на удовлетворение результирующей функции.

4. Если при испытании символ «1» подтверждается, а символ «0» не подтверждается, то для данного минтерма задать символ «1». В противном случае назначить символ «0».

Рассмотрим пример. Пусть известны функции F_i , реализуемые схемой комбинационного устройства, а также функции элементов 2, 3, 4 (рис. 2, a — схема электрическая принципиальная).

Требуется определить функцию, реализуемую элементом 1 (рис. 2, b — эквивалентная нейронная сеть), соответствующую оператору сети φ_i .

Испытания начинаются с ячейки S_0 , которой соответствует двоичный набор $\langle 000 \rangle$ (табл. 1). Данный набор имеется в ячейках $[\psi_i]_0, [\psi_i]_1, [\psi_i]_2, [\psi_i]_4$ (S_0, S_1, S_2, S_4), и в соответствующих ячейках $[F]_0, [F]_1, [F]_2, [F]_4$ записаны «0», поэтому согласно алгоритму «1» в $[\varphi]_0$ не удовлетворяет F_0 , а «0» удовлетворяет, в результате ячейке $[\varphi]_0$ присваивается «0». Следующей ячейке S_1 соответствует набор $\langle 001 \rangle$, который имеется в $[\psi_i]_5$, и в ячейке $[F]_5$ записан символ «1», следовательно, $[\varphi]_1$ присваивается «1». Аналогично определяются остальные элементы $[\varphi]_i$.

Известно, что функциональный узел реализует ошибочную функцию F_i^* . Требуется по

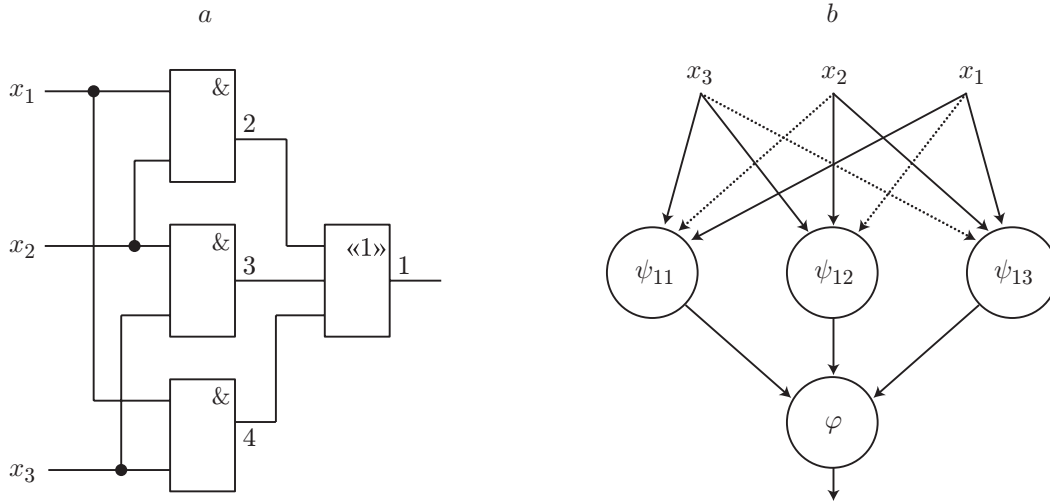


Рис. 2

входным переменным и реальной выходной характеристике $F_i^*(x_1, x_2, \dots, x_\delta)$ установить исправность элемента φ_i .

Результаты испытаний приведены в табл. 2, где «+» означает, что испытуемый символ удовлетворяет результирующей функции, а «-» нет. Как видно из таблицы, искомая диаграмма φ_i получается после восьми шагов испытаний. Очевидно, что это одна из задач, которая решается при поиске неисправности в цифровой схеме. Для диагностики данную задачу можно переформулировать следующим образом.

Предположим, что в некотором узле схемы имеется единичный отказ и предыдущий узел исправен, т. е. входные переменные этого узла соответствуют заданным значениям. Неисправная схема реализует некоторую функцию $F_i^*(x_1, x_2, x_3)$, устанавливаемую также контрольным измерением на выходе узла. Тогда неисправный элемент, реализующий произвольную функцию φ_i^* , может быть определён восстановлением функциональной диаграммы элемента φ_i . Если данный элемент реализует функцию φ_i^* и реализуемая схемой функция соответствует $F_i^*(x_1, x_2, x_3)$, то неисправность элемента подтверждается. В противном случае проверяются остальные элементы схемы.

Решение задачи 2. Её можно интерпретировать следующим образом. Если решение задачи 1 не получено, т. е. $F_i^* \neq \varphi_i(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta)$, то требуется последовательно решать задачу 2 для элементов $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta$.

Таблица 1

Матрица диаграмм определения функции φ_i

$\langle x_1 x_2 x_3 \rangle$	ψ_{11}	ψ_{12}	ψ_{13}	φ_i	F_i	S_k
000	0	0	0	0	0	S_0
001	0	0	0	1	0	S_1
010	0	0	0	1	0	S_2
011	0	1	0	0	1	S_3
100	0	0	0	1	0	S_4
101	0	0	1	0	1	S_5
110	1	0	0	0	1	S_6
111	1	1	1	1	1	S_7

Таблица 2

Результаты испытаний при определении функции φ_i

Шаг	S_k	Испытуемый символ	Результат испытаний	Испытуемый символ	Результат испытаний	Общий результат (символ в $[\varphi_i]_k$)
1	S_0	0	+	1	–	0
2	S_1	0	–	1	+	1
3	S_2	0	–	1	+	1
4	S_3	0	+	1	+	0
5	S_4	0	–	1	+	1
6	S_5	0	+	1	+	0
7	S_6	0	+	1	+	0
8	S_7	0	–	1	+	1

Методика решения задачи аналогична предыдущей и подобна алгоритму рис. 1. Необходимо проверить каждый элемент $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\delta$ на соответствие результирующей функции F_i^* . Установленный таким образом нейрон однозначно соответствует неисправному элементу схемы. При этом выполняются следующие шаги:

— последовательно для каждой ячейки $[\psi]_i$ испытать символ «1» на удовлетворение результирующей функции, т. е. проверить, сохраняются ли символы в F_i ;

— для данной ячейки $[\psi]_i$ проверить символ «0» на удовлетворение результирующей функции;

— если при испытании символ «1» подтверждается, а символ «0» нет, то для данного минтерма установить символ «1», в противном случае установить символ «0».

Рассмотрим пример. Пусть известны функции F_i , реализуемые схемой комбинационного устройства, а также функции элементов 1, 3, 4 (функции нейронов $\varphi, \psi_{11}, \psi_{12}$) (см. табл. 1). Требуется определить реализуемую элементом 2 функцию ψ_{13} (см. рис. 2).

В табл. 3 приведены результаты испытаний на каждом шаге и окончательный вид диаграммы ψ_{13} .

Таблица 3

Результаты испытаний определения функции ψ_{13}

Шаг	S_k	Испытуемый символ	Результат испытаний	Испытуемый символ	Результат испытаний	Общий результат (символ в $[\psi]_i$)
1	S_0	0	+	1	–	0
2	S_1	0	+	1	–	0
3	S_2	0	+	1	–	0
4	S_3	0	+	1	–	0
5	S_4	0	+	1	–	0
6	S_5	0	–	1	+	1
7	S_6	0	+	1	–	0
8	S_7	0	–	1	+	1

Таким образом, разработанная методика локализации неисправности системы состоит из следующих основных этапов:

1) в соответствии с диагностической моделью объекта и по изложенным выше принципам строится нейронная сеть;

2) полученная сеть приводится к каноническому виду;

3) решается задача 2, в которой определяется неизвестный вход Ψ_k , и в результате идентифицируется неисправный элемент, т. е. локализуется место отказа на элементном уровне.

Заключение. Предложенный в данной работе механизм анализа нейронных сетей даёт возможность эффективно решать задачи алгебраических преобразований булевых функций, которые обычными аналитическими методами решаются со значительными затратами. Представление нейронной сети в виде матриц позволяет легко реализовать рассмотренные задачи с применением компьютерных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 452 с.
2. Горбань А. Н., Россиев Д. А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука, 1996. 276 с.
3. Асылбеков Н. С., Каримов Б. Т., Каримова Г. Т., Арзыгулова А. Ж. Модификация метода анализа нейронной сети для решения задач технической диагностики // Матер. Междунар. конф. «Телекоммуникационные и информационные технологии. Состояние и перспективы развития». Бишкек, 2008. С. 329–333.

Поступило в редакцию 30 ноября 2009 г.
