

применение автоматических производственных управляющих систем.

Приведенная методика оценки уровня автоматизации может быть полезна многим российским предпринимателям и ИТ-менеджерам как при анализе предлагаемых к внедрению, так и при оценке существующих систем автоматизации.

Литература

1. *Kaber, D. B.* Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved

control system functioning and safety / D. B. Kaber and M. R. Endsley. – 1997.

2. *Phillip, J.* Durst and Wendell Gray / J. Phillip // Levels of Autonomy and Autonomous System Performance Assessment for Intelligent Unmanned Systems. – 2014.

3. *Sheridan, T. B.* Human and computer control of undersea teleoperators / T. B. Sheridan, V. Verplank, L. William. – 1978.

4. Standard interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability (STANAG 4586).

УДК 681.3

В. Л. Тамп, Н. В. Тамп

Череповецкое высшее военное инженерное училище радиоэлектроники,

А. Н. Зуев

Череповецкий государственный университет

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ХЕММИНГА

В статье обосновывается необходимость правильной идентификации протоколов для пакетных радиосетей, функционирующих в условиях помех. Предлагается распознавать тип протокола на основе нейронной сети Хэмминга. Особенностью данного подхода является уверенное определение заданных протоколов при наличии помех в канале связи. Приведен пример практической реализации алгоритма для распознавания протоколов транспортного уровня сетевой иерархии.

Динамические переменные, нейронная сеть Хэмминга, ИВС, протокол.

The article proves the necessity of correct identification of protocols for packet radio networks, operating in conditions of interference. It is suggested to recognize the type of the protocol using neural network Hamming. The feature of this approach is the confident identification of the given protocols in the presence of noise in the communication channel. An example of the practical implementation of the recognition of the protocols of the transport layer of the network hierarchy algorithm is provided.

Dynamic variables, computing network, protocol, Hamming neural network.

Введение

Информационно-вычислительные сети (ИВС) представляют наиболее динамичную и эффективную отрасль автоматизированной технологии процессов передачи информации. Основой построения сетей является эталонная модель взаимодействия открытых систем. Работа каждого из уровней модели определяется применяемыми протоколами информационного обмена (ПИО).

Для обеспечения эффективного функционирования сети должен обеспечиваться оперативный контроль процедур информационного обмена. Один из вариантов контроля предусматривает формирование динамических переменных (ДП) на основе составляющих потока протокольных блоков данных (ПБД). В роли признаков субпотоков могут выступать используемые стеки протоколов, сокет и т. д.

Процесс контроля работы сети можно разделить на два этапа: анализ и мониторинг [3]. На этапе анализа осуществляется сложный процесс получения детальной информации об используемых протоколах, особенностях применяемых форматов ПБД, сопоставления ее с данными, полученными ранее, и выработки рекомендаций по мониторингу сети.

Далее выполняется этап мониторинга – процедура получения информации на основе заданных условий (IP-адресов, №№ портов и т. д.). Для проведения мониторинга сетевого трафика используются анализаторы протоколов. При контроле пакетных радиосетей, использующих для обмена сообщениями радиоканалы, на протокольные блоки данных воздействуют помехи. Это приводит к проблемам достоверной идентификации протоколов, так как существующие анализаторы, как правило, используют алгоритмы распознавания, основанные на сравнении с эталонами.

Для решения данной проблемы предлагается подход, при котором распознавание типов протоколов будет осуществляться на основе нейронных сетей.

Основная часть

В роли нейронной сети выбрана нейронная сеть Хэмминга, основанием послужили следующие ее достоинства [2]:

– сеть работает предельно просто и быстро, так как в модели использован один из самых простых алгоритмов формирования синаптических весов и смещений сети;

– использует ассоциативную память, когда нет необходимости, чтобы сеть в явном виде выдавала анализируемый протокол, т. е. достаточно, скажем, получать только его номер;

– способна найти минимальную погрешность, если погрешности входных бит являются случайными и независимыми.

В роли исходных данных для работы предлагаемой нейронной сети в роли основного признака выступает поле «Протокол» – идентификатор протокола транспортного уровня, указывающий, какому протоколу транспортного уровня принадлежит пакет (рис. 1).

В таблице приведены некоторые протоколы транспортного уровня сетевой иерархии, по которым возможно осуществление прореживания потоков ПБД.

Предлагаемая нейронная сеть состоит из двух слоев (рис. 2), причем первый и второй слои имеют по m нейронов, где m – число образцов, под которыми понимается набор протоколов транспортного уровня. В рамках поставленной задачи $m=8$. Нейроны первого слоя имеют по восемь синапсов, так как работа ведется побайтно, соединенных с входами сети.

I октет		II октет	III октет		IV октет
Длина заголовка (4 бита)	Номер версии (4 бита)	Тип сервиса (8 бит)	Общая длина (16 бит)		
Идентификатор (16 бит)			Смещение	Флаги (3 бита)	Фрагмента (13 бит)
Время жизни (8 бит)		Протокол (8 бит)	Контрольная сумма (16 бит)		
Адрес отправителя (31 бита)					
Адрес получателя (31 бита)					
Резерв (поле переменной длины)		Выравнивание до 32-битовой границы			

Рис. 1. Формат заголовка IP

Протоколы транспортного уровня сетевой иерархии

Таблица

Значение поля	Протокол	Назначение
0	Зарезервировано	Зарезервировано
1	ICMP	Протокол управляющих сообщений
2	IGMP	Протокол управления группами
4	IP	Инкапсуляция IP в IP
6	TCP	Протокол управления передачей
8	EGP	Внешний шлюзовый протокол
17	UDP	Протокол пользовательских дейтограмм
88	IGRP	Внутренний протокол маршрутизации
89	OSPF	«Первый кратчайший путь»

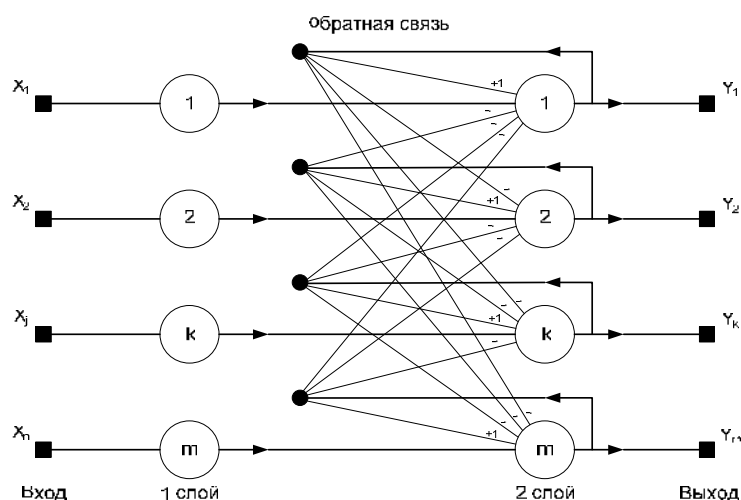


Рис. 2. Структурная схема сети Хэмминга

Инициализация весовых коэффициентов первого слоя производится следующим образом:

$$w_{ij} = \frac{x_i^j}{2}, \quad i = 0...7, \quad (1)$$

где x_i – запоминаемые образы, i – соответствующий компонент вектора x_i , j – номер образа.

На входы сети подается неизвестный вектор $X\{x_i : i = 0...7\}$, исходя из которого рассчитываются состояния нейронов первого слоя (верхний индекс в скобках указывает номер слоя). Далее следует расчет состояния нейронов первого слоя:

$$y_j^{(1)} = s_j^{(1)} = \sum_{i=0}^7 w_{ij} x_i + T_j, \quad (2)$$

где x_i – неизвестный образ, $T = n/2 = 4$ – порог активационной функции.

После этого полученными значениями инициализируются значения аксонов второго слоя:

$$y_j(2) = y_j(1), \quad j = 0...7. \quad (3)$$

Затем вычисляются новые состояния нейронов второго слоя:

$$s_j^{(2)}(p+1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{k=0}^7 y_k^{(2)}, \quad k \neq j, \quad j = 0...7, \quad (4)$$

где p – номер итерации, $0 << 1/m$

$$y_j^{(2)}(p+1) = f[s_j^{(2)}(p+1)], \quad j = 0...7, \quad (5)$$

где f – пороговая активационная функция.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & 0 \leq x < F \\ F, & x \geq F \end{cases} \quad (6)$$

где F – порог активационной функции. Обычно F выбирается достаточно большим, так, чтобы при любом допустимом значении входа не наступало насыщение. На практике F обычно берется равным количеству примеров.

Алгоритм распознавания типа протокола транспортного уровня на основе нейронной сети Хемминга приведен на рис. 3.

Рассмотрим особенности основных этапов разработанного алгоритма на конкретном примере.

1. В качестве исходных данных эталоны полей протоколов транспортного уровня: *ICMP*, *IGMP*, *IPinIP*, *TCP*, *EGP*, *UDP*, *IGRP*, *OSPF*. Эталоны протоколов транспортного уровня обозначим как $V_1, V_2, \dots, V_8$.

Для пяти эталонов сеть должна иметь по пять Z-, A- и Y-нейронов. Наличие восьми битов в эталоне

и входной последовательности определяют восемь S-нейронов:

$$V_1 = (-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 1),$$

$$V_2 = (-1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1),$$

$$V_3 = (-1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1),$$

$$V_4 = (-1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1),$$

$$V_5 = (-1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1),$$

$$V_6 = (-1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, 1),$$

$$V_7 = (-1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1),$$

$$V_8 = (-1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, 1).$$

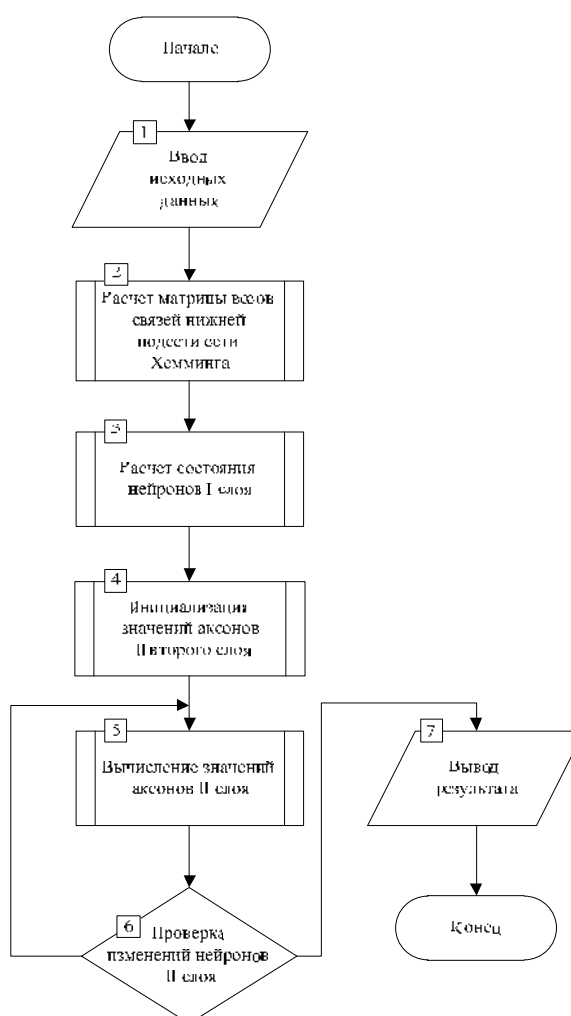


Рис. 3. Алгоритм распознавания типа протокола транспортного уровня

Также на входе битовая последовательность:

$S_1 = (-1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1)$ – протокол *TCP* с ошибкой в восьмом бите.

2. Зная значения эталонов и их число по соотношению $\omega_{1k} = \frac{v_1^k}{2}, \dots, \omega_{mk} = \frac{v_m^k}{2}$, рассчитаем матрицу $|W_{ik}| = (i = \overline{1, 8}, k = \overline{1, 8})$ весов связей нижней подсети сети Хемминга:

$$W_{ik} = \begin{matrix} & V^1(Z_1) & V^2(Z_1) & V^3(Z_1) & V^4(Z_1) & V^5(Z_1) & V^6(Z_1) & V^7(Z_1) & V^8(Z_1) \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \end{matrix} & \begin{vmatrix} -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 & -0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 & -0,5 & -0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 & 0,5 & -0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 \\ -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 \\ -0,5 & 0,5 & -0,5 & 0,5 & 0,5 & -0,5 & -0,5 & -0,5 \\ -0,5 & 0,5 & -0,5 & 0,5 & 0,5 & -0,5 & -0,5 & 0,5 \end{vmatrix} \end{matrix},$$

где для наглядности строки и столбцы матрицы пронумерованы соответственно с помощью S -элементов и эталонов V^p или нейронов Z_p взятых в круглые скобки.

Смещения $b_1, \dots, b_8$ Z -нейронов рассчитываются с помощью выражения:

$$b_1 = b_2 = \dots = b_8 = \frac{m}{2} = \frac{8}{2} = 4.$$

Функции активации Z -нейронов зададим соотношением:

$$g_z = (U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} \leq 0, \\ k_1 U_{\text{вх}}, & \text{если } 0 \leq U_{\text{вх}} \leq U_n, \\ U_n & \text{если } U_{\text{вх}} \geq U_n. \end{cases}$$

при $k_1 = 0,1$ и $U_n = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{0,1} = 10$.

Функции активации Y -нейронов определим как функции

$$g_y = (U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх}} > 0, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх}} \leq 0. \end{cases}$$

Константу ε , определяющую веса отрицательных связей в подсети, найдем из равенства $\varepsilon = \frac{1}{n}$, а так как $n = 8$, то $\varepsilon = 0,125$.

3. Рассчитаем функционирование при предъявлении входной последовательности S_1 . После предъявления S_1 на выходах S -нейронов в силу того, что их выходные сигналы повторяют входные

$$\left(U_{\text{вх}} = \begin{cases} +1, & \text{если } s_i^q = 1, \\ -1, & \text{если } s_i^q = -1. \end{cases} \right), \text{ появится вектор сиг-}$$

налов $S_{\text{вых}S} \equiv S^1$. Используя выходные сигналы S -элементов, каждый Z -нейрон рассчитывает свой входной сигнал в соответствии с выражением

$$U_{\text{вх}Z_k} = \frac{m}{2} + \sum_{i=1}^m \omega_{ik} S_i^*, \text{ матрицей весов и смещением}$$

$$b_k, k = \overline{1,8}$$

$$\begin{matrix} U_{\text{вх}Z_1} \\ U_{\text{вх}Z_2} \\ U_{\text{вх}Z_3} \\ U_{\text{вх}Z_4} \\ U_{\text{вх}Z_5} \\ U_{\text{вх}Z_6} \\ U_{\text{вх}Z_7} \\ U_{\text{вх}Z_8} \end{matrix} = \begin{vmatrix} 6 \\ 6 \\ 6 \\ 7 \\ 4 \\ 5 \\ 2 \\ 3 \end{vmatrix}.$$

4. По входному сигналу $U_{\text{вх}Z_k}$, используя свою функцию активации

$$g_z = (U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} \leq 0, \\ k_1 U_{\text{вх}}, & \text{если } 0 \leq U_{\text{вх}} \leq U_n, \\ U_n & \text{если } U_{\text{вх}} \geq U_n. \end{cases}$$

при $k_1 = 0,1$ и $U_n = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{0,1} = 10$, каждый Z -нейрон рассчитывает свой выходной сигнал:

$$\begin{matrix} k_1 U_{\text{вх}Z_1} \\ k_2 U_{\text{вх}Z_2} \\ k_3 U_{\text{вх}Z_3} \\ k_4 U_{\text{вх}Z_4} \\ k_5 U_{\text{вх}Z_5} \\ k_6 U_{\text{вх}Z_6} \\ k_7 U_{\text{вх}Z_7} \\ k_8 U_{\text{вх}Z_8} \end{matrix} = \begin{vmatrix} 0,6 \\ 0,6 \\ 0,6 \\ 0,7 \\ 0,4 \\ 0,5 \\ 0,2 \\ 0,3 \end{vmatrix}.$$

Вектор $U_{\text{вх}Z} = (0,6; 0,6; 0,6; 0,7; 0,4; 0,5; 0,2; 0,3)$ является входным вектором подсети, которая начинает итерационный процесс выделения максимального выходного сигнала при начальных условиях. Для $t = 1$ имеем

$$\begin{array}{l|l} U_{\text{вых}\Delta 1}(1) & 0,19 \\ U_{\text{вых}\Delta 2}(1) & 0,19 \\ U_{\text{вых}\Delta 3}(1) & 0,19 \\ U_{\text{вых}\Delta 4}(1) & 0,3 \\ U_{\text{вых}\Delta 5}(1) & 0 \\ U_{\text{вых}\Delta 6}(1) & 0,08 \\ U_{\text{вых}\Delta 7}(1) & 0 \\ U_{\text{вых}\Delta 8}(1) & 0 \end{array} =$$

Расчеты показали, что анализируемая битовая последовательность S_1 относится к четвертому эталону – *TCP*. Таким образом, нейронная сеть распознала последовательность, принятую с ошибкой.

5. Проверка изменений выходов нейронов второго слоя за последнюю итерацию. Если да – перейти к этапу 5. Иначе – этап 7.

6. Вывод результата. На выходе алгоритм распределит принадлежность входного потока соответствующему эталону.

Выводы

В статье обоснован выбор нейронной сети Хэмминга для выделения признаков динамических переменных для контроля функционирования пакетных радиосетей в условиях воздействия помех. Разработан алгоритм и приведен конкретный пример распознавания типа протокола транспортного уровня.

Литература

1. *Блакьер, О.* Анализ нелинейных систем / О. Блакьер. – М., 1969.
2. *Короткий, С.* Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга / С. Короткий. – URL: <http://www.shestopaloff.ca/kyriako/Russian/ArtificialIntelligence/Somepublications/KortkyNeuronnetworkLectures.pdf>.
3. *Тамп, В. Л.* Технический анализ дискретных последовательностей / В. Л. Тамп. – Череповец, 2007.