

Бодин О.Н., Пижонков Я.А., Фирсов Д.С., Шилов Н.С. Особенности нейросетевого анализа сложных биологических сигналов в среде MATLAB. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2017. – С. 80-83.

УДК 616.1:004.89

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ MATLAB

О.Н. Бодин, Я.А. Пижонков, Д.С. Фирсов, Н.С. Шилов

FEATURES OF A NEURO NETWORK ANALYSIS OF COMPLEX BIOLOGICAL SIGNALS IN THE MEDIUM OF MATLAB

O.N. Bodin, Ya.A. Pizhonkov, D.S. Firsov, N.S. Shilov

Аннотация. Статья посвящена нейросетевому анализу биологических сигналов, таких как электрокардиосигнал (ЭКС) и речевой сигнал, в условиях двигательной активности и сложной сигнально-помеховой обстановки.

Рассмотрено формальное представление нейронной сети, на основе которого выбрана структура нейронной сети LVQ. В результате тестирования обученной нейронной сети LVQ установлено, что её чувствительность и специфичность к ЭКС-признакам инфаркта миокарда на 10% выше, чем у методов амплитудно-временного анализа ЭКС.

Ключевые слова: сложные биологические сигналы, нейронная сеть, нейросетевой анализ.

Abstract. The article is devoted to neural network analysis of biological signals, such as ECG signal and speech signal in conditions of motor activity and a complex signal-interference situation.

A formal representation of the neural network is considered on the basis of which the structure of the LVQ neural network is chosen. As a result of testing the trained neural network of LVQ, it was found that its sensitivity and specificity to the signs of myocardial infarction is 10% higher than in the methods of amplitude-time analysis of ECG signal.

Keywords: complex biological signals, neural network, neural network analysis.

Нейросетевой анализ используется для решения широкого круга научно-технических задач в медицине, экологии, биологии. В медицину активно внедряются нейросетевые экспертные системы [3], а в психологии имеются попытки использования аналогий с искусственными нейронными сетями для решения психологических задач [4, 5].

Нейронные сети эффективно работают на больших интервалах времени и в непрерывных режимах, ведут распределенную обработку входных информационных потоков и работают с нестационарными входными сигналами, характерными для реальной окружающей среды. Такими задачами являются, например, задачи в системах распознавания речи [7], оценки функционального состояния организма [2] и визуальных паттернов [6] в условиях динамических изменений окружающей обстановки. Сложная сигнально-помеховая обстановка не позволяет «заложить» в память компьютера *все виды* сложных биологических сигналов, поэтому альтернативы нейросетевому анализу нет, и данная работа посвящена особенностям построения нейронной сети (НС) в среде разработки MATLAB. Благодаря наличию инструментальных средств для разработки НС и среды Simulink, позволяющей проектировать структуру НС, имеющейся в MATLAB, именно эта среда была выбрана в качестве среды для разработки.

Теоретическим обоснованием данной работы является математическое представление формального описания нейронных сетей для работы на больших временных интервалах и в режимах непрерывного функционирования, распределенной обработки информации и обработки нестационарных сигналов [1]. Согласно этому подходу уравнение функционирования i -го формального нейрона нейронной сети

$$\alpha_i^k = \arctg(\gamma_i, \rho_i^k + \omega_i \rho_i^{k-1}),$$

где γ_i и ω_i – подстроечные коэффициенты, а

$$\rho_i^k = \sum_j \alpha_j^{k-1} x_{ij} + A_i^k,$$

где α_j – сигналы от других нейронов; k – дискретный момент времени функционирования сети; x_{ij} – вес связи от i -го нейрона к j -му; A_i – внешний входной сигнал i -го нейрона, должно быть дополнено членом $\theta_i(n)$, содержащем информацию о конкретном биологическом сигнале:

$$\alpha_i^k = \Theta_i(n) \arctg(\gamma_i, \rho_i^k + \omega_i \rho_i^{k-1}),$$

где n – номер класса для входных данных.

$$\text{При этом } \Theta_i(n) = \mu(1 - (v, n - \phi)^2) e^{-\frac{(v, n - \phi)^2}{2}},$$

где μ_i – коэффициент масштабирования; v_i – коэффициент сжатия / растяжения; ϕ_i – коэффициент смещения по оси дискретного времени.

Такая нейронная сеть будет избирательно реагировать на входные данные, распределяя их обработку по пространству сети.

Для синтеза и просмотра в среде MATLAB разрабатываемой структурной схемы НС используется набор инструментов (*toolbox*) «Neural Network Toolbox».

Процесс обучения НС, а именно качество и время обучения, зависит от того, насколько сложную НС мы хотим создать и обучить. Основную роль играет объем обучающей выборки, число нейронов, количество входов в обучающей выборке и количество эпох обучения. После задания необходимых параметров и запуска процесса обучения на экран будет выведен график зависимости ошибки обучения от числа эпох обучения.

После обучения нейронной сети можно переходить к процессу тестирования. Для этого необходима выборка из не менее 10 заранее известных сигналов, на которых НС не обучалась. После запуска процесса тестирования, в окне «**Command Window**» будет выведен результат (см. рисунок), который будет принят за ошибку обобщения (отношение количества распознанных сигналов к общему числу тестовых сигналов).

The screenshot shows the MATLAB environment. The workspace window lists the following variables:

Name	Size	Bytes	Class
InTest	100x10	8000	double array
LVQ_in100	1x1	36474792	struct array
LVQ_izb10	1x1	46857640	struct array
NetOutputs	2x650	10400	double array
NetResult	2x10	160	double array
Td	100x650	520000	double array
Test	1x1	235122	struct array
Tc	2x650	10400	double array

The Command Window shows the following output:

```

TRAINR, Epoch 36/40
TRAINR, Epoch 37/40
TRAINR, Epoch 38/40
TRAINR, Epoch 39/40
TRAINR, Epoch 40/40
TRAINR, Maximum epoch reached.

ans =

     0     0     0     0     2.0000    53.8130

>> InTest=Test.in100.III_NNET.TrainInput;
>> NetResult=sim(net,InTest)

NetResult =

     1     1     1     1     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     1     1     1     1     1     1

>> |

```

Результат тестирования НС

Результат тестирования НС показывает, что система правильно определила все 10 тестовых сигналов. Ошибка обобщения в данном случае равна 0.

Электрокардиографическая диагностика – одна из важнейших областей медицины. Основным компонентом такой диагностики является сигнал электрокардиографии, характеризующий заболевания сердечно-сосудистой системы. Для полного анализа сигнала существует 12 стандартных отведений для регистрации сигнала. В ходе рассмотрения теории применения нейронных сетей, для решения задачи распознавания сигналов отведений, а также для решения задачи распознавания речи, было определено, что подходят лишь две структуры сетей: радиальная сеть PNN и самоорганизующаяся сеть LVQ.

Библиографический список

1. Басканова Т.Ф., Ланкин Ю.П. Нейросетевой анализ непрерывных потоков нестационарных данных // Искусственный интеллект. 2009. №4. С. 483-489.
2. Бодин О. Н. Основы построения систем для обработки кардиографической информации: монография. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. 187 с.
3. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 276 с.
4. О'Конор Джозеф. Нейронные сети и стратегии НЛП / О'Конор Джозеф., Ван дер Хорст Брайен // «NLP» нейро-лингвистическое программирование. Вестник современной практической психологии. Заказ № 551. 1998. С. 27-39.
5. Дилтс Роберт. Моделирование с помощью НЛП / пер. с англ. СПб.: Питер, 2001. 288 с. (Серия «Практикум по психотерапии»).
6. Рудаков П.И. Обработка сигналов и изображений. MATLAB 5.x / П.И. Рудаков, В.И. Сафонов / под общ. ред. В.Г. Потемкина. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. 416 с.
7. Савченко В.В. Распознавание речевых команд методом фонетического декодирования слов с подавлением фонового шума // Информационные технологии. 2016. №1. С. 76–79.

Бодин Олег Николаевич
Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия
E-mail: bodin_o@inbox.ru

Пижонков Ярослав Андреевич
Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия

Фирсов Дмитрий Сергеевич
Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия

Шилов Никита Сергеевич
Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия

Bodin O.N.
Penza State University,
Penza, Russia

Pizhonkov Ya.A.
Penza State University,
Penza, Russia

Firsov D.S.
Penza State University,
Penza, Russia

Shilov N.S.
Penza State University,
Penza, Russia