

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  $\gamma_i$  и  $\omega_i$  – подстроечные коэффициенты, а

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

где  $\alpha_j$  – 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.

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

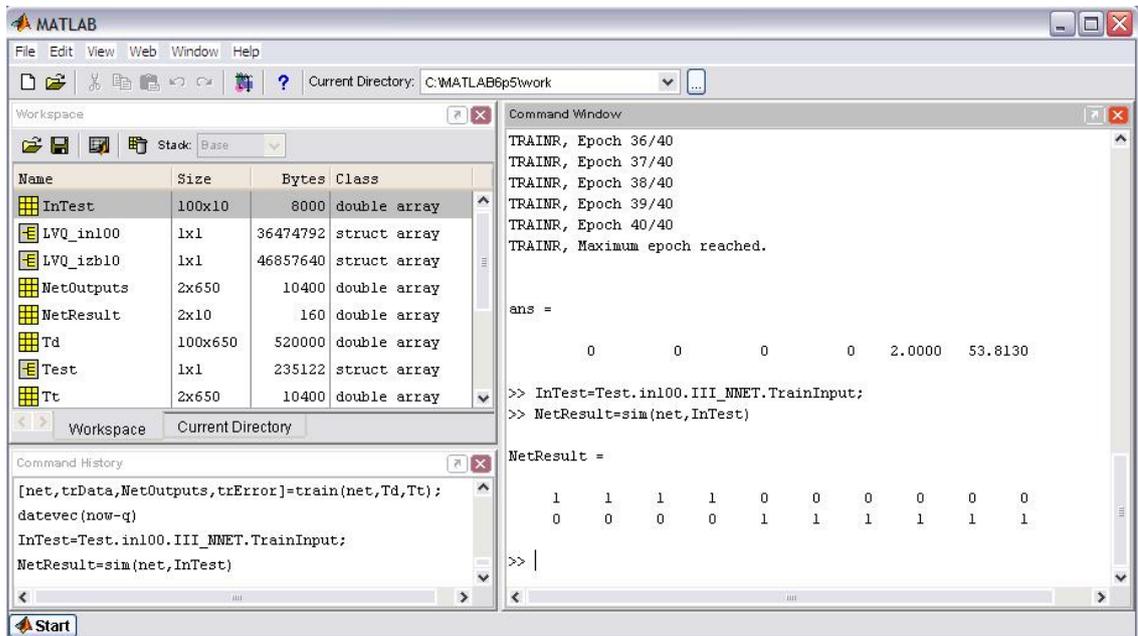
где  $\mu_i$  – коэффициент масштабирования;  $v_i$  – коэффициент сжатия / растяжения;  $\phi_i$  – коэффициент смещения по оси дискретного времени.

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).



### 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