

УДК 004.89:61

ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМ И ПАТОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Горюнова Т.И., Кухтевич И.И.

ФГОУ В «Пензенский государственный технологический университет», Пенза,
e-mail: gvv17@ya.ru

В статье рассмотрены особенности создания интерфейса нейронной сети для представления электрокардиосигнала. Представлен алгоритм распознавания патологического и нормального электрокардиосигнала в среде MATLAB. Кроме этого проведено сравнение функциональных возможностей программных средств, реализующих нейронные сети. Помимо диагностических характеристик представлены эксплуатационные требования, которые определяют эффективность функционирования биомедицинских систем в клинике. Подчеркнуто, что система должна обеспечивать ведение непрерывного в реальном масштабе времени наблюдения и контроля сигналов ЭКГ от нескольких больных одновременно. А так же обнаруживать нарушения ритма и давать количественную оценку интенсивности появления кратковременных ранних нарушений норм и патологий. Причём в системе должна быть предусмотрена автоматическая регистрация участков ЭКГ, вызвавших тревогу, для последующего их детального анализа и отображения текущего состояния.

Ключевые слова : кардиосигнал, биомедицинская система, нейронные сети

STUDY OF NORMS AND PATHOLOGIES OF ELECTROCARDIOSIGNAL WITH USING NEURAL NETWORKS

Goryunova T.I., Kukhtevich I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru

The article deals with the features of creating the interface of a neural network for the presentation of an electrocardiac signal. An algorithm for recognizing pathological and normal electrocardiograms is presented in the MATLAB environment. In addition, a comparison of the functionality of software that implements neural networks. In addition to the diagnostic characteristics, operational requirements that determine the effectiveness of the functioning of biomedical systems in the clinic are presented. It is emphasized that the system should ensure the continuity in real-time monitoring and monitoring of ECG signals from several patients simultaneously. And also to detect a rhythm disturbance and to give a quantitative assessment of the intensity of the appearance of short-term early violations of norms and pathologies. Moreover, the system should provide for automatic registration of the ECG areas that caused the alarm, for their subsequent detailed analysis and display of the current state.

Keywords: cardiosignal, biomedical system, neural networks

Нейронные сети способны решать задачи, не поддающиеся формализации [1-3]. На основе нейросетей многими исследователя были разработаны различные прогностические и диагностические медицинские системы [4-5], в том числе при создании систем диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы [6].

Помимо диагностических характеристик рассматриваемый класс биомедицинских систем должен удовлетворять ряду эксплуатационных требований, которые определяют эффективность их функционирования в клинике. К числу этих требований относятся следующие:

- система должна обеспечивать ведение непрерывного в реальном масштабе времени наблюдения и контроля сигналов ЭКГ от нескольких больных одновременно. Управление видеотображением ЭКГ должно быть обеспечено как у постели каждого пациента, так и на центральном посту; система должна с высокой степенью точности обнаруживать нарушения ритма, указан-

ные, и давать количественную оценку интенсивности появления кратковременных ранних норм и патологий;

- система должна выдавать несколько сигналов тревоги по принципу приоритетов;

- в системе должна быть предусмотрена автоматическая регистрация участков ЭКГ, вызвавших тревогу, для последующего их детального анализа;

- система должна отображать текущее состояние всех пациентов и иметь возможность отображения истории изменения состояния каждого пациента, чтобы медицинский персонал мог судить о необходимости или об эффективности терапевтических мер в борьбе с различными ранними патологиями;

- система должна работать при наличии сигналов ЭКГ, содержащих помехи. При больших уровнях помех она должна прерывать анализ ЭКГ с выдачей соответствующего сигнала на индикатор;

- система должна быть экономически эффективной в расчете на одного пациента.

Кроме того, должна быть обеспечена высокая надежность системы при ее непрерывной работе в течение продолжительного времени (более суток). При этом, система может считаться работоспособной только при условии полной ее проверки в условиях реальных кардиологических отделений.

В таблице представлены типы сетей доступных с интерфейсом NNTool [1-2].

Должно быть очевидно преимущество применения системы по сравнению с обычным обслуживанием пациентов. Последнее

требование имеет большое значение для признания целесообразности введения тех или иных автоматических методов наблюдения клинике. Исследования показывают, что с помощью биомедицинской системы можно обнаруживать значительно более высокий процент патологических ритмов, чем обнаруживает их дежурная сестра по осциллографу в палате на несколько больных. Однако обнаружение этих дополнительных изменений ритма, еще не означает улучшения в лечении пациента.

Типы сетей, доступных с интерфейсом NNTool

№ п/п	Тип сети	Название сети	Число слоев
1	Competitive	Конкурирующая сеть	1
2	Cascade-forwardbackprop	Каскадная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки	2
3	Elmanbackprop	Сеть Элмана с обратным распространением ошибки	2
4	Feed-forward backprop	Сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки	2
5	Time delay backprop	Сеть с запаздыванием и обратным распространением ошибки	2
6	Generalizedregression	Обобщенная регрессионная сеть	2
7	Hopfield	Сеть Хопфилда	1
8	Linear layer (design)	Линейный слой (создание)	1
9	Linear layer (train)	Линейный слой (обучение)	1
10	LVQ	Сеть для классификации входных векторов	2
11	Perceptron	Перцептрон	1
12	Probabalistic	Вероятностная сеть	2
13	Radial basis (exact fit)	Радиальная базисная сеть с нулевой ошибкой	2
14	Radial basis (fewer neurons)	Радиальная базисная сеть с минимальным числом нейронов	2
15	Self-organizing map	Самоорганизующаяся карта Кохонена	1

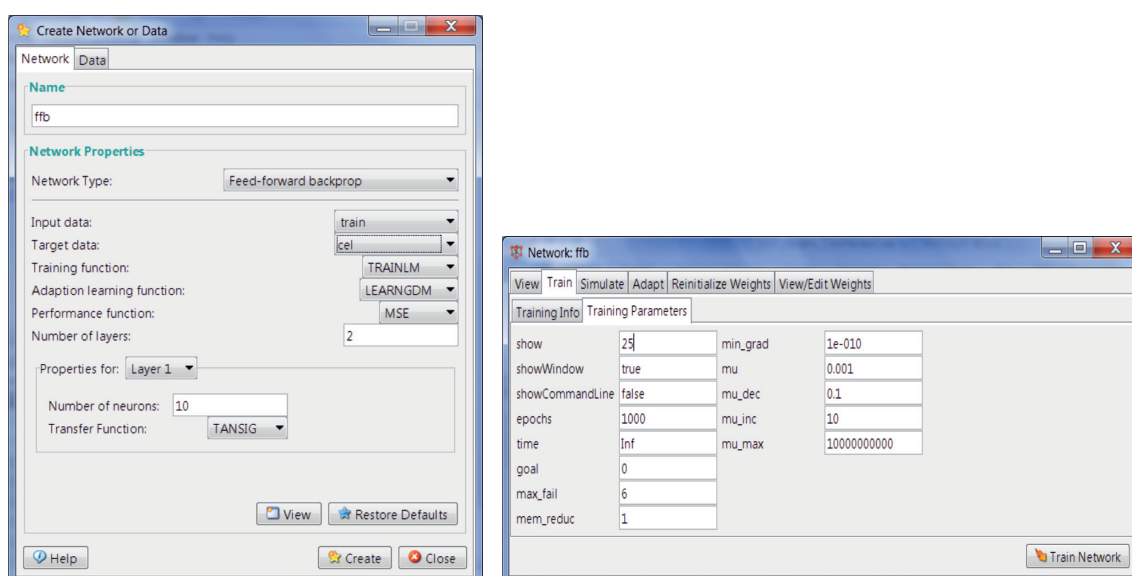


Рис. 1

Вышеперечисленные требования в полном объеме не выполняются ни для одной из существующих биомедицинских систем, однако, они дают возможность определить пути выполнения данных требований при разработке новых систем. Конечно, основной критерий качества биомедицинской системы – это надежность распознавания с использованием нейросетевых технологий.

В процессе подготовительного этапа разработки интерфейса стало необходимым создать нейронную сеть, обучить ее и настроить. Согласно алгоритму, представленному на рис. 1 была создана сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки (Feed-forwardbackprop) (рис. 1) [3].

Именно такая архитектура сети и параметры обучения, давали наименьшую ошибку.

Нейронная сеть обучилась за 18 эпох (рис. 2).

Обучающая последовательность представляла собой массив данных, показанных на рис. 3. Вектор входных значений состоял длительностей R-Интервалов в миллисекундах. В норме этот показатель электрокардиосигнала варьируется в пределах 600-1200 миллисекунд, иные значения свидетельствуют о патологиях. Таким образом, была сформирована последовательность целевых значений: норме соответствовало значение 0, патологии 1.

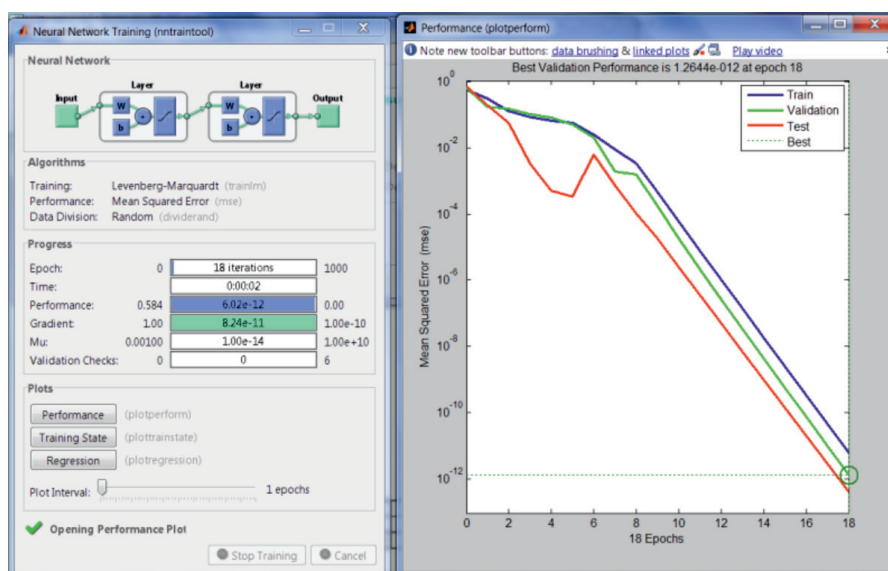


Рис. 2

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
R-R	target	R-R	target	R-R	target	R-R	target	R-R	target
749	0	1639	1	1301	1	820	0	1136	0
987	0	1204	1	429	1	1059	0	840	0
1025	0	746	0	528	1	921	0	834	0
1112	0	968	0	969	0	1172	0	1022	0
1147	0	1024	0	1041	0	1035	0	790	0
1409	1	1688	1	897	0	967	0	1125	0
318	1	1455	1	810	0	1125	0	797	0
1212	1	1348	1	366	1	334	1	1633	1
313	1	723	0	434	1	865	0	869	0
973	0	1488	1	932	0	1685	1	453	1
521	1	1357	1	1126	0	425	1	1036	0
1433	1	962	0	953	0	426	1	418	1
971	0	763	0	1504	1	1358	1	849	0
727	0	879	0	1486	1	1407	1	902	0
702	0	1036	0	1278	1	832	0	838	0
1575	1	1175	0	1512	1	841	0	515	1
327	1	1158	0	1239	1	1067	0	396	1
1576	1	842	0	529	1	961	0	841	0
1699	1	480	1	1165	0	806	0	1052	0
		1240	1					813	0

Рис. 3

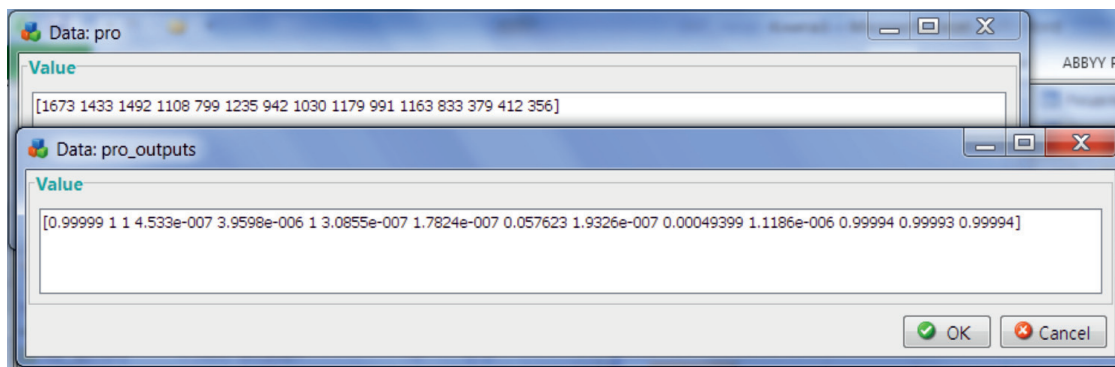


Рис. 4

Обучение прошло успешно, среднее значение ошибки составляло $3.4667e-004$. Соответствие полученных результатов работы сети ожидаемым подтверждалось проведением дополнительных экспериментов. Пятнадцать значений как нормальных, так и патологических интервалов были распознаны с высокой точностью рис. 4.

При создании нейронной сети, необходимо выполнить следующие операции:

1) сформировать последовательность входов и целей (кнопка NewData) либо загрузить их из рабочей области системы MatLab или из файла (кнопка Import);

2) создать новую нейронную сеть (кнопка NewNetwork) либо загрузить ее из рабочей области систем MatLab или из файла (кнопка Import);

3) выбрать тип нейронной сети и нажать кнопку Train..., чтобы открыть окно для задания параметров процедуры обучения;

4) открыть окно Network для просмотра, обучения, моделирования и адаптации сети.

Список литературы

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2001.
2. Основные концепции нейронных сетей: пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2001.
3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
4. Кухтевич И.И., Горюнова В.В., Горюнова Т.И. Практика проектирования и использования телеконсультационных центров неврологического профиля // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-11. – С. 2365-2369.
5. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И. Основные тенденции в развитии медицинских информационных систем // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5-1. – С. 58-62.
6. Черепанов Ф.М. Исследовательский симулятор нейронных сетей, обзор его приложений и возможности применения для создания системы диагностики заболеваний сердечнососудистой системы // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 56-60.