

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

**Применение искусственной нейронной сети на базе однослойного
персептрона для распознавания отклонений деятельности дыхательной
системы**


АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 205 группы
направления 03.04.02 «Физика»,
профиль подготовки «Медицинская физика»
факультета nano- и биомедицинских технологий

Казина Дмитрия Андреевича

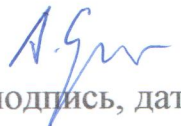
Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н.

А.Э. Постельга

 9.06.17
подпись, дата

Зав. кафедрой
профессор, д. ф.-м. н.

А.В. Скрипаль

 9.06.17
подпись, дата

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все большую актуальность и важность приобретают исследования, связанные с проблемой освоения методики распознавания образов и сигналов на основании статистических данных, получаемых при обследованиях с помощью современных биомедицинских приборов.

Одной из целей современной науки является поиск возможностей применения искусственных нейронных сетей (ИНС) при обработке и анализе результатов измерений биомедицинских показателей пациентов.

Цель данной работы: реализация искусственной нейронной сети, классифицирующей входные данные на сигналы условно здоровых и больных испытуемых в целях медицинской экспресс-диагностики.

В связи с этим можно сформулировать задачи, необходимые для достижения вышеуказанной цели:

1. Произвести обзор существующих методов диагностики функции внешнего дыхания и выделить их недостатки.
2. Описать существующие нейронные сети, изучить возможность их применения для анализа биомедицинских сигналов.
3. Описать существующие методы использования ИНС в медицине.
4. Провести модельный эксперимент по созданию программы, реализующей принцип работы однослойного персептрона с функцией обучения, проверить ее способность классифицировать квазигармонические сигналы по уровню высокочастотного шума.
5. Провести обучение нейронной сети на основании предложенных реальных сигналов радиочастотного СВЧ-автодина, полученных при отражении от грудной клетки двух категорий испытуемых: условно здоровых и больных.

6. Подать на входы обученной нейросети сигналы испытуемых из неизвестной категории и определить, являются ли они условно здоровыми или больными.

7. Прodelать аналогичные действия с сигналами, полученными с видеоокулографа при изучении движения зрачка во время слежения за объектом условно здоровых людей и испытуемых с диагнозом «шизофрения».

8. Подготовить данную тему к внедрению в учебный процесс путем создания обучающего пособия для студентов, благодаря которому они смогут изучить работу однослойного персептрона и понять принцип действия ИНС на практике.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, состоит в следующем:

1. Разработана программа, осуществляющая принцип работы однослойного персептрона.

2. Созданный программный продукт успешно выполняет поставленные задачи: классифицирует входные данные на сигналы условно здоровых и больных испытуемых.

3. Написано методическое пособие для студентов, обучающее созданию и применению ИНС.

Магистерская работа состоит из введения, содержания, 3 глав, заключения, списка использованных источников и 3 приложений. В 3 главе приведено описание методики создания программного продукта, представлены результаты исследований, проведенных на трех видах сигналов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена актуальность темы исследований, сформулирована цель магистерской работы и задачи, необходимые для ее достижения.

В первой главе приведена информация о ныне существующих методах и средствах для оценки функций внешнего дыхания, приведено описание приборов, используемых для этой цели.

Во втором разделе приведено понятие искусственной нейронной сети, однослойного персептрона, когнитрона, современных методов использования ИНС в медицине.

В третьем разделе описан эксперимент по созданию собственной ИНС и создание методического пособия для студентов.

Для выполнения практической части данной работы была выбрана структура однослойного персептрона как одной из самых простых нейронных сетей, подходящих для достижения поставленной цели.

Целью эксперимента являлось создание программного продукта, классифицирующего входные сигналы по уровню зашумленности; а также нейросети, классифицирующей сигналы испытуемых на сигналы условно здоровых и больных. Программа написана на языке программирования C++ в среде разработки Visual Studio 2008.

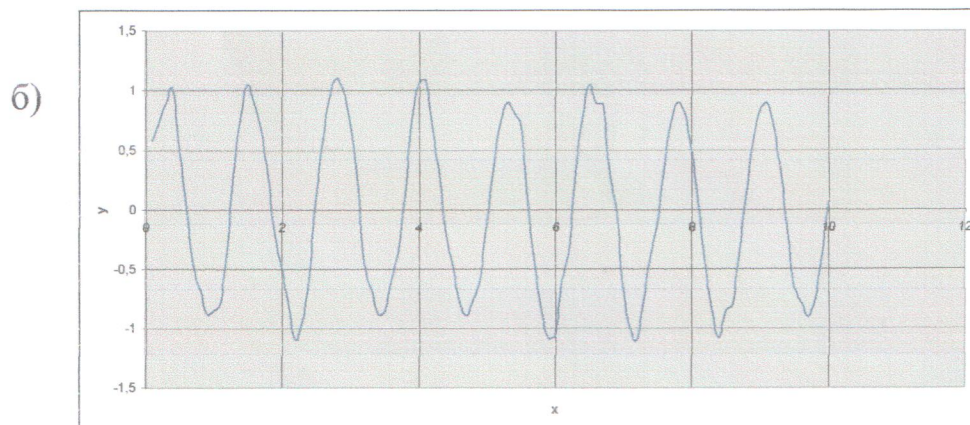
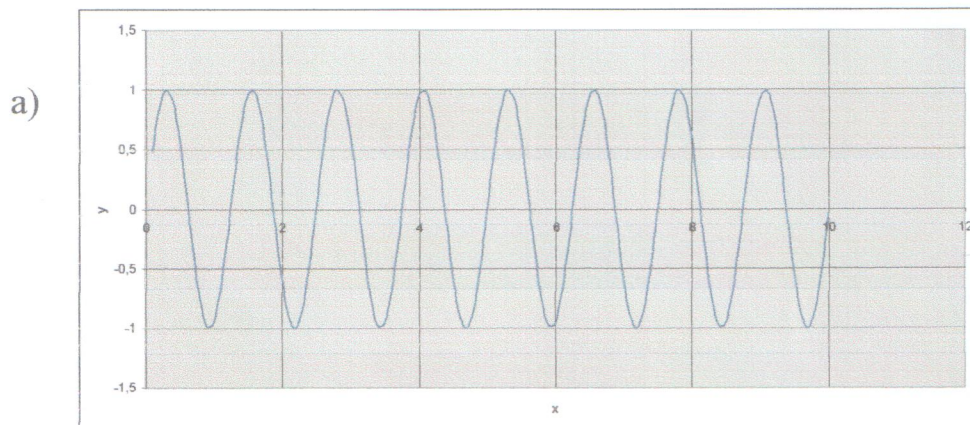
В ходе выполнения работы был проведен модельный эксперимент по выявлению уровня шума во входном сигнале. Целью эксперимента являлось создание программного продукта, классифицирующего входные сигналы по уровню зашумленности.

Входной сигнал представляет собой большое количество значений синуса (30 текстовых файлов, в каждом из которых записано по 100 пар аргумент-синус). Шаг изменения значения аргумента составляет 0.1, начальное значение 0.1, конечное – 10. 10 файлов содержали в себе не

зашумленное значение синуса, 10 обладали средним зашумлением, 10 – сильным.

Синус аргумента x представляет собой выражение $\sin(2\pi \cdot f \cdot x)$, где f – частота сигнала, которой присваивались значения от 0.8 до 1.16 с шагом 0.04 (разные для каждого файла).

Зашумление осуществлялось по формуле: $\sin(2\pi \cdot f \cdot x) + sh$, где переменная $sh = \pm 0.1$ для среднего зашумления и $sh = \pm 0.3$ для сильного. На рис.11 представлены примеры графиков не зашумленного синуса, а также среднего и сильного зашумления.



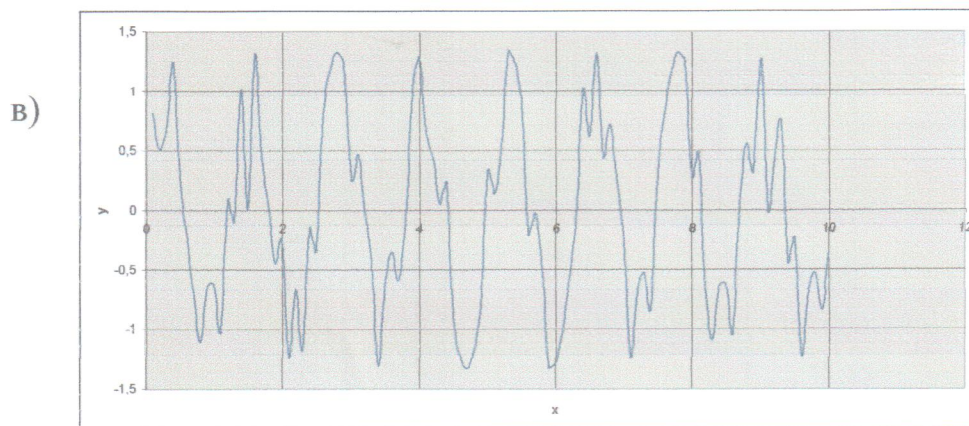


Рисунок 1. Графики синусоидального сигнала: а) не зашумленный; б) средне зашумленный; в) сильно зашумленный

Первым этапом программирования нейронной сети является создание таблицы весовых коэффициентов (в нашем случае, размером 100 строк на 3 столбца), синаптические веса задаются произвольными числами порядка 10^{-5} .

Далее создаются 30 текстовых файлов, содержание которых описано выше.

Работа блока программы, отвечающей за обучение персептрона, заключается в том, что на вход нейронной сети подаются поочередно файлы (массивы), содержащие в себе синусоидальный сигнал. Рассмотрим случай, когда на вход подаются не зашумленные синусы. Значения синусов i -й строки перемножаются с соответствующими элементами таблицы весовых коэффициентов: i -ми строками первого столбца, затем 100 полученных произведений суммируются и получается значение, обозначаемое в программе переменной $sum0$. Аналогичным образом получают суммы $sum1$ и $sum2$. Среди этих чисел находится максимум. Если значение $sum0$ не максимально, то нужно увеличивать весовые коэффициенты в первом столбце до тех пор, пока значение $sum0$ не станет наибольшим из имеющихся трех значений. Коэффициенты увеличиваются по формуле:

$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \nu \cdot \delta \cdot x_i$, где ν - скорость обучения сети, которая изначально задана в программе значением 0.01, которое увеличивалось в 10 раз, если сеть не обучалась; $\delta = \max\{-sum0, 0\}$, а x_i - i -й аргумент входного файла.

Такие операции производятся с каждым файлом, с тем отличием, что для средне зашумленного синуса требуется, чтобы наибольшим было значение $sum1$, а для сильно зашумленного – значение $sum2$.

Обучение проводилось в порядке «не зашумленный сигнал – средне зашумленный – сильно зашумленный».

После того, как программа проанализировала 30 файлов, будем считать, что нейронная сеть прошла обучение. Заключительным этапом является проверка работы сети.

На вход подается очередной файл, состоящий из аргументов и их синусов, при этом программе не сообщается, является ли синус зашумленным или нет. В случае успешного прохождения обучения нейронная сеть сообщит, какой степенью зашумления обладает данный сигнал.

Проверка показала, что обучение нейронной сети прошло успешно. Выяснилось, что персептрон безошибочно определяет степень зашумления 90% сигналов, которые подаются ему на вход.

На втором этапе проведения эксперимента нейронная сеть была перепрограммирована с тем, чтобы обучить ее работе на сей раз с сигналами радиочастотного СВЧ-автодина, полученными при отражении от грудной клетки двух категорий испытуемых: условно здоровых и больных.

Входной сигнал представляет собой огибающую максимумов вейвлет-спектра формы движения грудной клетки вследствие дыхания – 1 столбец числовых значений, всего их 3001.

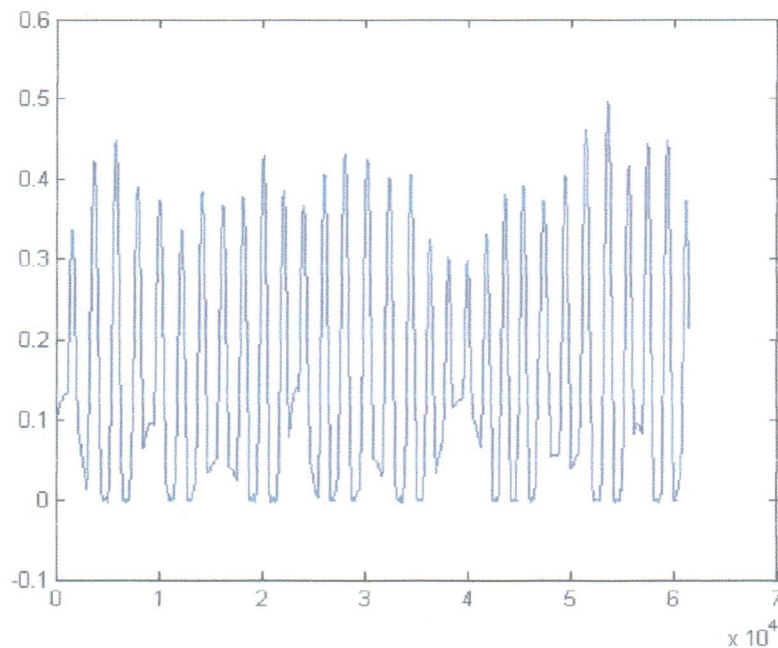


Рисунок 2. Огибающая максимумов вейвлет-спектра сигнала условно здорового человека

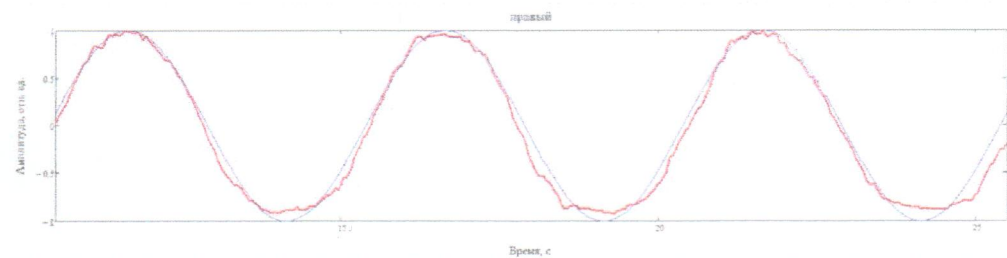
Работа блока программы, отвечающей за обучение персептрона, заключается в том, что на вход нейронной сети подаются поочередно файлы (массивы), содержащие в себе спектр входного сигнала.

Рассмотрим случай, когда на вход подаются сигналы условно здоровых испытуемых. Значения i -й строки перемножаются с соответствующими элементами таблицы весовых коэффициентов: i -ми строками первого столбца, затем 3001 полученное произведение суммируется и получается значение, обозначаемое в программе переменной $sum0$. Аналогичным образом получается сумма $sum1$. Если значение $sum0$ меньше, то нужно увеличивать весовые коэффициенты в первом столбце до тех пор, пока значение $sum0$ не станет больше $sum1$.

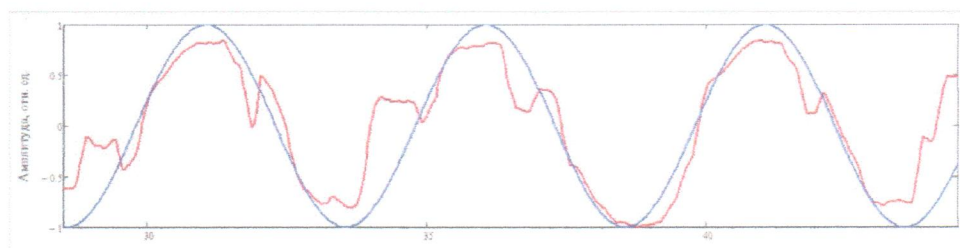
После того, как программа проанализировала 100 файлов (50 сигналов условно здоровых и столько же сигналов больных испытуемых), будем считать, что нейронная сеть прошла обучение. Заключительным этапом является проверка работы сети.

Проверка показала, что обучение нейронной сети прошло успешно. Выяснилось, что персептрон верно определяет, больному или условно здоровому испытуемому принадлежит сигнал, который подается на вход, в 80% случаев.

На третьем этапе эксперимента ИНС обучалась на основании сигналов, полученных с видеоокулографа. Условно здоровые и испытуемые с диагнозом «шизофрения» следили за объектом, и движение их зрачка регистрировалось. На рисунке 13 видно, как отличается движение глаза здорового человека (а) от движения зрачка шизофреника (б).



а)



б)

Рисунок 3. Временная зависимость положения правого глаза во время слежения за объектом испытуемого из группы а) условно здоровых б) с заболеванием «шизофрения»

Диагностировать заболевание по таким графикам можно, но если имеется огромный объем данных, то этот процесс лучше автоматизировать при помощи искусственной нейронной сети. Что и было сделано при помощи созданной программы.

Аналогично описанному в пункте 3.2 способу было проведено обучение ИНС на основании 40 сигналов условно здоровых и 40 сигналов больных испытуемых, и по итогам обучения нейронная сеть верно классифицировала 77,3% сигналов, не участвовавших в обучающей выборке.

Созданный программный продукт может быть использован в качестве обучающего пособия для студентов-бакалавров физико-математических направлений. На примере созданной ИНС студенты смогут освоить использование однослойного персептрона в целях обработки и классификации любых видов биомедицинских сигналов.

Пособие состоит из введения, теоретической части, практической части и заключения.

В теоретической части студентам предоставляются к изучению понятие ИНС, примеры использования нейросетей в медицине, описание однослойного персептрона и объяснение принципа его работы.

В практической части пособия описываются и поясняются все фрагменты программы, позволяя студентам разобраться в математическом аппарате, заложенном в основу структуры ИНС. Далее студентам предлагается самим попробовать написать программу, которая классифицирует сигналы по уровню шума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИНС могут быть использованы для расшифровки реальных сигналов биомедицинских приборов, автоматизации процесса, например, постановки предварительного медицинского диагноза, или в иных научных целях.

Преимуществом искусственных нейронных сетей по сравнению с традиционными методами обработки биомедицинских сигналов является отсутствие необходимости обладания глубокими знаниями в медицине со стороны разработчика. Структура, к примеру, однослойного персептрона, использованная при выполнении практической части данной работы, может быть применена для обработки и классификации сигналов любого рода.

Большинство известных методов оценки функции внешнего дыхания отличаются сложностью техники выполнения дыхательных манёвров, либо дискомфортом при проведении исследования. В настоящей работе исследовалась возможность бесконтактной экспресс-диагностики нарушений функции внешнего дыхания по сигналу радиоволнового интерферометра на базе автодиного СВЧ-генератора на диоде Ганна с помощью искусственных нейронных сетей.

Проведенный эксперимент прошел успешно. Программа, реализующая структуру однослойного персептрона, прошла обучение и способна классифицировать входной квазигармонический сигнал по уровню высокочастотного шума. Также созданная ИНС была обучена распознаванию образов входных сигналов радиочастотного СВЧ-автодина при движении грудной клетки вследствие дыхания и их классификации по принципу принадлежности испытуемых к условно здоровым или больным на основании наличия или отсутствия патологий дыхательной системы.

Успешно ИНС была применена и для диагностики шизофрении на основании данных, полученных с видеоокулографа. Это означает, что нейросеть способна обучиться любым входным данным и служить

универсальным средством для экспресс-диагностики заболеваний. Разумеется, ИНС не может заменить врача, но может быть весьма полезным инструментом, существенно облегчающим первичную диагностику.

Проведена работа над созданием методических материалов для студентов по изучению ИНС, на основании созданного программного продукта возможно проводить демонстрацию обучения и работы однослойного персептрона, показать студентам математический аппарат и программную реализацию ИНС, научить их созданию собственных нейронных сетей, которые могут применяться для любых целей.

 9.06.17