Рябчиков Роман Вадимович. Совершенствование систем обработки кардиографической информации для диагностики инфаркта миокарда: диссертация ... кандидата технических наук: 05.11.17, 05.13.01 / Рябчиков Роман Вадимович;[Место защиты: Пензенский государственный университет].- Пенза, 2014.- 136 с.

ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет

На правах рукописи

РЯБЧИКОВ Роман Вадимович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ

КАРДИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ

ИНФАРКТА МИОКАРДА

Специальности: 05.11.17 - Приборы, системы и изделия

05.13.01 - медицинского назначения

- Системный анализ, управление и обработка информации

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: д.т.н. О.Н. Бодин Научный консультант: д.м.н. Ф.К. Рахматуллов

 Пенза - 2014

Оглавление

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ 5

ВВЕДЕНИЕ 6

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ 12

1.1.Электрокардиографический способ диагностики состояния сердца 12

1.1.1 Г енез электрокардиосигнала 12

1.1.2 ЭКС-признаки инфаркта миокарда 16

1.2 Нейросетевой анализ электрокардиосигнала 22

1.2.1 Искусственный нейрон и его функции активации 22

1.2.2. Современное состояние в области нейросетевого анализа

электрокардиосигнала 23

1.2.2.1. Нейросетевой анализ сегментов кардиоцикла ЭКС 26

1.2.2.2. Структура нейронной сети LVQ и алгоритмов ее обучения 26

1.2.2.3 Нейросетевой анализ с применением LVQ 28

1.2.3. Сравнительные характеристики современных систем поддержки

принятия решения в области нейросетевого анализа электрокардиосигнала 30

1.3. Способ неинвазивного определения электрофизиологических

характеристик сердца 32

1.4. Постановка задач исследования 34

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ ИНФАРКТА МИОКАРДА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА СЕГМЕНТОВ КАРДИОЦИКЛА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ 36

2.1 Обоснование предлагаемого подхода к совершенствованию обработки

электрокардиосигнала для диагностики инфаркта миокарда 36

2.2 Предварительная обработка электрокардиосигнала 40

2.2.1 Обоснование статистического подхода в предварительной обработке

электрокардиосигнала 40

2.2.2 Построение фазовой траектории электрокардиосигнала 42

2.2.3 Фильтрация ЭКС 48

2.2.4 Выделение элементов кардиоцикла электрокардиосигнала 51

2.3 Нейросетевой анализ электрокардиосигнала для диагностики ИМ. .. 58

2.3.1 Формирование обучающей выборки для анализа сегментов

кардиоцикла 63

2.3.2 Особенности обучения нейронных сетей для анализа сегментов

кардиоцикла 65

2.4.3 Методика принятия решения о диагностическом заключении 68

2.5 Исследование разработанной методики нейросетевого анализа сегментов

кардиоцикла электрокардиосигнала для диагностики инфаркта миокарда 71

2.5.1 Определение критериев, влияющих на качество обучения нейронной

сети LVQ 71

2.5.2 Выбор оптимальных параметров обучения нейронной сети LVQ... 72

2.5.2.1 Выбор оптимального количества входов и выходов НС 73

2.5.2.2 Определение количества нейронов НС 75

2.5.2.3 Определение величины нормирования, зашумления, сдвига,

коэффициента избыточности 75

2.5.2.4 Определение количества векторов в обучающем наборе

данных 76

2.5.3 Определение чувствительности и специфичности методики

нейросетевого анализа электрокардиосигнала 77

2.5.4 Тестирование обученных нейронных сетей 79

2.6 Выводы 80

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРДЦА 83

3.1 Подход к определению электрофизиологических характеристик сердца 83

3

3.2 Получение исходных данных для определения электрофизиологических

характеристик сердца 85

3.3 Определение электрофизиологических характеристик сердца 88

3.3.1 Расчет распределения потенциалов, генерируемых сердцем, на торсе

пациента 89

3.3.2 Расчет распределения потенциалов, генерируемых сердцем, на торсе

пациента 93

3.3.3 Моделирование распространения волны возбуждения в миокарде. 94

3.3.4 Синтез модельного ЭКС 101

3.3.5 Коррекция расчетных параметров 102

3.4 Выводы 103

ГЛАВА 4 РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИНФАРКТА МИОКАРДА В КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ

СИСТЕМЕ 105

4.1 Структура и реализация КДС 105

4.2 Структура взаимодействия в компьютерной диагностической системе 108

4.3 Методика анализа ЭКС для диагностики инфаркта миокарда 112

4.4 Результаты внедрения 114

4.5 Выводы 114

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ 116

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 118

ПРИЛОЖЕНИЕ А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ

ОБРАБОТКИ ЭКС ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИМ 129

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В результате критического анализа существующих методик и средств автоматического определения информационных параметров электрокардиосигнала (ЭКС) для диагностики инфаркта миокарда (ИМ) определены требования к разработке и реализации новой методики обработки кардиографической информации и нейросетевого анализа ЭК.
2. Разработанная новая методика автоматического определения информационных параметров ЭКС для диагностики ИМ заключается в предварительном выделении отдельных сегментов кардиоцикла, их нейросетевом анализе, моделировании электрической активности сердца и визуализации процесса распространения возбуждения, и позволяет наглядно представить на трехмерной модели сердца пациента место повреждения миокарда.
3. Разработана новая методика диагностики ИМ на основе нейросетевого анализа (НСА) сегментов кардиоцикла, выделении прямых и реципрокных признаков инфаркта миокарда сегментов кардиоцикла и последовательно-параллельного соединения нейронных сетей, обеспечивающая принципиальную возможность в условиях массового обследования с вероятностью до 98 % определение трансмуральности, вида и локализации ИМ (Патент РФ №2461877).
4. Разработана новая методика определения

электрофизиологических характеристик сердца для диагностики инфаркта миокарда, позволяющей на основе анализа и моделирования кардиографической информации наглядно представить на трехмерной модели электрическую активность сердца (Патент РФ №2489083).

1. Разработана новая методика выделения элементов кардиоцикла на основе статистической обработки временных отсчетов ЭКС и построения фазовой траектории ЭКС, позволяющая достоверно выделить амплитудно­временные параметры ^ДО-комплекса и обеспечивающая качественное

117

достоверное выделение зубцов Q, R, S, T, сегмента ST по сравнению с амплитудно-временным способом анализа ЭКС.

1. Разработаны решающие правила для составления диагностического заключения на основе построения выходных логических функций, позволяющие определить вид и локализацию ИМ. Применение данных правил позволило формировать диагностическое заключение с локализацией независимо от количества проявившихся признаков ИМ.
2. Предложена и обоснована структура системы поддержки принятия решения о наличии инфаркта миокарда, реализующая предложенные методики и позволяющая приблизить возможности доклинической обработки кардиографической информации к уровню клинических обследований сердца.