

2. Кириллин М. Ю., Приезжев А. В. Моделирование распространения лазерного пучка в плоском слое суспензии эритроцитов методом Монте-Карло: сравнение вкладов рассеяния с различными кратностями в угловое распределение света // «Квантовая электроника». 2002. № 32. С. 883–887.
3. Fagrell B. Problems Using Laser Doppler on the Skin in Clinical Practice, Laser Doppler. // Med. Academic Publishers. 1994.
4. Левтов В. А., Резицер С. А., Шадрина И. Х. Реология крови // Медицина. 1982.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА ПО ЭКГ-СИГНАЛАМ

В. И. Архипов

Современные кардиографы позволяют снимать ЭКГ в очень высоком цифровом качестве. Частота дискретизации записи может достигать нескольких десятков килогерц, что сравнимо с записью акустических сигналов.

Это дает возможность использовать для анализа ЭКГ методы, основанные на спектральных преобразованиях, которые изначально использовались для работы с акустическими, например речевыми, сигналами. А так же, относительно новые методы, основанные на вейвлетном анализе.

Целью этой работы являлось сравнение некоторых векторов признаков, полученных с помощью вейвлетных [1,2] и кепстральных преобразований для принятия решения о наличии либо отсутствии заболевания с помощью классификатора [4].

В качестве объектов исследования рассматривались кардиограммы пациентов со следующими медицинскими заключениями:

- обширные инфаркты миокарда;
- нарушения внутрижелудочковой проводимости;
- ЭКГ в пределах нормы.

В работе использовались электрокардиограммы из базы данных Республиканского научно-практического центра «Кардиология». Все ЭКГ были получены с помощью цифрового смарт-кардиографа.

Кепстральный и вейвлетный анализ, а так же расчет ковариационных матриц проводился с помощью разработанной программы «Spectrum». Кепстры рассчитывались по 12 коэффициентам линейного предсказания [2] на отрезках сигнала в 1,5 секунды, вырезанных окном Хэмминга с параметром предварительного искажения 0,95. Кепстральный вектор имел размерность 24. В качестве материнского вейвлета использовался комплексный вейвлет Морле. Анализ проводился на 24 масштабах, соответ-

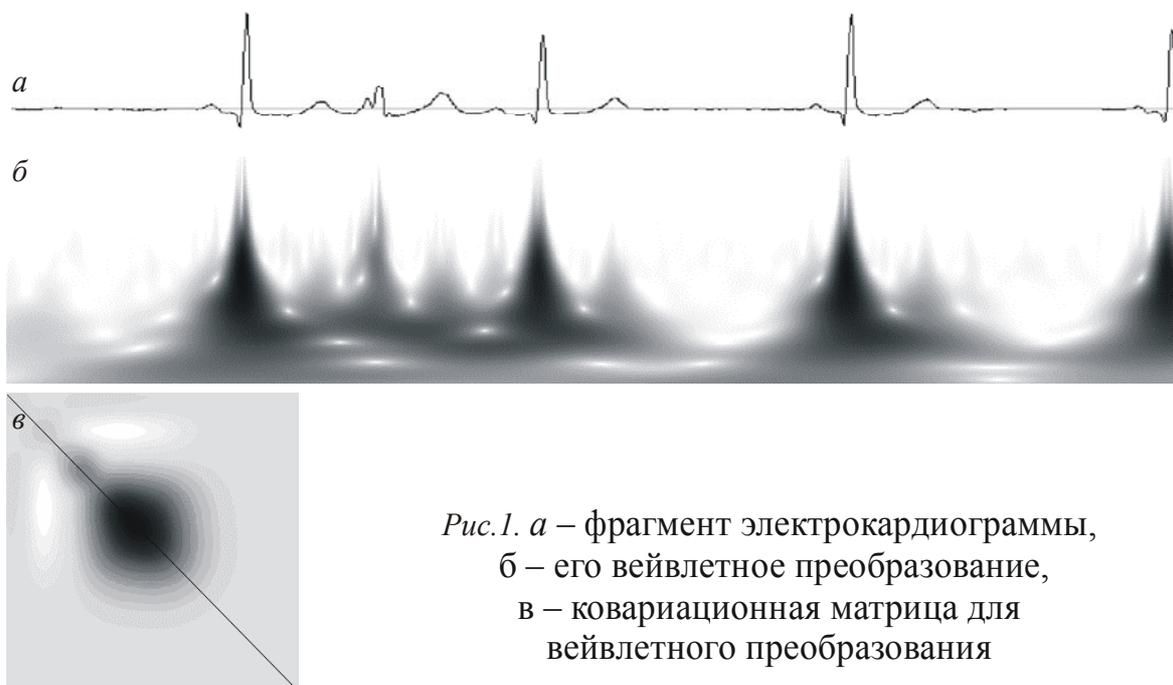


Рис.1. а – фрагмент электрокардиограммы,
 б – его вейвлетное преобразование,
 в – ковариационная матрица для
 вейвлетного преобразования

ствующих полосе частот от 1 до 150 Герц, шкала масштабов логарифмическая.

Для построения векторов признаков использовались средние значения кепстральных и вейвлетных векторов, а так же диагонали ковариационных матриц для этих векторов.

На рисунке 1 показан фрагмент электрокардиограммы, ее вейвлетное преобразование и ковариационная матрица, полученная из вейвлетных коэффициентов, а так же диагональ матрицы, которая используется для построения векторов признаков.

Сравнивались четыре типа векторов признаков:

- dW – диагональ ковариационной матрицы вейвлетов;
- $dW + mW$ – вектор, составленный из dW и среднего вектора вейвлетов;
- $dC, dC + mC$ – аналогично dW и $dW + mW$, только для кепстральных векторов.

В случае обнаружения болезней следует учитывать, что у человека может быть одновременно несколько болезней, но он не может одновременно иметь какую-то болезнь и быть здоровым

То есть, если принимаемые решения обозначать векторами, то решения о наличии той или иной болезни не будут в общем случае ортогональными, но они все будут ортогональными решению об отсутствии болезней.

Результаты эксперимента

Вектора признаков	Крупноочаговые инфаркты		Карушения внутрижелудочковой проводимости	
	«ложная тревога»	«пропуск цели»	«ложная тревога»	«пропуск цели»
dW	31%	11%	11%	30%
dW+mW	30%	4%	9%	25%

Поэтому принятие решения сводилось к последовательной классификации на исследуемую болезнь и отсутствие болезней. После проведения всех классификаций делается заключение о состоянии здоровья пациента.

Для классификации использовалась модель – линейно разделимых классов [4].

В таблице 1 приведены результаты классификации с использованием векторов признаков dW и dW+mW для обнаружения крупноочаговых инфарктов и нарушений внутрижелудочковой проводимости.

При классификации с использованием векторов признаков dC и dC + mC ошибки составляли около 50%, что является недопустимым для нашей задачи.

Полученные результаты показывают принципиальную возможность использования векторов признаков на основании вейвлетных преобразований для задач диагностики заболеваний сердца по сигналам ЭКГ. Следует иметь в виду, что для эксперимента был взят самый грубый классификатор, полагающий изначальную линейную разделимость классов, так что полученный результат скорее всего можно улучшить, используя другие классификаторы (например, метод опорных векторов[2] или нейронные сети [2,4]).

Вектора признаков полученные на основании кепстров не дали положительного результата. Возможно, они окажутся полезными для обнаружения других сердечных заболеваний, либо при использовании других классификаторов.

Литература

1. Добеши И. «Десять лекций по вейвлетам», Ижевск: НИЦ «регулятная и хаотическая динамика», 2001, 464 стр.
2. Терехов С. А. «Вейвлеты и нейронные сети.» Лекция для школы-семинара «Современные проблемы нейроинформатики». МИФИ, Москва, 24–26 января 2001 г.
3. Марпл-мл С. Л. «Цифровой спектральный анализ и его приложения», Москва «Мир», 1990.
4. Wincent Wan «Speaker Verification using Support Vector Machines», Department of Computer Science University of Sheffield United ingdom, June 2003.