WAVELET-ТЕХНОЛОГИИ В АППАРАТАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Витанова С.А.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. биомедицинских электронных устройств и систем, тел.(057) 702-13-64, E-mail: wave_x@mail.ru

Work is devoted to a substantiation of application of method WAVELET technologies at research of non-stationary signals. The method is based on reception of a dimensionless measure of similarity of the local form of an investigated signal with the form-standard in the form of a sinusoid of the certain frequency by use of algorithms time-frequency of the analysis of the high sanction and methods of partial reconstruction of a signal in phase space. Examples of use of a method of WAVELET-technologies are resulted at processing a reographics, electrocardiographics and phonocardiographics signals.

Введение. Работа посвящена обоснованию применения метода WAVELET-технологий при исследовании реографического, электрокардиографического и фонокардиографического сигналов.

Существует два подхода к анализу нестационарных сигналов такого типа. Первый – локальное преобразование Фурье. Следуя по этому пути, мы работаем с нестационарным сигналом, как со стационарным, разбив его предварительно на сегменты, статистика которых не меняется со временем. Второй подход - вейвлет-преобразование. В этом случае нестационарный сигнал анализируется путем разложения по базисным функциям, полученным из некоторого прототипа путем сжатий, растяжений и сдвигов. Функция-прототип называется анализирующим, или материнским, вейвлетом, выбранным для исследования данного сигнала.

Целью данной работы является повышение информативности и расширение возможностей методов исследования сердечно-сосудистой системы путем устранения фазочастотных искажений исследуемых сигналов с помощью использования методики WAVELET-технологий.

Сущность. Роль сосудистых нарушений в механизмах развития заболевания признается большинством исследований. В последнее время актуальными становятся реографические исследования головного мозга при глаукоме, особенно, в начальной стадии, когда можно предположить обратимость гемодинамических нарушений [1]. В результате экспериментальных исследований определили, что при обработке реографического сигнала эффективными являются вейвлеты Добеши 4-го порядка. Обработка заключается в том, что во-первых: каждый реоцикл унифицируется на предмет частоты дискретизации, частота дискретизации выбирается кратной степеням двойки, что связанно с особенностью вейвлет - преобразования. Затем унифицированные реоциклы взятые из одной серии усредняются. Усредненный реоцикл подвергается вейвлет-преобразованию [2]. Экспериментальные исследования показали высокую точность идентификации и возможность сохранения точности при сжатии признакового пространства до 8 - 16 признаков.

Для анализа тонкой структуры ЭКГ-сигнала применяют электрокардиографию высокого разрешения (ЭКГ ВР). В системах ЭКГ ВР используются методы временного (метод Симсона) и спектрального анализа. В качестве недостатков усреднения сигнала следует указать: «сглаживание» сигналов высокой частоты в случае их непериодичности, изменений продолжительности и формы от цикла к циклу, искажение при фильтрации шумов (при преобразовании в модуль), необходимость синхронизации усредняемых сигналов[3]. При диагностике сердечных патологий ведущее место занимает рассмотрение наличия поздних потенциалов желудочков (ППЖ). Они представляют собой высокочастотные низкоамплитудные сигналы в пределах сегмента ST ЭКГ продолжительностью несколько десятков миллисекунд. ППЖ отражают наличие замедленной и фрагментированной активации неоднородных участков миокарда,

граничащих с рубцовыми или фиброзно-измененными тканями. Вывод о наличии в ней ППЖ был сделан на основании оценки меры локальной перемежаемости. Коэффициенты данной области несут информацию не только о наличии поздних потенциалов, но и об их характере. В результате обратного вейвлет-преобразования выделенной области, можно выделить непосредственно ППЖ. Распределение коэффициентов по масштабам дает представление о вкладе различных частотных составляющих и их поведении во времени

Метод фонокардиографии позволяет исследовать звуки сердца в диапазонах, не доступных или почти не доступных слуховому восприятию, исследование формы и продолжительности звуков с помощью ФКГ позволяет проводить их качественный и количественный анализ. Наличие шумовой составляющей при регистрации ФКГ препятствует проведению качественного анализа, поэтому для получения достоверных результатов и постановки верного диагноза необходимо провести коррекцию сигнала от шума. Целесообразным является использование критерий выбора порога - критерий баланса между количеством нулевых коэффициентов и остаточной энергией сигнала. Суть этого метода заключается в том, что коэффициенты детализации с абсолютным значением близким к нулю содержат лишь небольшую часть энергии сигнала. Обнуление этих коэффициентов приводит к незначительным потерям энергии. Оптимальным является такое значение порога, при котором процент обнуляемых коэффициентов детализации будет приблизительно равен проценту остаточной энергии сигнала после пороговой фильтрации. Повышение порога будет повышать степень сжатия, но, вместе с тем, будут расти потери качества. Понижение порога позволяет уменьшить потери при сжатии, но снижает его эффективность. Экспериментальные исследования показали, что наилучшую фильтрацию ФКГ обеспечивают вейвлеты Добеши нечетных порядков при использовании супер-мягкой пороговой фильтрации [4].

В работе получены следующие основные результаты:

— Экспериментальные исследования при обработке реографического сигнала при помощи рассмотренной методики показали высокую точность идентификации и возможность сохранения точности при сжатии признакового пространства до 8 - 16 признаков.

— Рассмотрено применение WAVELET-технологий при анализе низкоамплитудных элементов ЭКГ. Следует отметить, что он позволяет не только делать выводы о наличии либо отсутствии ППЖ, но и определять количество, размеры и характер неоднородностей в миокарде их вызвавших.

— Проведенные исследования дали основания утверждать, что фильтрация ФКГ на базе вейвлет-технологий является эффективным методом очистки сигнала ФКГ от шума и при этом не вносит значительных искажений в исследуемый сигнал, что позволяет сохранить диагностическую ценность полученных данных, а также выявить особенности структуры сигнала ФКГ.

Выводы. Разработанную методику можно использовать как элемент программного обеспечения, необходимого для обработки реографического, электрокардиографического и фонокардиографического сигнала в аппаратах функциональной диагностики, оснащённых ПК.

Литература: 1. Витрук С.К. Пособие по функциональным методам исследования сердечно - сосудистой системы. // К.: Здоровья, 1990.-224с.2. Ламброу Т., Линней А. Применение вейвлет-преобразования к обработке медицинских сигналов и изображений. // Компьютерра. 1998., №8. С.30-36. 3. Мельникова Е.В. Первичная обработка электрокардиосигнала с использованием вейвлет-технологий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2003. – №6. – С.49-50. 4. Витанова С.А.Особенности применения вейвлет-базисов при обработке фонокардиографического сигнала // Тезисы докладов XII Международного молодёжного форума "Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке". Харьков, 1-3 апреля 2008. С. 259.