СЖАТИЕ ДАННЫХ ПРИ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

ВЫПОЛНИЛА КОМИССАРОВА НИНА 129 ГРУППА

Для чего нужно сжатие данных?

- Уменьшение V памяти для хранения ЭКГ в автоматизированных архивах
- Снижение требований для пропускной способности каналов связи при дискретной передаче ЭКГ
- Уменьшение сложности алгоритмов и сокращение времени их обработки
- Позволяет применять простые вычислительные структуры

Структурные методы сжатия

Осуществляется контроль абсолютной ошибки при определении избыточных отсчетов и выборе существенных ординат

Суть процедуры сжатия – продвижение по интерполяционным узлам до n-го отсчёта

$$\left|U_n^* - U_n\right| < d$$

Где Un* - предсказанное или интерполированное значение ординаты ; Un – условная существенная ордината; d-апертура.

Двухпараметрическая адаптация (повышает эффективность апертурных методов сжатия, автоматически определяет длительность интервала аппроксимизации и степень аппроксимизирующего полинома)

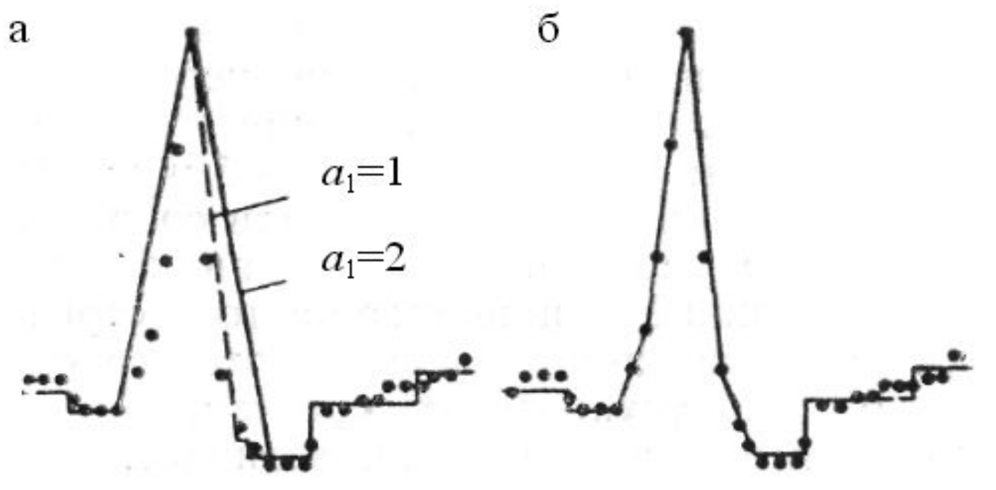
Интерполяционная формула Ньютона

СПДА

СПДА -
сжатие с последовательной двухпараметрической адаптацией

I этап: алгоритм сжатия нулевого порядка с адаптацией по интервалу (характер определяется выбранной модификацией алгоритма)

II этап: адаптация по степени аппроксимирующего полинома, сглаживание полиномами первого порядка, которые соответствуют определенным областям значений крутизны сигнала.



Точки – исходная ЭКГ.

На первом этапе используется интерполяционный алгоритм сжатия нулевого порядка для ***сокращенного представления сигнала.***

При поступлении каждого i-го отчета разность между максимальным и минимальным значениями всей последовательности отчетов (U_0, U_1, …., U_i) сравнивается с апертурой d.

Вычисляются $U1_i$ – максимальное значение отчетов, $U2_i$ – минимальное значение отчетов.

ЕСЛИ на i-ом шаге выполняется условие $(U1_i – U2_i) <= d$, то i-я выборка считается избыточной и осуществляется переход к (i+1)-му отсчету.

ЕСЛИ на шаге I = n условие $(U1_i – U2_i) <= d$ не выполняется, то (n-1)-й отчет определяет конец интервала аппроксимации и значение U_n принимается за условную существенную ординату.

Ордината U_n определяет начало следующего (j=1)-го участка аппроксимации.

Результатом сжатия сигнала на j-ом участке аппроксимации будет пара $L_j = (V_j^L,\ \tau_j^L)$ с параметрами

$$V_j^L = \frac{(U1_{n-1} - U2_{n-1})}{2},$$

$$\tau_j^L = n,$$

1

а восстановленная последовательность отчетов может быть представлена в виде

$$U_i^* = V_j^L,\ i=0,\ 1,\ \dots,\ (n-1).$$

На втором этапе построения сжатого сигнала каждый j-й участок анализируется на возможность сглаживания полиномами первого порядка.

ЕСЛИ для каждого отчета последовательности L_J на этих участках функция алгебры логики H_j:

$$H_j = Q_j \wedge R_j,$$

$$Q_j = \bigvee_{i=1}^{n} \bigvee_{\nu=1}^{m_i} Q_j(i,\nu),$$

$$Q_j(i,\nu) = P_j(i) \wedge S_j(i,\nu),$$

$$R_j = \left\{\left(V_{j+1}^{L} - V_j^{L}\right)\left(V_j^{L} - V_{j-1}^{L}\right) > 0\right\},$$

принимает значение истины, а логические переменные $P_j(i), \quad S_j(i,\nu)$ задают множество условий перехода к аппроксимации первого порядка, обеспечивая тем самым построение линейно возрастающих или убывающих сегментов сигнала различной крутизны.

В анализе участвует каждый j-ый участок сигнала.

Выходными параметрами сжатого сигнала на k-ом участке аппроксимации будут величины V_k и τ_k определяемые выражениями

$$V_k = V^L_{j_{kM_k}} - V^L_{j_{(k-1)M_{k-1}}}$$

$$\tau_k = \sum_{r=1}^{M_k} \tau^L_{j_{kr}},$$

2

а восстановленные значения исходного сигнала вычисляются в виде:

$$U^*_{ki} = U^*_{(k-1)\tau_{k-1}} + \frac{V_k}{\tau_k} i, \quad i = 1,\ 2,\ \ldots,\ \tau_k.$$

ЕСЛИ ввести параметр X_k для обозначения порядка аппроксимации на k-м участке, то результирующее сжатое представление сигнала можно записать в виде:

$$Z_k=(V_k,\ \tau_k,\ X_k),\ k=1,\ 2,\ \ldots\ ;\ X_k=0,\ 1,$$

где величины V_k и τ_k определяются выражениями при X_k=0 (1) и при X_k=1 (2).

ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ

Вейвлет – некоторая функция (закономерность), хорошо локализованная как во временной, так и в частотной области

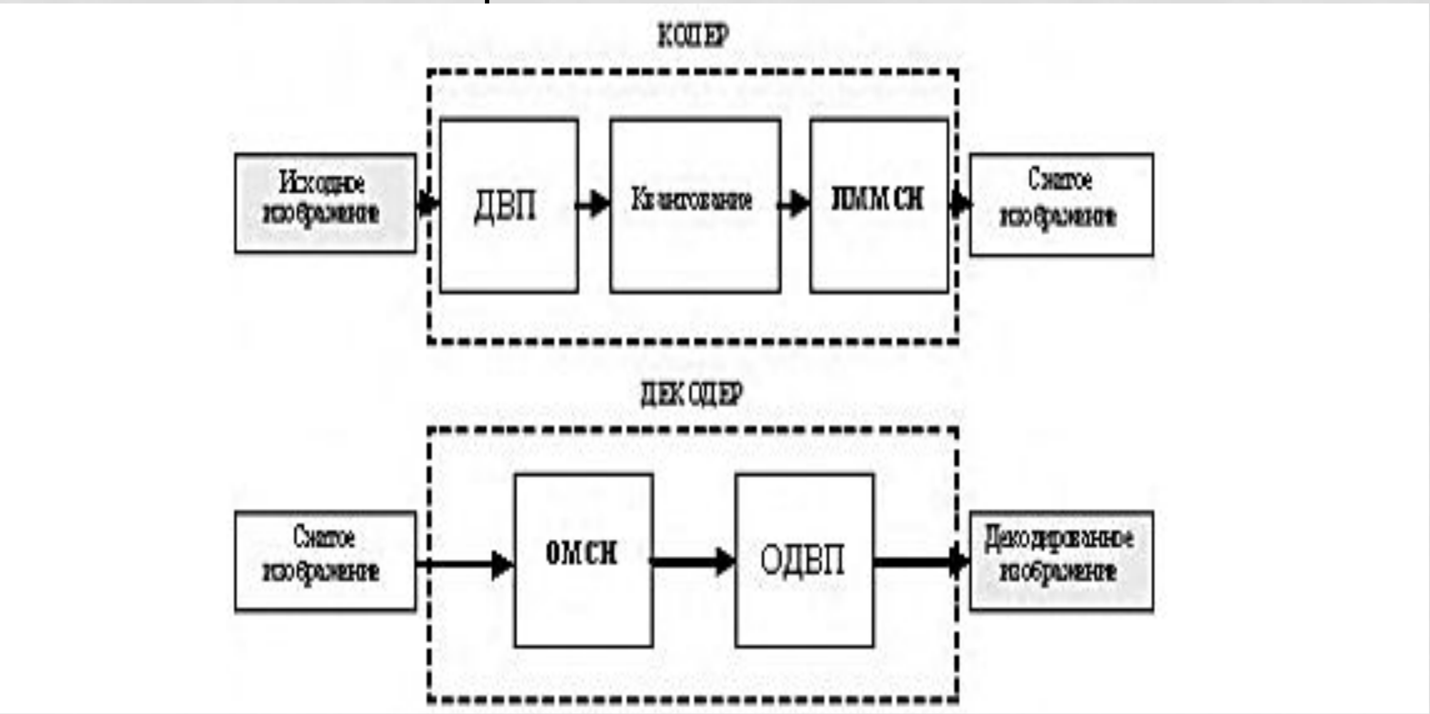


Схема кодирования и декодирования изображений посредством алгоритма сжатия изображений на базе вейвлет-преобразования

ПММСН – это прямой модифицированный метод строковой нумерации хранения разреженных матриц, т.е. из входного блока вейвлет–коэффициентов получаем соответствующие массивы nze и isj.
ОМСН – это обратный метод строковой нумерации хранения разряженных матриц, т.е. из входных массивов nze и isj получаем соответствующий блок вейвлет–коэффициентов.

Для оценки результатов алгоритма не только по эффективности сжатия, но и по степени достоверности восстановленного изображения используется критерий отношения пикового значения сигнала к шуму (PSNR – peak signal-to-noise ratio):

$$PSNR =- 10 \log_{10}\left(\frac{MSE}{S^2}\right)\pi r^2$$

где среднеквадратичная ошибка (MSE – mean squared error) равна сумме квадратов разностей между оригиналом и восстановленным изображением, S – это максимальное значение пикселя

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{MN}\sum_{m=0}^{M}\sum_{n=0}^{N}|x(m,n) - \tilde{x}(m,n)|^2$$

Результаты работы стандартного метода вейвлет-сжатия изображений с использованием различного количества вейвлет-коэффициентов сведены в табл. 1.

Таблица 1. **Данные экспериментов**

Тип сжатия	Длина кода	Коэффициент сжатия	PSNR
Простое вейвлет-сжатие с использованием 5% вейвлет-коэффициентов	65551	3,99963	24,73599
Простое вейвлет-сжатие с использованием 15% вейвлет-коэффициентов	196626	1,33339	31,47907
Простое вейвлет-сжатие с использованием 25% вейвлет-коэффициентов	327696	0,80007	34,64534

Результаты работы алгоритма кодирования–декодирования вейвлет-сжатия изображений с использованием различного количества вейвлет-коэффициентов приведена в табл. 2. Таблица подтверждает его эффективность.

Таблица 2. **Данные экспериментов**

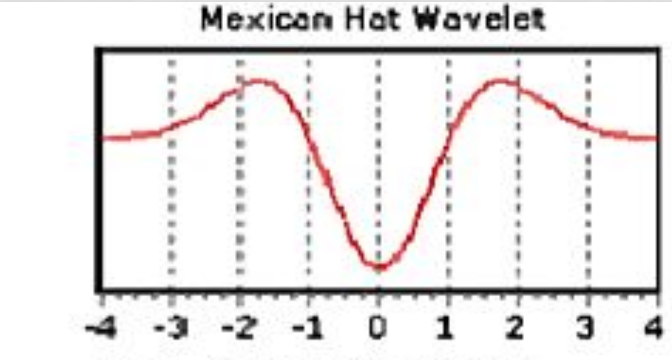
Тип сжатия	Длина кода	Коэффициент сжатия	PSNR
Простое вейвлет-сжатие с использованием 5% вейвлет-коэффициентов	52980	4,94866	24,73181
Простое вейвлет-сжатие с использованием 15% вейвлет-коэффициентов	153724	1,70552	31,47828
Простое вейвлет-сжатие с использованием 25% вейвлет-коэффициентов	234324	1,11888	34,64219

Исходное изображение «goldhill.pgm» размерностью 512x512, длина кода изображения 262180 байтов.

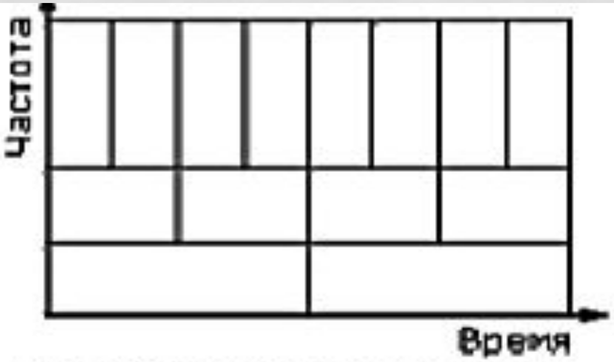
а *б*

Исходное изображение «goldhill.pgm» к которому был применен алгоритм кодирования–декодирования изображений на базе вейвлет–преобразования, с использованием 5% (а) и 15% (б) наибольших вейвлет–коэффициентов

Согласно принципу неопределенности, чем лучше функция сконцентрирована по времени, тем больше она размазана в частотной области. При перемасштабировании функции произведение временного и частотного диапазонов остается постоянным и представляет собой площадь ячейки в частотно-временной (фазовой) плоскости. Преимущество вейвлет-преобразования перед, например, преобразованием Габора заключается в том, что оно покрывает фазовую плоскость ячейками одинаковой площади, но разной формы.
Это позволяет хорошо локализовать низкочастотные детали сигнала в частотной области (преобладающие гармоники), а высокочастотные – во временной (резкие скачки, пики и т.п.)
Вейвлет анализ позволяет исследовать поведение фрактальных функций (не имеющих производных ни в одной своей точке).

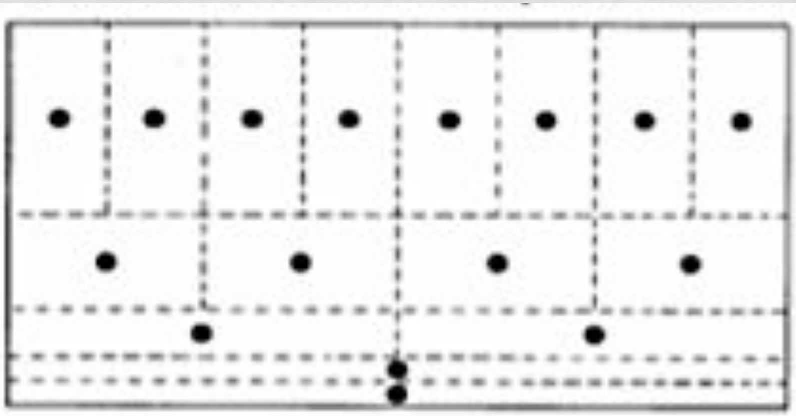


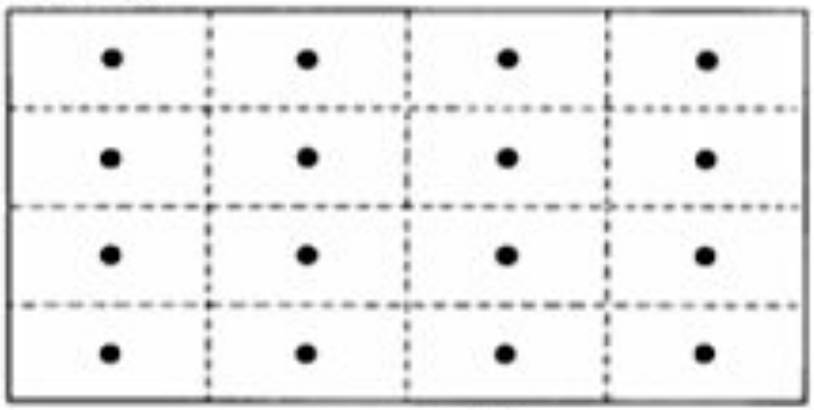
Вейвлет «Сомбреро»



Фазовая плоскость вейвлет-преобразования

Разрешающая способность анализа во временной области возрастает с ростом частоты, что является принципиальным отличием анализа в базисе всплесков (а) от преобразования Фурье на коротких реализациях (б).


а)

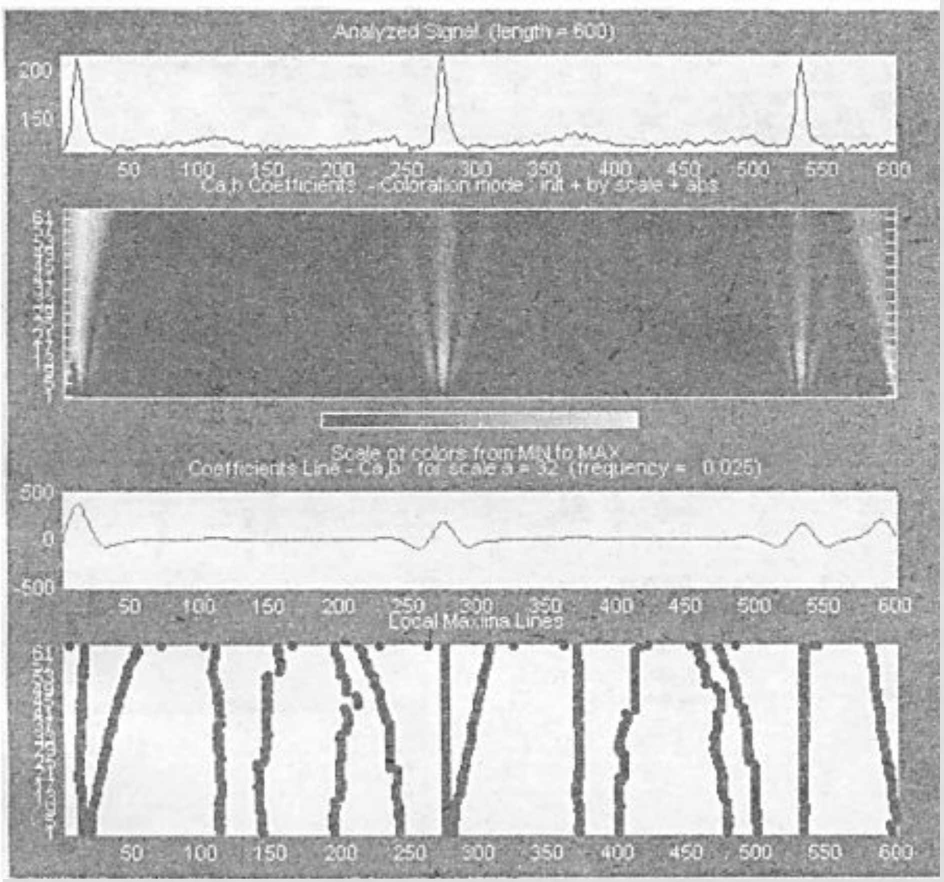

б)

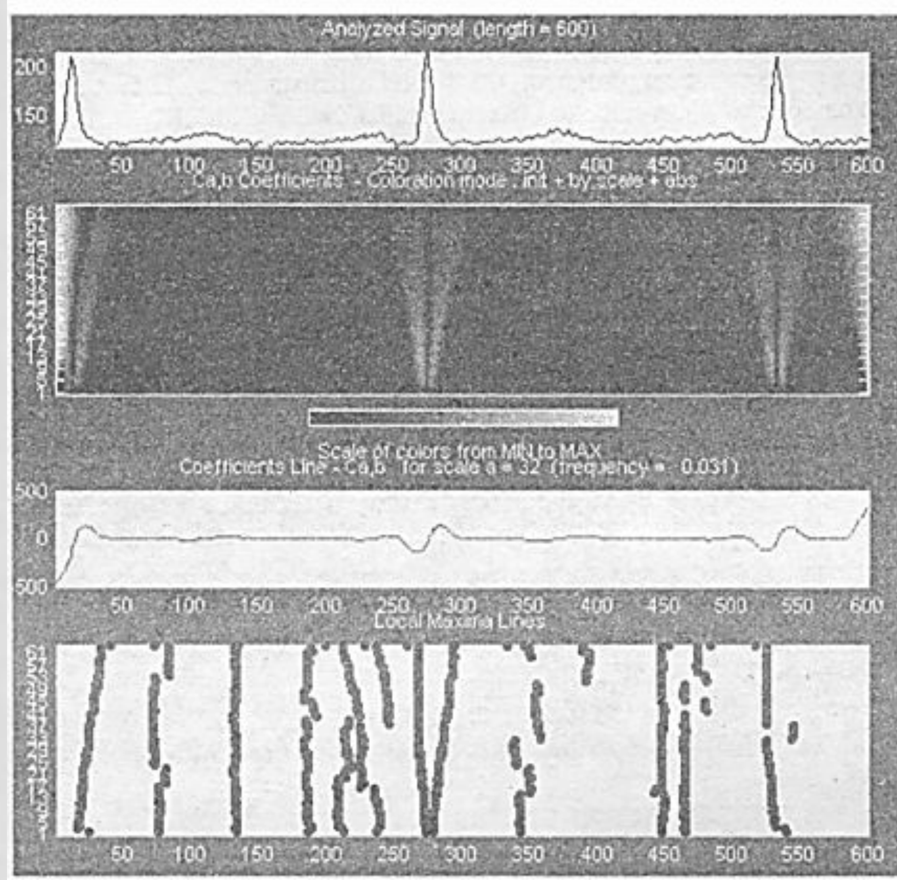
Преобразование Фурье связано только с разрешающей способностью анализа в частотной области, абсолютное значение которой не зависит от частоты.

Вейвлеты. Семейство вейвлет–функций генерируется из одной порождающей функции $\Psi(t)$, называемой также анализирующим вейвлетом, при помощи растяжения (сжатия) и сдвига,

$$\Psi_{a,b}(t) = a^{-\frac{1}{2}}\,\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

где a – масштабный множитель, характеризующий растяжение, b – сдвиг вейвлета.





Исходный ЭКГ сигнал

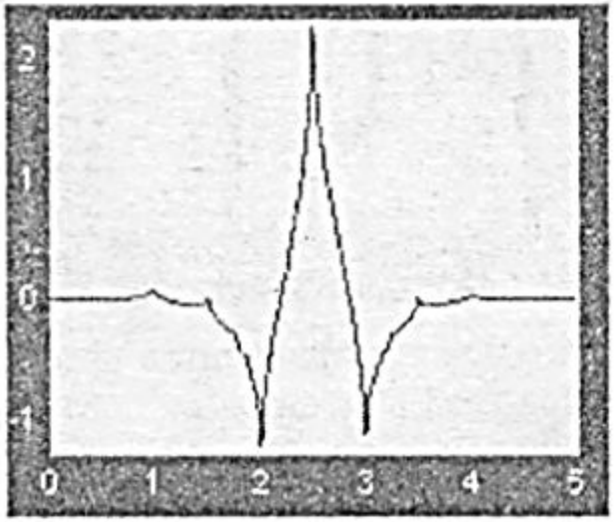
Преобразованный

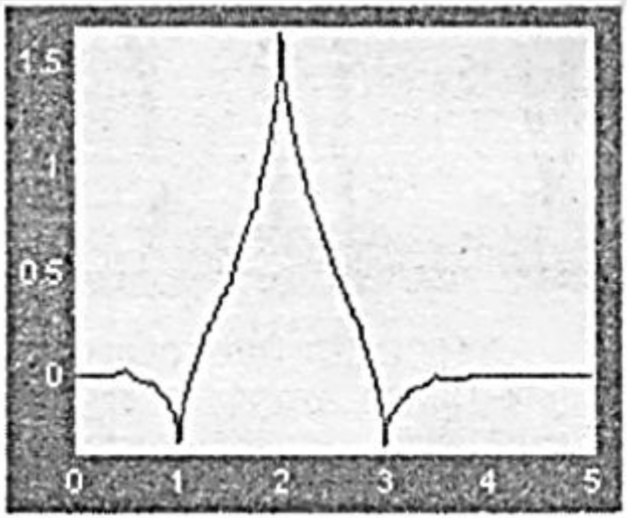
Виды непрерывных вейвлет–функций, пригодных для анализа ЭКГ:

$$\Psi(x,a) = \frac{2x}{a} e^{-\left(\frac{x^2}{a}\right)}$$

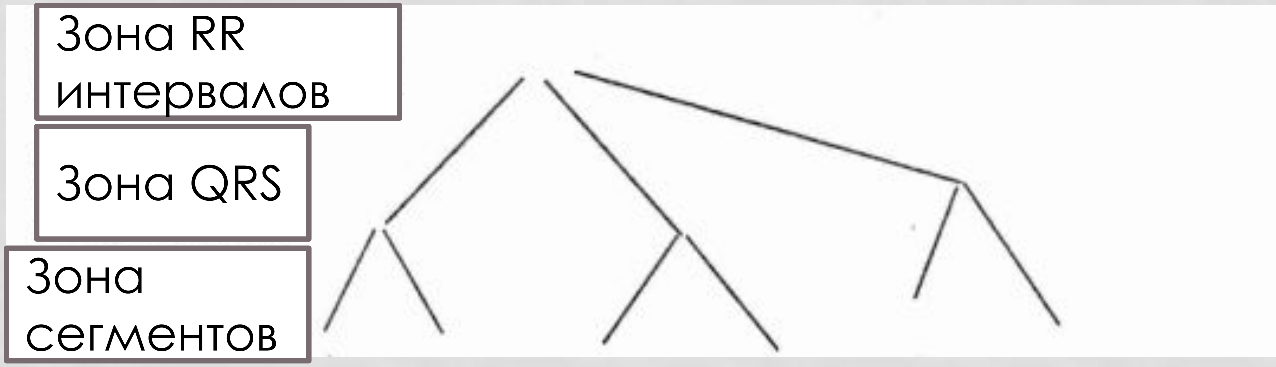
$$\Psi(x,a) = \frac{1}{a} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)} * cos\left(\frac{x}{a}\right)$$

$$\Psi(x,a) = \frac{1}{a} e^{-\left(\frac{x^m}{a}\right)} * \cos\left(\frac{x}{a}\right)$$

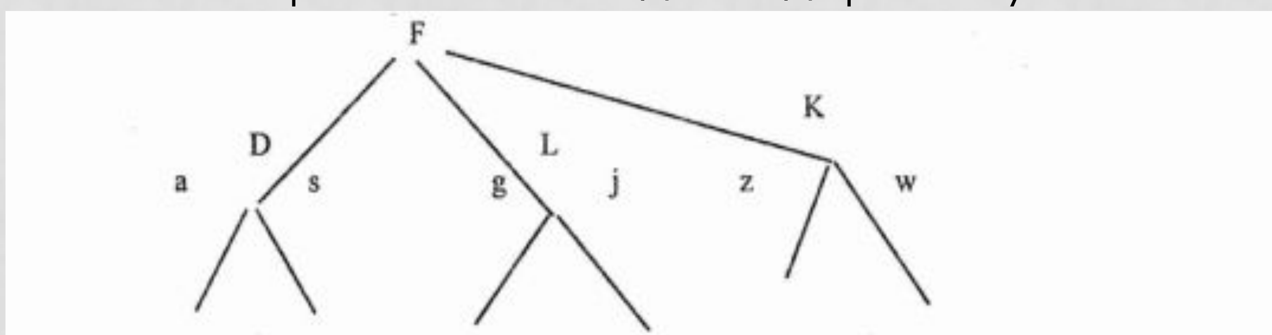




Для перехода от непрерывного вейвлет анализа к графовому представлению сигнала необходимо рассматривать не всю плоскость время – масштаб, а лишь узлы линий максимумов коэффициентов, при этом различные группы масштабов ответственные за представление различных элементов ЭКГ.



Переход от графового представления сигнала к его строковой записи можно осуществить левосторонним обходом дерева узлов вейвлет–коэффициентов, например так:



Результирующая строка: aDsFgLjzKw – синтаксический образ сигнала.

Результирующая строка далее обрабатывается синтаксическим анализатором, в результате которого формируется словесное заключение по форме ЭКГ сигнала, или подвергается сжатию.

Алгоритм JPEG2000

Основные отличия алгоритма в JPEG 2000 от алгоритма JPEG заключаются в следующем:

- Лучшее качество изображения при сильной степени сжатия.
- Поддержка кодирования отдельных областей с лучшим качеством.
- Основной алгоритм сжатия заменен на wavelet.
- Для повышения степени сжатия в алгоритме используется арифметическое сжатие.
- Поддержка сжатия без потерь.
- Поддержка сжатия однобитных (2-цветных) изображений.
- На уровне формата поддерживается прозрачность.

Шаг 1.
В JPEG-2000 предусмотрен сдвиг яркости (DC level shift) каждой компоненты (RGB) изображения перед преобразованием в YUV. Это делается для выравнивания динамического диапазона (приближения к 0 гистограммы частот), что приводит к увеличению степени сжатия. Формулу преобразования можно записать как:

$$I'(x,y) = I(x,y) - 2^{ST-1}$$

Значение степени ST для как каждой компоненты R, G и B свое (определяется при сжатии компрессором). При восстановлении изображения выполняется обратное преобразование:

$$I'(x,y) = I(x,y) + 2^{ST-1}$$

Шаг 2.
Переводим изображение из цветового пространства RGB, с компонентами, отвечающими за красную (Red), зеленую (Green) и синюю (Blue) составляющие цвета точки, в цветовое пространство YUV. Кроме преобразования с потерями предусмотрено также и преобразование без потерь. Обратное преобразование осуществляется с помощью обратной матрицы.

Шаг 3.

Дискретное wavelet-преобразование (DWT) также может быть двух видов – для случая сжатия с потерями и для сжатия без потерь. Его коэффициенты задаются таблицами. Само преобразование в одномерном случае представляет собой скалярное произведение коэффициентов фильтра на строку преобразуемых значений. При этом четные выходящие значения формируются с помощью низкочастотного преобразования, а нечетные – с помощью высокочастотного.

Шаг 4.

Так же, как и в алгоритме JPEG, после DWT применяется квантование. Коэффициенты квадрантов делятся на заранее заданное число. При увеличении этого числа снижается динамический диапазон коэффициентов, они становятся ближе к 0, и мы получаем большую степень сжатия. Варьируя эти числа для разных уровней преобразования, для разных цветовых компонент и для разных квадрантов, мы очень гибко управляем степенью потерь в изображении. Рассчитанные в компрессоре оптимальные коэффициенты квантования передаются в декомпрессор для однозначной распаковки.

Шаг 5.

Для сжатия получающихся массивов данных в JPEG 2000 используется вариант арифметического сжатия, называемый MQ-кодер, прообраз которого рассматривался еще в стандарте JPEG, но реально не использовался из-за патентных ограничений

Спасибо за внимание!