



К ВОПРОСУ О СЕГМЕНТАЦИИ ЭКГ-СИГНАЛА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕЙВЛЕТНОГО АНАЛИЗА

Величко О.Н., Дацюк О.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Несмотря на многообразие промышленных образцов электрокардиографических систем, научный интерес к задаче сегментации электрокардиограммы остается по-прежнему высоким. Существующие методы автоматического поиска и выделения сегментов ЭКГ объединяются в две группы: базирующиеся на фильтрации сигналов и основанные на анализе производной. Можно назвать еще один метод, стоящий особняком: синтаксическое распознавание, который имеет большой разрыв между теоретически возможными функциями и практически реализованными задачами. Практически во всех системах имеется функция ручной маркировки кривой, т.е. указание базовой точки, относительно которой производится поиск волн. Это объясняется тем, что форма ЭКГ сигнала сильно изменяется при патологиях, аритмиях и т.п., что иногда делает невозможным (ложным) распознавание элементов сигнала. Все это обуславливает поиск и внедрение дополнительных методов сегментации и видов обработки кардиограммы.

Вейвлет-спектрограммы являются важнейшим продуктом вейвлет анализа и выделяют такие особенности сигналов, которые незаметны на графиках сигналов и на Фурье-спектрограммах. Чем резче выражена особенность сигнала, тем сильнее она выделяется на спектрограмме и тем выше уровни вейвлет-коэффициентов. Вейвлет-спектрограммы отчетливо выделяют такие особенности сигналов, как небольшие разрывы, изменения знаков первой и второй производных, изменение частоты составляющих сигналов во времени и т.д.

В результате проведенных нами исследований установлено, что наиболее целесообразным при сегментации ЭКГ является использование вейвлета Хаара, спектр сигнала, полученный с его помощью, выгодно отличается от других.

Это примитивный по форме вейвлет, который относится к «грубым» вейвлетам. Чтобы убедиться в том, что никакая «особая» информация не останется неостребованной, проведен визуальный анализ в разных сечениях вейвлетного спектра.

Сечения показывают, что зубец R может быть хорошо локализован на определенном масштабе. Аналогичный поиск выполнен с использованием вейвлета Хаара для остальных волн ЭКГ. По совокупности проведенных исследований, нами установлено, что для каждой волны существует свой частотный диапазон, в котором она наиболее проявляет свои свойства.

Численные эксперименты с 30 различными сигналами ЭКГ (30 пациентов, длина записи 5 минут) позволили выявить следующие закономерности сигналов: каждый зубец локализован в своем частотном диапазоне, имеет экстремум, а начало и конец волны может быть найдено в точках пересечения с изолинией.

Предлагаемый нами алгоритм сегментации ЭКГ сводится к следующим шагам.

1. Поиск локальных максимумов RR_i в исходном сигнале ЭКГ и в массиве вейвлетных коэффициентов W_{ij} .

2. Определение начальной $bQRS_i$ и конечной $fQRS_i$ точек QRS-комплексов как нулей функции W_{ij} в окрестностях масштаба, соответствующего найденному локальному максимуму RR_i (рис.1).

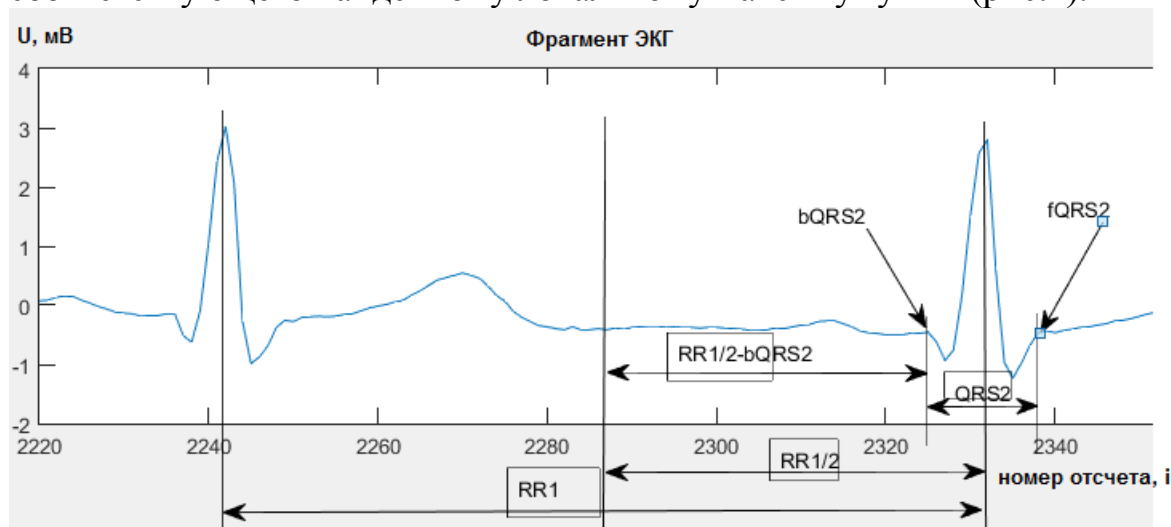


Рис. 1 – Схема характерных точек в окрестностях QRS

3. Поиск зубца P производится в интервале $RR1/2-bQRS2$, т.е. вправо от половины кардиоцикла до начала QRS-комплекса. В указанном интервале определяем локальный максимум коэффициентов вейвлетного спектра, а затем – нули функции (рис. 2).

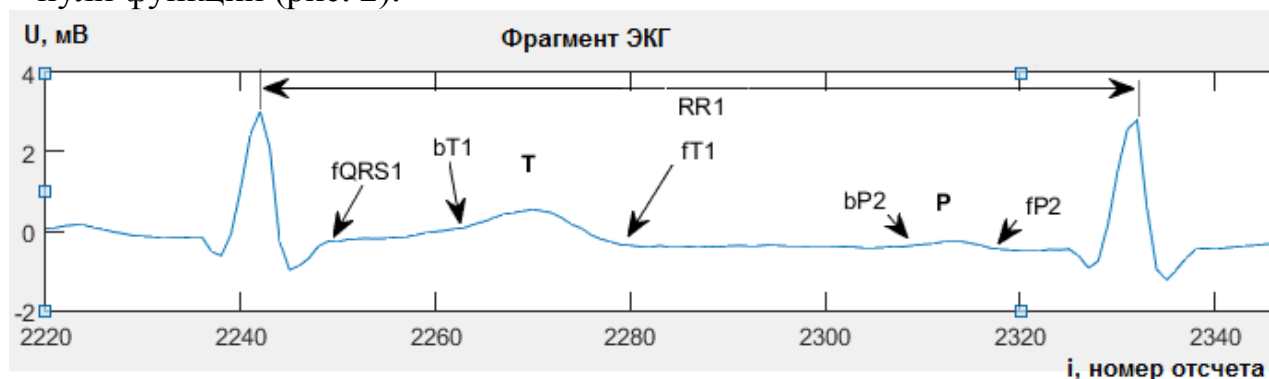


Рис. 2 – Схема характерных точек в окрестностях P и T

4. Область поиска зубца T ограничивается интервалом от конца комплекса QRS до середины текущего интервала. Принцип поиска тот же: поиск локального максимума и нулей функции.

Предложенный алгоритм имеет высокую точность сегментации только для отфильтрованных сигналов в автоматизированных кардиологических системах на этапе распознавания элементов ЭКГ.

Bunluechokchai S. Analysis of the High Resolution ECG with the Continuous Wavelet Transform / S. Bunluechokchai, M. English. // Computers in Cardiology. – 2003. – №30. – С. 553–556.