

# Улучшение метода шумоподавления для сигнала ЭКГ, основанного на циклическом вращении с постоянным сдвигом

М.А. Форгани, А.В. Кожевин

УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Электрокардиограмма (ЭКГ) показывает электрическую активность сердца и несет в себе много важной информации, на основе которой специалисты могут сделать заключение о состоянии здоровья сердца. Из-за того что подавляющее большинство первичных сигналов содержит шум, шумоподавление является очень популярным процессом. Иначе проведение анализа затрудняется, а иногда становится невозможным. Существует много алгоритмов шумоподавления, но реализации, основанные на вейвлетах, более популярны в обработке сигналов. Один из таких методов – это метод циклического вращения с постоянным сдвигом. Преимущество данного метода заключается в том, что циклическое вращение компенсирует проблему отсутствия инвариантности к сдвигу в сильно дискретизованном вейвлет-преобразовании. Чтобы получить финальный результат от шумоподавления, для промежуточных очищенных версий нужно применить обратный циркулянтный оператор сдвига и взять среднее от наложения результатов применения этого оператора.

Идея нашего исследования заключается в попытке нестандартно использовать принцип вращательного сдвига. Мы пытаемся проверить, что можно определить семейство точек  $x(i)$ , сдвиги на которые не были бы постоянными и давали бы лучший результат. Для проведения этого эксперимента был взят фрагмент нормального сигнала ЭКГ, состоящий из 10 комплексов QRS. Сначала были определены группы точек комплекса QRS, затем к исследуемому фрагменту был добавлен белый шум (SNR: -5, 0, 5, 10, 15). Исследования проводились на основе полученного искусственно зашумленного сигнала. В исследуемых методах были использованы такие семейства вейвлетов как Haar, Daubechies, Symlet, Coiflet, Bior, rbior and dmeu. Также были применены несколько типов порогов трешолдинга: rigrsure, heursure, sqtwolog and minimaxi, несколько видов рескалинга, а также soft и hard трешолдинговые функций.

В конце очередного цикла прогонки метода восстановленный сигнал сдвигался на соответствующий  $x(i)$  в обратном направлении. В конце считалось среднее от промежуточных результатов. Мы назвали этот метод усредненный циклически-вращательный метод.

Всего было опробовано 12 методов, разница между которыми заключалась в разной комбинации сдвигов относительно точек Q, R или S. Также был опробован встроенный в Matlab метод «wden», метод полиномиальной аппроксимации 10-го порядка, а также комбинация применения перечисленных методов для разных частей фрагмента сигнала.

В исследовании были использованы данные из MIT-BIH Normal Sinus Rhythm Database, а расчеты были проведены в Matlab с использованием параллельных вычислений. Относительное распределение эффективности методов выбора точек для более эффективного шумоподавления представлено на Рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что наилучшие результаты показал метод, в котором сдвиг осуществлялся по точкам R.

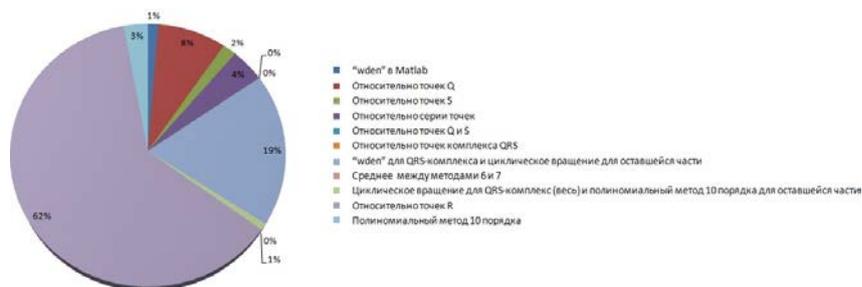


Рис. 1 Сравнительная характеристика результатов работы исследуемых методов