

УДК 616.12-073.7:534.284

АНАЛИЗ СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА SAVITZKYGOLAY С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА ЭКГ

ДЕНСКЕВИЧ С. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: newc0m3r@gmail.com

Аннотация. Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются самой распространенной причиной смерти во многих странах мира. Электрокардиограмма (ЭКГ) - один из основных полезных, легко доступных и недорогих инструментов для ранней диагностики и развития многих сердечных проблем. Сигнал ЭКГ может быть искажен различными типами шумов, что приводит к неправильному диагнозу. Много типов фильтров доступны для фильтрации или сглаживания зашумленной ЭКГ. Некоторые из них не очень эффективны, а некоторые уничтожают характеристики сигнала ЭКГ в процессе фильтрации. Savitzky-Golay (S-G) - один из фильтров, сглаживающих сигнал без особого нарушения его первоначальных свойств. Степень полинома и размер кадра - это два параметра фильтра S-G и от них во многом зависит производительность S-G фильтра. Влияние вариации степени полинома и размера кадра исследуется в данной статье. Для подавления сигнала ЭКГ с использованием фильтра S-G PRD и SNR используются в качестве факторов оценки производительности. Экспериментальные результаты показывают, какой тип значения степени полинома и размера кадра лучше подходит для шумоподавления сигнала ЭКГ.

Abstract. Cardiovascular diseases (CVDs) are the most widespread cause of death in many countries all over the world. Electrocardiogram (ECG) is one of the most basic useful, easily available and low cost tools for the early diagnosis and evolution of many cardiac problems. ECG signal can potentially corrupted by various types of noises which lead to incorrect diagnosis. Many types of filters are available for filtering or smoothing the noisy ECG. Some of them are not very much effective and some of them destroy the characteristics of ECG signal during filtering process. Savitzky-Golay(S-G) is one of the filters which can smoothen out the signal without much destroying its original properties. Polynomial degree and frame size are the two parameters of S-G filter and the performance of S-G filter mostly depends on them. The effect of the variation of polynomial degree and frame size are studied in this paper. For denoising ECG signal by using S-G filter PRD and SNR are used as the performance evaluating factor. The experimental results indicate that which type of value of polynomial degree and frame size are better for denoising ECG signal.

Автономная сердечная клетка является одной из электрически активных клеток человеческого тела. Обычно они поляризованы. Эти сердечные клетки могут потерять нормальный негатив из-за деполяризационного процесса. После завершения деполяризации сердечные клетки способны восстанавливать свою нормальную полярность с помощью процесса называемого реполяризацией. Если эта электрическая активность регистрируется во временной области, мы получаем сигнал, который называется ЭКГ (рис.2). Широко признано, что ЭКГ является одним из надежных и недорогих инструментов для обнаружения большинства ССЗ. Как и другие электрические сигналы, сигналы ЭКГ искажаются разного рода шумом. Есть пределы применимости простого КИХ-среднего фильтра для удаления шума. С целью достижения высокой степени бесшумности сигнала его длина должна быть настолько большой, чтобы полоса пропускания фильтра стала меньше ширины полосы сигнала. Это вызывает удаление полезных высоких частот от полезного сигнала. Если мы рассмотрим ЭКГ, $x(n) = s(n) + v(n)$, где $s(n)$ - фактическая ЭКГ сигнал, $v(n)$ - шум. Попытка сгладить шум $v(n)$, фильтр начинает сглаживать полезный сигнал $s(n)$ в нежелательном масштабе. Сглаживающие фильтры S-G FIR, также известное как полиномиальное сглаживание или метод наименьших квадратов сглаживающие фильтры, являются обобщением FIR-усреднителя фильтра, который может лучше сохранять высокочастотный контент желаемый сигнал. [1]

Так же, как передается электрическая активность кардиостимулятора к сердечной мышце, отголоски деполяризации и реполяризации сердца отправляются через SA node (рис. 1.).

Специализированные клетки кардиостимулятора, запускающие электрическую последовательность деполяризации и реполяризации сердечной ткани называются внутренней ритмичностью или автоматичностью. Электрический сигнал генерируется в сино-предсердном узле (узле SA) и распространяется на мышцы желудочков через определенные проводящий путь, межузловые волокна предсердий, атриовентрикулярные узел (AV узел), пучок His, правого и левого пучка (RBB и LBB), волокна Пуркинье, затем желудочек (рис. 1). Путем введения пары очень

чувствительных приемников (электродов) на других частях тела, «эхо» электрической активности может быть обнаружено [2].

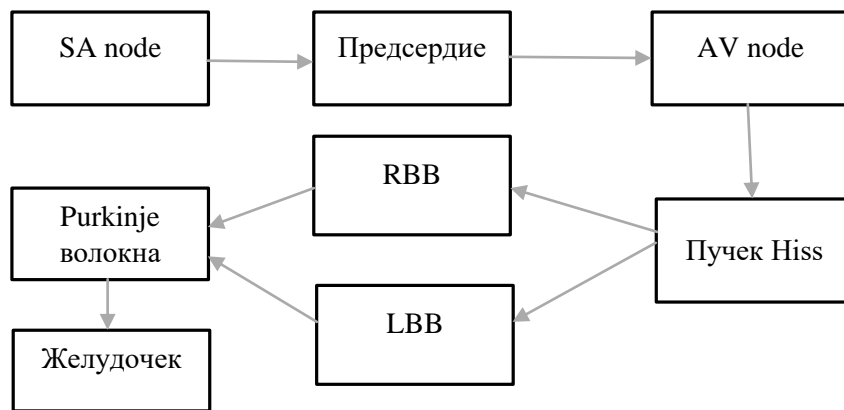


Рис. 1. Источник электрической активности в сердце

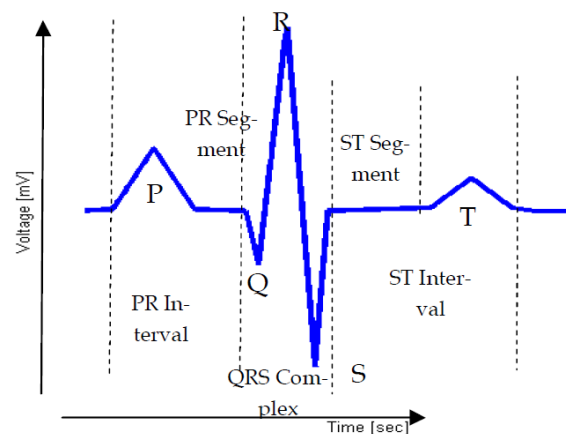


Рис. 2. Идеализированная форма кривой ЭКГ

Это электрическое событие сердца обычно отображается на ЭКГ как образец исходной линии (прямая линия на ЭКГ, точка отклонения электрической активности от деполяризации и реполяризации сердечных циклов) нарушены зубцом P, QRS комплекс и волну T (рис. 2). Следует отметить, что есть - некоторый интервал (интервал - это часть ЭКГ, содержащая хотя бы одну волну и прямую линию. Например, интервал PR включает волну P и соединительную линию перед комплексом QRS) и сегмент (это период времени от конца одной волны к началу следующей волны. Например, сегмент PR представляет время AV-узла, задержка и передача в желудочке) между волнами. Обобщенные свойства ЭКГ кратко описаны в табл. 1. [2] [3] [6].

Таблица 1. Описание компонентов сигнала ЭКГ

Сегмент	Amp(mV)	Продолжительность(сек)	Представление
P	0.25	0.08	Поляризация предсердия
Q	25% от R		Септальная деполяризация
R	1.60		Деполяризация желудочков
P-R интервал		0.12-0.20	Время, затраченное узлом SA на путешествие в желудочек
QRS комплекс		0.09	Деполяризация желудочков и сокращение
T	0.1-0.5	0.16	Начало рясслабления желудочков
S-T сегмент		0.05-0.15	Интервал между S и волной T

Для решения проблемы шума сигнала ЭКГ можно использовать фильтр S-G. Это упрощенный метод вычисления дифференцирования и сглаживания данных методом наименьших квадратов. Эта скорость вычислений лучше, чем у методов наименьших квадратов. Один из основных недостатков: некоторые первые и последние точки данных не могут сгладить оригинальный метод Savitzky-Golay. Но J.Steinier и A.Khan улучшили этот метод, теперь эта проблема решаема [5].

Для оценки эффективности сглаживающего фильтра S-G рассмотрим зашумленный сигнал ЭКГ, представленный на рисунке 3. Этот сигнал ЭКГ принимается в качестве входных данных симулятора SG-фильтра. Мы получаем разные результаты за счет реализации фильтра S-G. Есть два параметра, степень полинома и размер кадра. Для лучшего понимания производительности S-G фильтр, мы меняем один параметр, тогда как другой берется как постоянный. Мы рассматриваем PRD и SNR как оценивающий параметр этого фильтра.

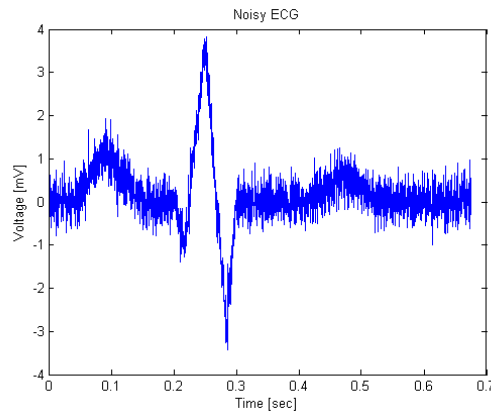


Рис. 3. Зашумленный сигнал ЭКГ

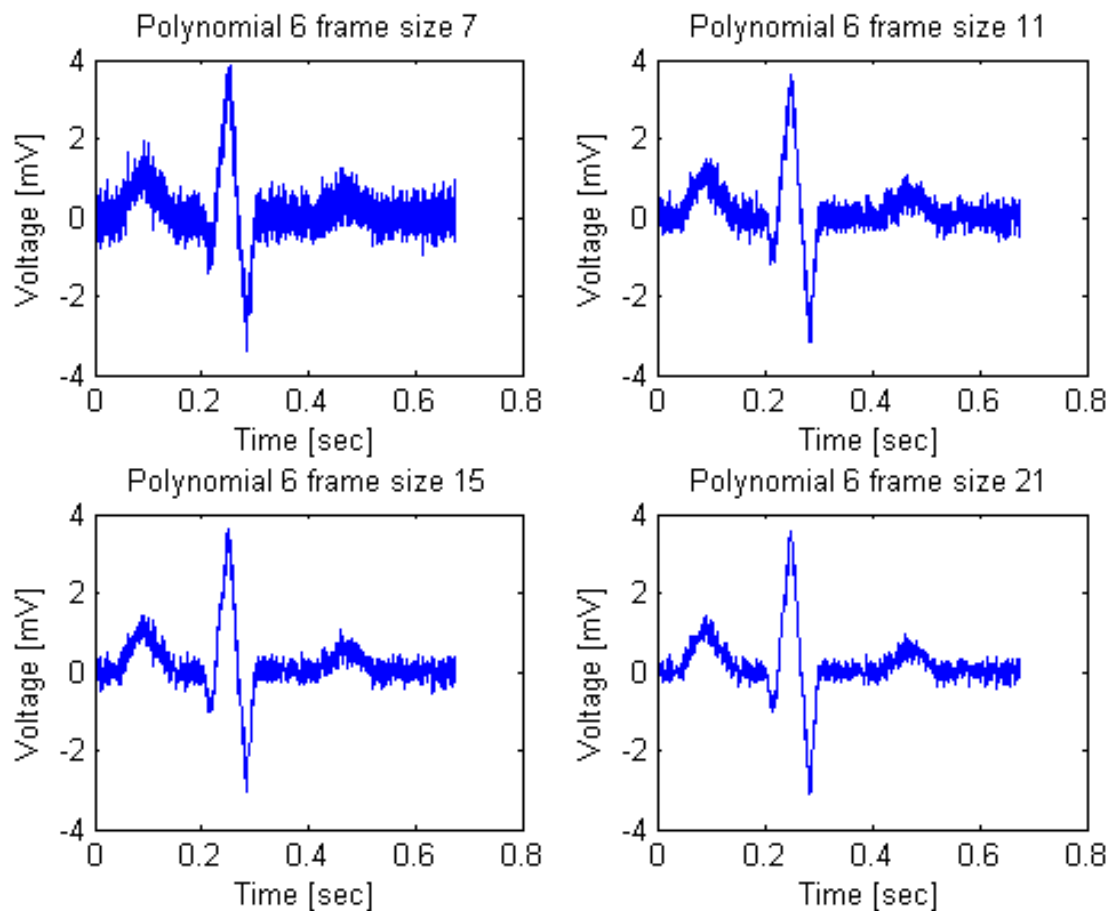


Рис. 4. Выходной сигнал S-G фильтра, где размер кадра варьируется, а степень полинома постоянна

Из моделирования (рис. 4.) видно, что, если размер кадра увеличивается, сигнал более плавный, учитывая степень постоянного полинома. Это явление видно в моделировании PRD и SNR, когда размер кадра увеличился (рис. 5.). Поскольку в фильтре S-G размер кадра означает количество данных точки $(2M+1)$, используемые для сглаживания значения. Сглаженное значение состоит из вычисления M -данных слева и справа. По этой причине увеличение кадра дает лучшие результаты. С другой стороны, если степень полинома S-G фильтра уменьшается, тогда больше шума будет удалено (рис. 6.).

По той причине, что при увеличении степени, количество переходных процессов при первом включении и последнем переходном процессе (при выключении) увеличивается. Поскольку общая длина входных данных равна фиксированным. Таким образом, количество выходных сигналов в устойчивом состоянии, что соответствует симметричной фильтрации ниже. Это явление наблюдается в PRD и моделирование SNR, когда степень полинома уменьшается (рис.7).

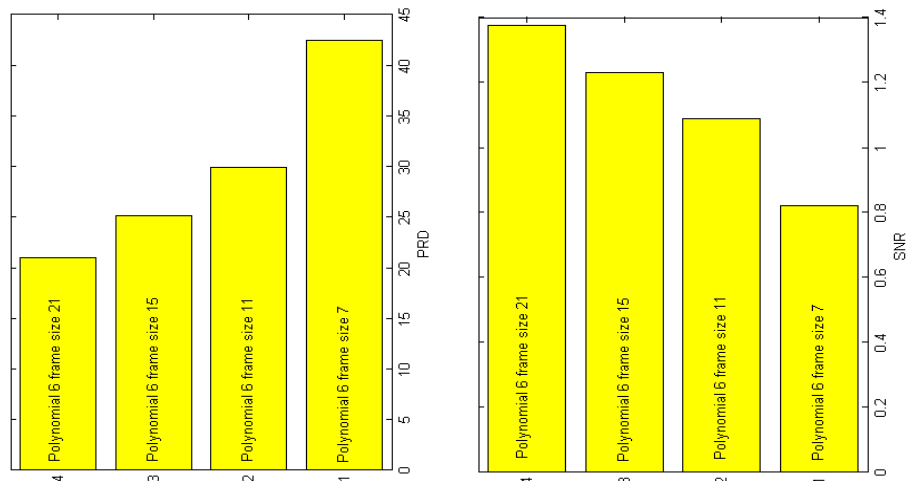


Рис. 5. PDR и SNR, где размер кадра варьируется, а степень полинома постоянна

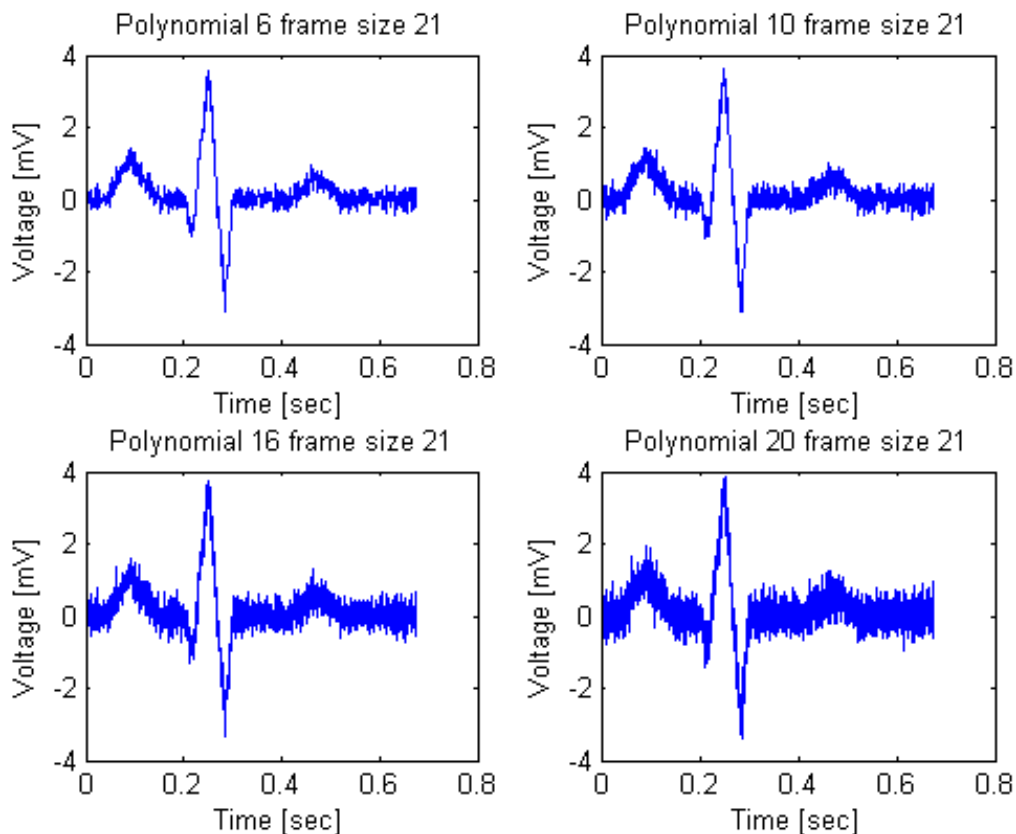


Рис. 6. Выходной сигнал фильтра S-G, где степень полинома варьируется, а размер кадра постоянный

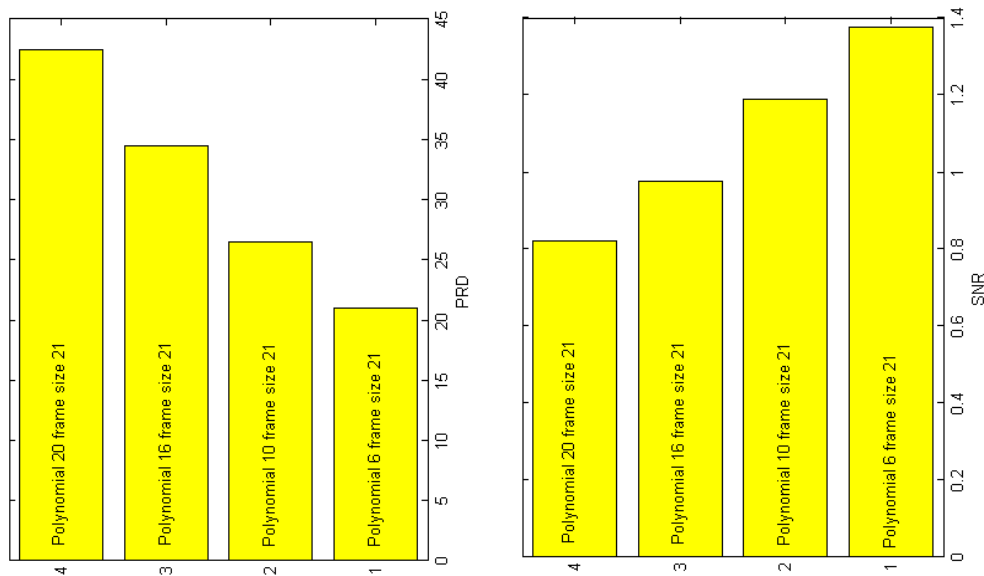


Рис. 7. PDR и SNR, где степень полинома варьируется, а размер кадра постоянный

Для выявления ССЗ нет других методов, как ЭКГ. ЭКГ - это биоэлектрический сигнал более низкой амплитуды, как и другие электрические сигналы, на нее влияет шум. Мы попытались уменьшить шум, используя SG фильтр различной степени полинома и размера кадра. В этой статье мы взяли PRD и SNR как коэффициент анализатора. Результат получается лучше, когда PRD уменьшается, а SNR увеличивается. В нашем моделировании лучший результат был получен, когда степень полинома была уменьшена, а размер кадра увеличен. Если увеличить размер кадра, данные будут более плавными.

Список использованных источников

1. Sophocles J. Orfanidis, Introduction to Signal Processing, Prentice Hall, 1995.
2. Dr. A. B. M. Abdullah, ECG in Medical Practice, Asian Colour Printing, 2006.
3. L. Cromwell, F. J. Weibell and E. A. Pferiffer, Biomedical Instrumentation and Measurements, 2nd ed., Pearson Education, Inc., 2004.
4. Rezual Begg, Deniel. T. H. Lai, Marimuthu Palaniswami, Computational Intelligence in Biomedical Engineering, CRC Press, 2008.
5. Peter A. Gorry, "General lest-squares smoothing and differentiation by the convolution (Savitzky-Golay) method", Analytical Chemistry., vol.62, pp. 570-573, Mar. 15 1990.
6. Biopac Student Lab 3.7 , BIOPAC System, Inc., 2008.