

# Селективный анализ сигнала пульсовой кривой

Толстякова С.Ю.

Научный руководитель: Пуговкин А.  
П.

## Аннотация

## Анализ сигнала

Анализ динамики объемной скорости кровотока и артериального давления в магистральных сосудах чрезвычайно важен в условиях реанимации и при прогнозировании развития и исхода различных заболеваний. Наибольшей точностью при измерении параметров кровообращения обладают прямые методы исследования, использование которых предполагает непосредственное введение катетера в магистральные сосуды пациента. Однако, из-за осложнений, сопровождающих данный метод измерения, проблема поиска и апробации альтернативных методов, не нарушающих целостности магистральных сосудов, остается актуальной. В последнее время особым вниманием пользуются способы, основанные на анализе пульсовой кривой в периферических сосудах с последующей реконструкцией формы волны, значений давления и потока крови в магистральных сосудах. Сопряженность взаимосвязанных, параллельно протекающих процессов гемодинамики в магистральных и периферических сосудах открывает возможность для вычисления передаточной функции (ПФ) сосудистого русла.

Для обработки экспериментальных данных, получаемых с целью дальнейшего расчета ПФ, было создано специализированное программное обеспечение (ПО). Данное ПО позволяет объединять последовательные фрагменты сигнала в единый массив данных, пригодный для последующей обработки, а также производить анализ полученного массива. В анализ входит распознавание сердечных циклов, выделение точек регистрации систолического и диастолического давления, выделение пар циклов, несущих наименьшую аппаратную погрешность, расчет и регистрация временных и частотных параметров сигнала, регистрация амплитудных параметров сигнала.

## Получение экспериментальных данных

В ходе исследований осуществлялась синхронная регистрация мгновенных значений артериального давления в сонной и бедренной артериях. Измерение давления проводилось прямым способом с применением электроманометра на основе тензометрического датчика ПДП-400. Значения записывались в файлы посредством компьютерной системы сбора данных HEART-300-10 с шагом дискретизации, составлявшим 1 мс, в течение отрезка времени около 30 секунд.

Полученные данные сохранялись в формате CSV.

Аппаратные ограничения измерительной аппаратуры позволяли производить непрерывную запись сигнала на протяжении 1,5 секунд. Вследствие этого итоговая запись сигнала представлялась в виде 21-го последовательно записанного файла.

## Интерфейс программы

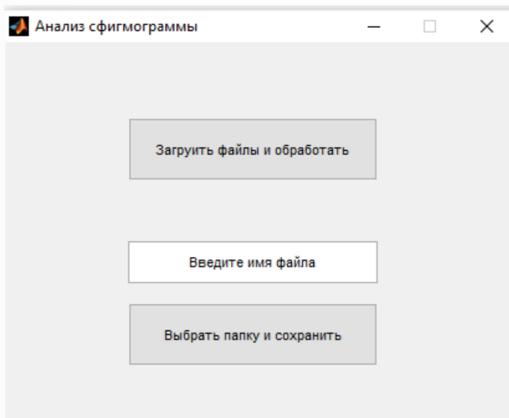


Рисунок 1

Главное окно программы (Рисунок 1) имеет две кнопки и окно ввода текста.

Кнопка «Загрузить файлы и обработать» позволяет одновременно загрузить все фрагменты сигнала, подлежащие обработке. После загрузки фрагменты объединяются в единый сигнал. Обработка сигнала запускается автоматически, без участия пользователя программы.

После окончания обработки сигнала открывается графическое окно, в котором отображаются сигналы пульсовой волны, снятые с сонной и бедренной артерий, маркеры точек смена давления, маркеры циклов, вносящих наименьшую погрешность в расчет временных параметров (Рисунок 3).

Графическое окно позволяет приближать определенные участки графика, узнавать точные координаты интересующей точки, ставить метки на графике, сохранять изображение.

Полученные данные сохраняются в формате XLSX, что позволяет производить их дальнейшую обработку как в автоматическом, так и ручном режимах.

Для записи полученных данных требуется ввести имя файла в окно ввода текста и выбрать папку для сохранения. После завершения процесса записи в главном окне программы появляется индикатор готовности (Рисунок 2).

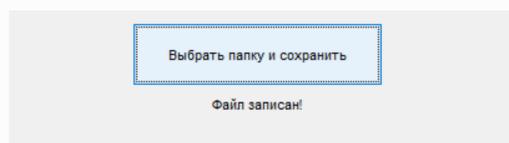


Рисунок 2

Основной задачей ПО является распознавание сердечных циклов, а также расчет и регистрация следующих амплитудных, частотных и временных показателей сигнала:

- Систолическое давление
- Диастолическое давление
- Время хода пульсовой волны (ВХПВ)
- Частота сердечных сокращений (ЧСС)

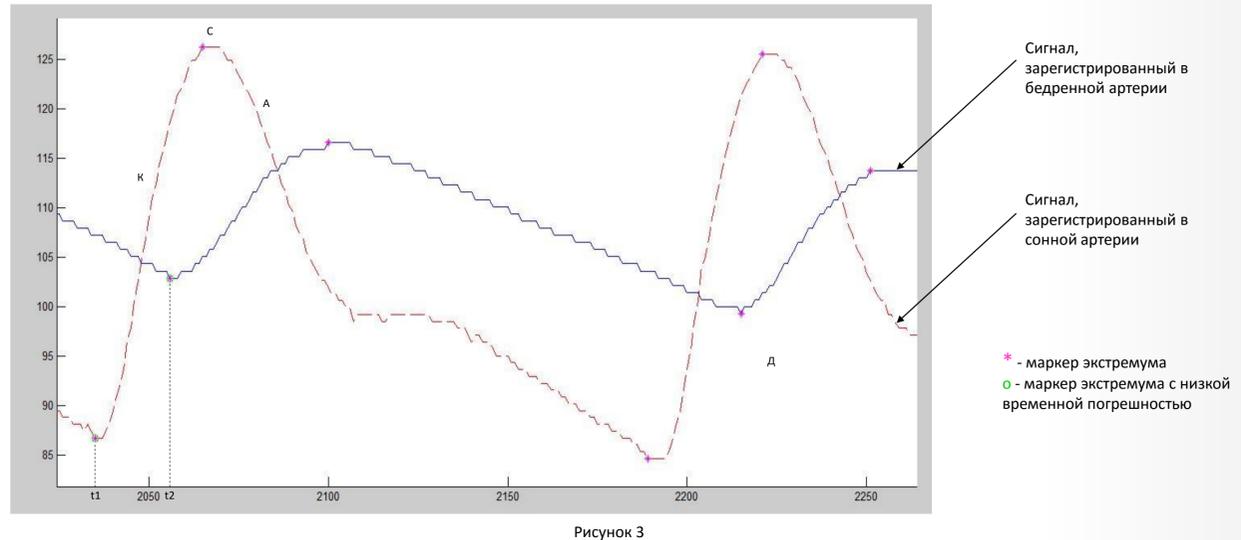


Рисунок 3

На Рисунке 3 изображен фрагмент пары синхронно записанных сигналов пульсовой кривой.

Регистрация значений давления происходит на экстремумах сигнала. Систолическое давление регистрируется в точке С перехода катартоты К (подъема кривой) в анакроту А (спуск кривой). Диастолическое давление регистрируется в начальной точке Д анакроты.

ВХПВ рассчитывается как разница во времени между точками t2 и t1 (моменты регистрации диастолического давления в бедренной и сонной артериях соответственно).

Алгоритм поиска экстремумов сигнала основан численном дифференцировании дискретной функции сигнала и последующем поиске точек, в которых производная меняет знак.

Наряду с истинными экстремумами сигнал содержит множество ложных экстремумов, являющихся следствием аппаратной ошибки. Для всех найденных пиков производится проверка на истинность. Сглаживающие фильтры для устранения аппаратных ошибок в данной работе не используются, так как их применение искажает амплитудное значение истинных экстремумов.

Если в окрестности локального максимума находится точка со значением, превышающим значение в точке экстремума, данный экстремум принимается ложным. Если в окрестности локального минимума находится точка со значением сигнала меньшим, чем в точке экстремума, данный экстремум принимается ложным.

Экстремумы, принятые за истинные, помечаются маркерами (Рисунок 3)

Следующий этап анализа – поиск экстремумов, несущих наименьшую погрешность по времени. Это необходимо для выделения пар сердечных циклов, для которых расчет ВХПВ будет нести наименьшую погрешность. Так как расчет ВХПВ производится по точкам определения диастолического давления, анализируются только минимумы сигнала.

Минимумы должны удовлетворять следующим требованиям:

- Отсутствие ложного экстремума, дублирующего истинный (Рисунок 4)
- Отсутствие плато длительностью свыше 2 мс (Рисунок 5)

Группы удовлетворяющих требованиям экстремумов (Рисунок 6) сонной и бедренной артерий сопоставляются, определяются пары экстремумов, относящихся к одному сердечному циклу. Найденные пары отмечаются маркерами на графике (Рисунок 3)

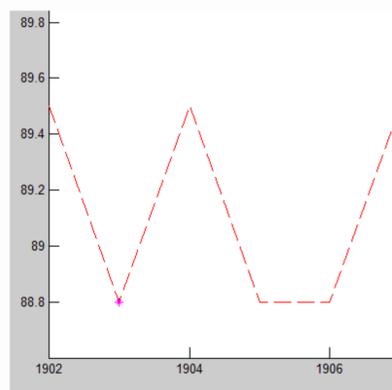


Рисунок 4

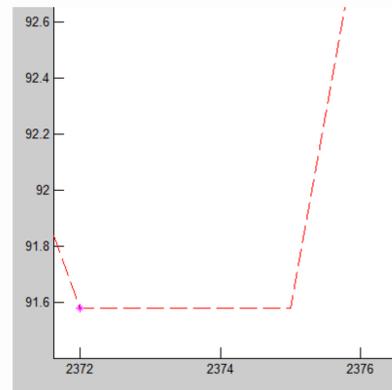


Рисунок 5

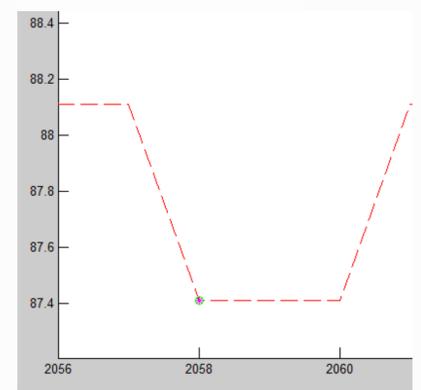


Рисунок 6

Расчет ЧСС производится для каждого сердечного цикла. За длительность i-ого цикла при расчете принимается разница во времени между i-ой и i+1-ой точкой регистрации диастолического давления.

Все данные, полученные в ходе анализа сигналов, сохраняются в формате XLSX в виде таблицы. Таблица включает в себя нумерацию сердечных циклов, величины систолического и диастолического давлений для сонной и бедренной артерий, рассчитанные значения ЧСС и ВХПВ для каждого сердечного цикла, а также отдельную графу со значениями ВХПВ для сердечных циклов, несущих минимальную временную погрешность.

## Выводы по проведённым исследованиям

Выводы:

- Было создано ПО для создания единого массива данных с последующей его обработкой;
- Сигналы проанализированы, произведен расчет ЧСС, ВХПВ, найдены значения систолического и диастолического давлений.
- Полученные данные представлены в форме, удобной для последующего автоматизированного или ручного анализа.