

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕО

УДК 615.47

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫДЕЛЕНИЯ КОРРЕЛЯТОВ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭКГ И ФПГ

Д.А. Вершинин, П.А. Серко

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: электрокардиография, фотоплетизмограмма, пульсовая волна, Python, обработка сигналов, артериальное давление.

Исследование синхронных сигналов ЭКГ и ФПГ является перспективным направлением для разработки методов определения артериального давления и играет важную роль в диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы. Временные интервалы между характерными точками этих сигналов, такие как время распространения пульсовой волны (ВРПВ), тесно коррелируют с ключевыми гемодинамическими параметрами и могут служить основой для неинвазивной оценки артериального давления, определения сосудистого тонуса и диагностики ранних нарушений. [1]

Для регистрации сигналов ЭКГ и ФПГ было использовано устройство на базе микросхемы Analog-Front-End ADS8232, датчика пульса MAX30102 и микроконтроллера STM32F411CE. Сигналы были синхронно записаны с частотой дискретизации 125 Гц в течение 30 секунд.

Для надежного выделения диагностически значимых компонентов сигналов проведено предварительное цифровое фильтрование. Для компенсации низкочастотного дрейфа базовой линии использовался фильтр Савицкого-Голея третьего порядка. Далее сигналы прошли полосовую фильтрацию с помощью фильтра Баттерворта четвертого порядка. Для ЭКГ диапазон частот составил 0.5 – 40 Гц. Для ФПГ диапазон составил 0.1 – 10 Гц. Наглядные результаты фильтрации представлены на рисунке 1.

Для формализации взаимосвязи между сердечной деятельностью и периферическим кровотоком в рамках исследования были отобраны временные интервалы, характеризующие фазы сердечного цикла и распространение пульсовой волны. Критерием отбора послужила их доказанная диагностическая информативность, описанная в работе А.С. Podaru [2].

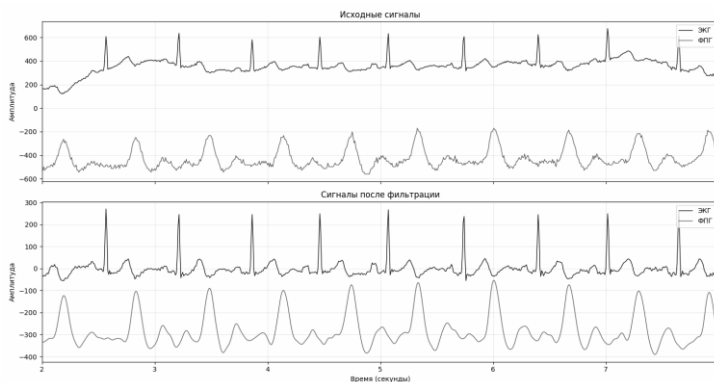


Рисунок 1 - Сигналы ЭКГ и ФПГ до и после фильтрации

В итоговый набор вошли шесть ключевых временных признаков, синхронизированных по сигналам ЭКГ и ФПГ, представленные на рисунке 2.

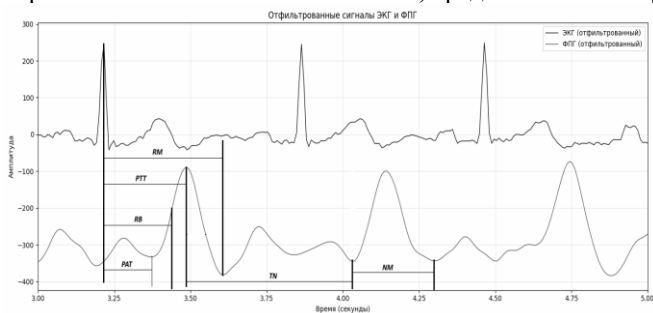


Рисунок 2 – Ключевые временные признаки

РТТ - время распространения пульсовой волны. РАТ - время начала пульсовой волны. RB - время от R-пика на ЭКГ до точки начала (подножия) пульсовой волны на ФПГ. RM - время от пика R на ЭКГ до дикротической выемки (инцизуры) на ФПГ. TN - время от минимума (впадины) предшествующего цикла ФПГ до дикротической выемки текущей волны. NM - время от начала (подножия) пульсовой волны до её дикротической выемки.

Алгоритм для поиска характерных точек для подсчета временных признаков состоит из следующих этапов:

Алгоритм Пан-Томпкинса – стандартный подход для обнаружения R-пиков ЭКГ[3]; Поиск дикротических выемок ФПГ – поиск пиков ФПГ с помощью функции `find peaks` из библиотеки `scipy`, затем во временном промежутке до 240 мс после каждого пика осуществляется поиск локального минимума (выемки); Поиск точки на склоне ФПГ – поиск пиков ФПГ, затем для каждого пика в интервале 200 мс перед ним

осуществляется поиск точки с максимальной производной (максимальная крутизна подъема); Поиск начала пика ФПГ – поиск пиков ФПГ, а затем в интервале 200 мс перед каждым пиком осуществляется поиск локального минимума, который определяется как начало подъема пульсовой волны; Расчет временных параметров (РТТ, РАТ, RB, RM, TN, NM)

Таким образом, в результате проведения экспериментов и последующей фильтрации были зарегистрированы стабильные сигналы ЭКГ и ФПГ. Высокое качество этих сигналов позволило с высокой точностью идентифицировать необходимые характерные точки, что, в свою очередь, сделало возможным корректное вычисление набора временных параметров (РТТ, РАТ, RB, RM, TN, NM) для каждого сердечного цикла. Эти данные формируют первичную матрицу наблюдений для дальнейшего статистического анализа и построения моделей машинного обучения.

Список использованных источников

1. Features from the photoplethysmogram and the electrocardiogram for estimating changes in blood pressure / E. Finnegan, S. Davidson, M. Harford, P. Watkinson, L. Tarassenko, M. Villarroel // Scientific Reports. – 2023. – Т. 13, № 1. – 986 p.
2. Podaru A.C. Blood Pressure Estimation Based on Synchronous ECG and PPG Recording / A.C. Podaru, V. David // 2020 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE). – Iasi, Romania, 2020. – p. 640–645
3. Ziti F., Ikeura R., Hayakawa S., Tsutsumi S. Analysis of Pan-Tompkins Algorithm Performance with Noisy ECG Signals // Journal of Physics: Conference Series. – 2020.

Серко Павел Александрович, студ. гр. 6302-120304D, serko.pvl05@mail.ru
Вершинин Демид Александрович, студ. гр. 6301-120304D, demid.vershinin2018@yandex.ru ; науч. рук.: Акулов С.А., к.т.н., доцент, доцент каф. ЛБС.

УДК 004.056:004.932

УСТОЙЧИВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ВОДЯНЫЕ ЗНАКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ В ПОТОКОВОМ ВИДЕО

Э.В. Рукавицин, Н.С. Вдовин

Алтайский Государственный Технический Университет имени
И.И. Ползунова, г. Барнаул

Ключевые слова: цифровые водяные знаки, потоковое видео, сигнально-кодовая конструкция, структурная скрытность, формализация угроз, защита авторских прав.

В условиях развития технологий цифровой трансформации и роста объёмов мультимедийного трафика традиционные методы криптографической защиты перестают обеспечивать необходимый уровень безопасности после декодирования контента. Возникает потребность в математически обоснованных методах, позволяющих оперативно реагировать на нарушения авторских прав в распределённых сетях.