

УДК 004.021

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБЩЕГО СТАНДАРТНОГО СЕГМЕНТА ЭКГ-СИГНАЛА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Давыдов Н. С., Храмов А. Г.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва

В данной работе предлагается новый метод приведения сигнала к приемлемому для обработки виду, который заключается в вычислении общего сегмента для всего сигнала. Вычисление общего сегмента основано на приведении каждого сегмента к стандартному виду и усреднении полученного набора.

Первым шагом в приведении сегмента к стандартному виду является нормализация амплитуды и её перенос в интервал от нуля до единицы. Изначально сегмент сигнала имеет максимум и минимум, отличающиеся от требуемых и находящиеся в интервале  $[-1;1]$ . Для сдвига сегмента требуется вычесть минимальное его значение из каждого отсчёта сигнала:

$$f_j^1 = f_{ji} - \min(f_j), \quad i = \overline{1, N},$$

где  $N$  – количество отсчётов в  $j$ -ом сегменте,  $f_j$  – вектор исходных значений сегмента,  $\min(f_j)$  – минимальное значение в  $j$ -ого сегмента,  $f_j^1$  – смещённый  $j$ -ый сегмент.

Далее для того, чтобы максимум сегмента не превышал единицы, требуется поделить полученный смещённый сегмент на максимальное значение сегмента после смещения:

$$f_j^2 = \frac{f_{ji}^1}{\max(f_j^1)}, \quad i = \overline{1, N},$$

где  $N$  – количество отсчётов в  $j$ -ом смещённом сегменте,  $f_j^1$  – вектор исходных значений смещённого сегмента,  $\max(f_j^1)$  – максимальное значение смещённого  $j$ -ого сегмента,  $f_j^2$  – нормализованный  $j$ -ый сегмент.

В результате, будет получен сигнал с амплитудой, находящийся в границах от нуля до единицы.

У каждого из сегментов сигнала могут быть разные длины, отличающиеся на небольшую неизвестную величину. Подобная неопределённость с количеством отсчётов в сегменте является препятствием при дальнейшем вычислении общего сегмента. Для того чтобы привести все длины сегментов сигнала к единому значению, требуется провести интерполяцию каждого из них. Исходный фрагмент является набором точек, также как и интерполированный, однако обработанный фрагмент будет содержать, предположительно, меньшее количество точек в том же диапазоне. Перед применением интерполяции, исходный сегмент был смещён к нулю относительно оси абсцисс путём вычитания первого значения временной координаты, после извлечения из сигнала. В ходе интерполяции рассматриваются значения новых точек начиная со второго и заканчивая предпоследним, так как крайние значения должны совпадать с известными значениями сегмента. Далее, в случае попадания точки между двумя точками исходного интервала, между этими двумя точками проводится прямая, на пересечении с которой находится значение амплитуды в новой сформированной точке. В результате интерполяции будет получен сегмент с требуемым количеством точек.

Последним шагом в приведении сегмента к стандартному виду является масштабирование всего сигнала с целью получения амплитуды равной единице на обоих концах сегмента. Для верного масштабирования, требуется, начиная с меньшего

конца, умножать каждый из отсчётов на коэффициент, соответствующий отсчёту. Коэффициенты вычисляются по следующей формуле:

$$a_i = \frac{1}{\min(f_{j1}, f_{jN})} + \frac{1 - \frac{1}{\min(f_{j1}, f_{jN})}}{N} i, \quad i = \overline{1, N},$$

где  $N$  – количество отсчётов в  $j$ -ом сегменте,  $\min(f_{j1}, f_{jN})$  – минимальное из значений амплитуды на левом и правом концах сегмента.

В результате всех проделанных шагов будет получен сегмент стандартного вида. Далее требуется повторить шаги для каждого из сегментов выбранного отведения ЭКГ-сигнала. После обработки каждого сегмента можно проводить усреднение для вычисления общего стандартного сегмента сигнала. Теперь это становится возможным, так как длины всех сегментов одинаковы, а амплитуды находятся в требуемом интервале  $[0;1]$ . Очевидно, что если наложить все стандартизованные сегменты, то общий сегмент, полученный после усреднения, будет являться линией тренда всех сегментов (рис. 3).

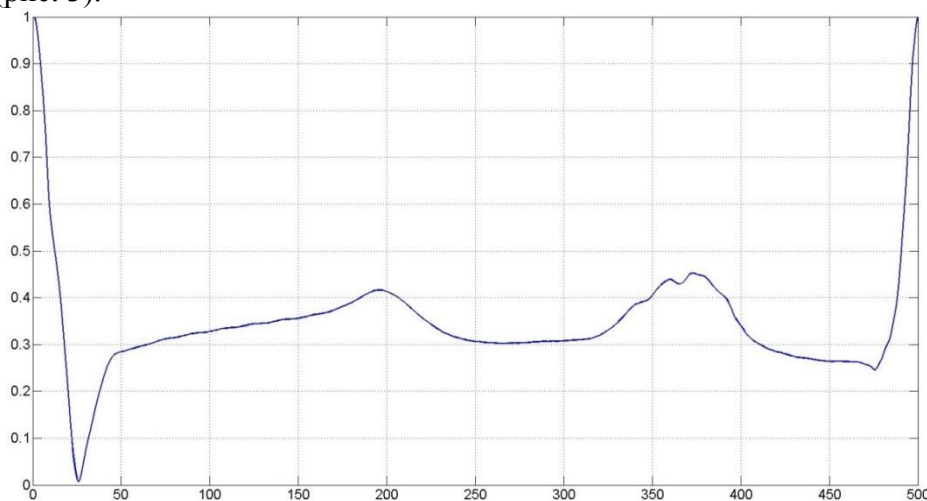


Рис. 1. Общий стандартный сегмент ЭКГ-сигнала

В этой работе были сформированы модель общего стандартного сегмента и метод его вычисления. В дальнейшем, на основе данного вида сегмента будут сформированы методы обнаружения заболеваний и правила работы классификатора. В ходе исследований было получено, что общие стандартные сегменты здоровых пациентов и пациентов с различными видами заболеваний различаются, что позволяет сформировать соответствующие правила для обнаружения сходства с тем или иным видом сердечно-сосудистых заболеваний или сходства с сегментами здоровых пациентов.

#### Библиографический список

1. Fedotov, A. A. Effective QRS-Detector Based on Hilbert Transform and Adaptive Thresholding / A. A. Fedotov, A. S. Akulova, S. A. Akulov // IFMBE Proceedings. – 2016. - Vol 57. – P. 140-144.
2. Самарский, А. А. Численные методы [Текст]: учеб. для вузов / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука. – 1989. – 432 с.
3. Gersten, A. The RR interval spectrum, the ECG signal and aliasing / A. Gersten, O. Gersten, A. Ronen, Y. Cassuto. - Ben-Gurion University of the Negev. – 1999. – 17 p.