

*А.Е. ФИЛАТОВА*, канд. техн. наук

## ОПИСАНИЕ ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛИКАРДИОГРАММЫ

Дана работа спрямована на удосконалення методу структурної ідентифікації біомедичних сигналів, таких як полікардіограма. У роботі розглядається опис еталонних об'єктів шуканих структурних елементів полікардіограми для реалізації запропонованого методу структурної ідентифікації біомедичних сигналів.

The given work is directed on the improvement of a method of biomedical signals structural identification, such as the polycardiogram. The description of reference objects of required structural elements of the polycardiogram for realization of the offered method of biomedical signals structural identification is examined in work.

**Постановка проблеми.** Поликардиография – метод исследования сердечной деятельности, направленный на изучение фазовых компонент сердечного цикла. Запись поликардиограммы (см. рис. 1) предусматривает одномоментную регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) во II стандартном отведении, фонокардиограммы (ФКГ) над верхушкой сердца, записанной на среднечастотном диапазоне, и каротидной сфигмограммы (СФГ).

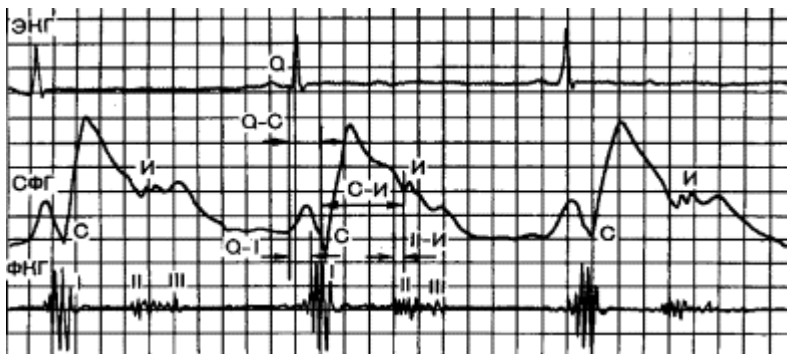


Рис. 1. Нормальная поликардиограмма: С – начало подъема, И – начало сокращения СФГ, I, II, III — тоны сердца ФКГ

Анализ поликардиограммы базується на сопоставленні елементів записаних кривих во времени. Продовжительність фаз і інтервалів определяється следующим образом:

- 1) Фаза асинхронного сокращения (АС) – от начала зубца Q ЭКГ до первой большой осцилляции I тона ФКГ (Q-I тон).
- 2) Фаза изоволюмического (изометрического) сокращения (IC) – от начала высокочастотного компонента I тона до начала подъема сфигмограммы

сонной артерии или разность между периодом напряжения и фазой асинхронного сокращения.

3) Период напряжения ( $T$ ) – от начала зубца  $Q$  ЭКГ до начала подъема кривой сфигмограммы сонной артерии с вычетом времени запаздывания пульсовой волны от сердца до сонной артерии (II тон – инцизура каротидного пульса: II тон-I).

4) Период изгнания ( $E$ ) – от начала подъема кривой сфигмограммы сонной артерии до самой глубокой точки ее инцизуры.

5) Механическая систола – сумма фазы изометрического сокращения и периода изгнания.

6) Общая систола – сумма времени периодов напряжения и изгнания.

7) Протодиастолический интервал – от наибольшей осцилляции II тона ФКГ до самой глубокой точки инцизуры на каротидной сфигмограмме.

Таким образом, процесс структурной идентификации поликардиограммы заключается в выделении зубца  $Q$  на ЭКГ, I и II тонов на ФКГ, анакроты и дикротической волны на СФГ. Для решения этой задачи в случае синхронной регистрации нескольких сигналов целесообразно выполнять структурную идентификацию одновременно всей поликардиограммы.

**Анализ литературы.** Традиционно задача выделения структурных элементов поликардиограммы решается различными эвристическими методами. Однако эти методы достаточно сложны в реализации не только за счет наличия помех в рассматриваемых сигналах, но и за счет большого разнообразия форм сигналов поликардиограммы [1 – 6]. Решение задачи структурной идентификации биомедицинских сигналов, таких как отведения ЭКГ, в [7 – 9] предложено с позиции теории распознавания образов. При этом исходный сигнал рассматривается не только как решетчатая функция, но и как множество структурных элементов, которое состоит из двух подмножеств (классов): класс искомым структурных элементов и класс всех остальных объектов исследуемого сигнала. Для выполнения распознавания структурных элементов в предложенном методе в первую очередь необходимо задать эталон искомого объекта. При этом в [9] показано, что при описании эталона можно использовать эмпирические данные о структуре сигнала, т. е. использовать, так называемые, адаптивные временные маски. По аналогии с адаптивными временными масками по заданному опорному структурному элементу можно построить вероятностную функцию, которая учитывается при структурной идентификации искомым объектов исследуемых биомедицинских сигналов.

**Целью статьи** является задание эталонных объектов искомым структурных элементов синхронно снимаемых сигналов (ЭКГ, СФГ и ФКГ) с использованием вероятностных функций для решения задачи структурной идентификации поликардиограммы.

**Описание эталонов поликардиограммы.** При описании эталонных объектов искомым структурным элементом поликардиограммы целесообразно в качестве опорного объекта для расчета вероятностной функции использовать зубец  $R$  ЭКГ. Несмотря на то, что зубец  $R$  ЭКГ не используется при анализе поликардиограммы, он наиболее ярко выражен и, следовательно, его легче распознать, чем остальные необходимые при анализе структурные элементы. Таким образом, необходимо задать эталоны зубцов  $R$  и  $Q$  ЭКГ, I и II тонов ФКГ, анакроты и дикротической волны СФГ.

После задания всех необходимых эталонных объектов необходимо определить параметры вероятностных функций  $P^i[t]$ , для всех структурных элементов (кроме зубца  $R$ ). Эти параметры рассчитываются в зависимости от временного расположения всех объектов относительно зубца  $R$ . Первоначально находятся значения параметров временной маски  $T_i = t_9^R - t_9^i$ , где  $t_9^R, t_9^i$  – временные положения эталонов зубца  $R$  и структурных элементов  $i$ -го типа, соответственно. При этом надо учесть, что если отклонение текущего  $RR$ -интервала отличается от базового более чем на 5%, то рассчитываются новые параметры временной маски по выражению  $T_i = T_i \frac{RR_j}{RR_{j-1}}$ , где  $RR_j, RR_{j-1}$  – значения  $RR$ -интервала на текущем и предыдущем периодах соответственно. Тогда вероятностная функция  $P^i[t]$  для искомым структурных элементов определяется по следующему правилу:

$$P^i[t] = \begin{cases} 1 & \text{для } t \in [t_j^i - \Delta_i, t_j^i + \Delta_i]; \\ P_{\min}^i & \text{для } t \in [t_{j-1}^i + \Delta_i + d_j^i, t_{j-1}^i + \Delta_i + 2d_j^i]; \\ P_{\min}^i + \frac{P_{\min}^i - 1}{d_j^i} t & \text{для } t \in [t_{j-1}^i + \Delta_i, t_{j-1}^i + \Delta_i + d_j^i]; \\ P_{\min}^i + \frac{1 - P_{\min}^i}{d_j^i} t & \text{для } t \in [t_{j-1}^i + \Delta_i + 2d_j^i, t_j^i - \Delta_i], \end{cases}$$

где  $t_j^i = t_j^R - T_i$ ,  $t_{j-1}^i$  – временное положение объекта  $i$ -го типа в текущем и предыдущем периодах соответственно;  $t_j^R$  – временное положение зубца  $R$  в  $j$ -м периоде;  $T_i$  – значения параметров временной маски объектов  $i$ -го типа;  $\Delta_i$  – отклонение от значения базового параметра временной маски объектов

$i$ -го типа;  $P_{\min}^i$  – минимальное значение вероятности нахождения на данном участке объекта  $i$ -го типа, которое можно принять равным от 0 до 0.5;  $d_j^i = \frac{t_j^i - t_{j-1}^i + 2\Delta_i}{3}$ . После расчета всех необходимых параметров строится

вероятностная функция  $P^i[t]$ , изображенная на рис. 2.

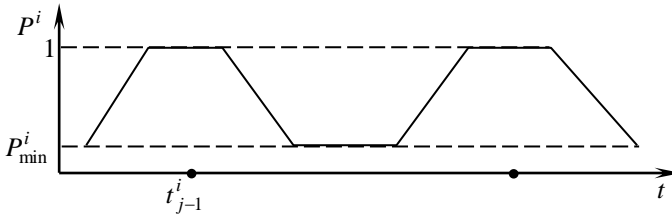


Рис. 2. Вероятностная функция для объекта  $i$ -го типа

После построения вероятностных функций  $P^i[t]$  для всех типов искомым объектам выполняется структурная идентификация по алгоритму, описанному в [8].

**Выводы.** В данной работе рассмотрен алгоритм описания эталонов искомым объектам поликардиограммы, который позволяет выполнить структурную идентификацию не отдельно взятого сигнала, а поликардиограммы как единого целого. В дальнейшем планируется исследовать влияние значений  $\Delta_i$  на точность структурной идентификации поликардиограммы.

**Список литературы:** 1. Мурашко В. В., Струтынский А. В. Электрокардиография: Учебное пособие. – М.: МЕДпресс; Элиста: Джангар, 1998. – 313 с. 2. Абакумов В. Г., Геранин В. О., Рибін О. І. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К.: Век+, 1997. – 352 с. 3. Вычислительные системы и автоматическая диагностика заболеваний сердца / Под ред. Ц. Касереса, Л. Дрейфуса. – М.: Мир, 1974. – 504 с. 4. Чирейкин Л. В., Шурыгин Д. Я., Лабутин В. К. Автоматический анализ электрокардиограмм. – Л.: Медицина, 1977. – 248 с. 5. Матвейков Г. П., Пионок С. С. Клиническая реография. – Минск: Беларусь, 1976. – 176 с. 6. Сватош Й. Биосигналы с инженерной точки зрения // Укр. журнал медичної техніки і технології. – 1998. – № 1–2. – С. 93–97. 7. Поворожнюк А. И., Филатова А. Е. Выбор метрики пространства признаков в задаче структурной идентификации квазипериодических сигналов // Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник ХДПУ: Збірка наукових праць. – Вип. 99. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 138–141. 8. Филатова Г. Е. Структурна ідентифікація сигналів у кардіологічних системах: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.11.17 / Харківський національний університет радіоелектроніки. – Харків, 2002. – 20 с. 9. Филатова А. Е. Реализация метода структурной идентификации квазипериодических сигналов с использованием эмпирических данных // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Збірка наукових праць. Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Харків: НТУ «ХПБ», 2001. – № 4. – С. 274–277.

Поступила в редакцию 10.04.2005