

НОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ РИТМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ПОРОЖДАЕМЫХ БИОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Л.С. Файнзильберг

Проблема компьютерной обработки ритмических сигналов, порождаемых биологическими системами (например, ЭКГ, МКГ и др.), является достаточно сложной. Мы предлагаем новую информационную технологию обработки ритмических сигналов в фазовом пространстве координат.

Предполагается, что наблюдаемый сигнал $y(t) = \Phi[y_0(t), \zeta(t)] + h(t)$ является результатом искажения периодического процесса $y_0(t)$ внутренним $\zeta(t)$ и внешним $h(t)$ возмущением. Допускается, что каждый i -й фрагмент m -го цикла сигнала $y_0(t)$ порождает соответствующий фрагмент сигнала $y(t)$ на основе операторного преобразования

$$y_m^{(i)}(t) = a_m y_0^{(i)} \left(\frac{t - \tau_m^{(i)}}{b_m^{(i)}} \right), \quad i = 1, \dots, K, \quad (1)$$

где $a_m, b_m^{(i)}$ - параметры случайных искажений (по амплитуде и времени), а $\tau_m^{(i)}$ - сдвиг по времени.

При таких предположениях стохастическую модель порождения наблюдаемого сигнала можно представить в виде [1]:

$$y_m^{(i)}(t) = (1 + \xi_m) y_0^{(i)}(\theta) + h(t), \quad (2)$$

где

$$\theta = \frac{t - (m-1)T_0 + t_0^{(i-1)}(1 + \delta_m^{(i)}) - \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^K (t_0^{(i)} - t_0^{(i-1)}) \delta_j^{(i)} - \sum_{l=1}^{i-1} (t_0^{(l)} - t_0^{(l-1)}) (1 + \delta_m^{(l)})}{1 + \delta_m^{(i)}} \quad (3)$$

а $\xi_m, \delta_m^{(i)}$ - последовательность ограниченных по уровню случайных величин с нулевым математическим ожиданием.

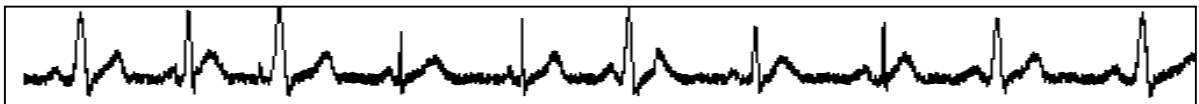


Рис 1. Ритмический сигнал $y(t)$, порожденный моделью (1) - (3)
(на примере ЭКГ)

Предлагаемая информационная технология реализует последовательность отдельных этапов обработки (рис. 2). На первом шаге мы используем оригинальные процедуры подавления частотных [2] и случайных [3] внешних помех, которые не допускают заметных искажений полезного сигнала. Далее осуществляется отображение фильтрованного сигнала в фазовом пространстве координат и оценка усредненной траектории в этом пространстве с использованием специальных процедур на основе Хаусдорфовой метрики

между каждыми парами траекторий. Наконец, обратное преобразование усредненной траектории позволяет получить подходящую оценку ненаблюдаемого сигнала $y_0(t)$ в традиционной временной области [4]. Полученная оценка используется для морфологического анализа и интерпретации исследуемого биологического процесса.

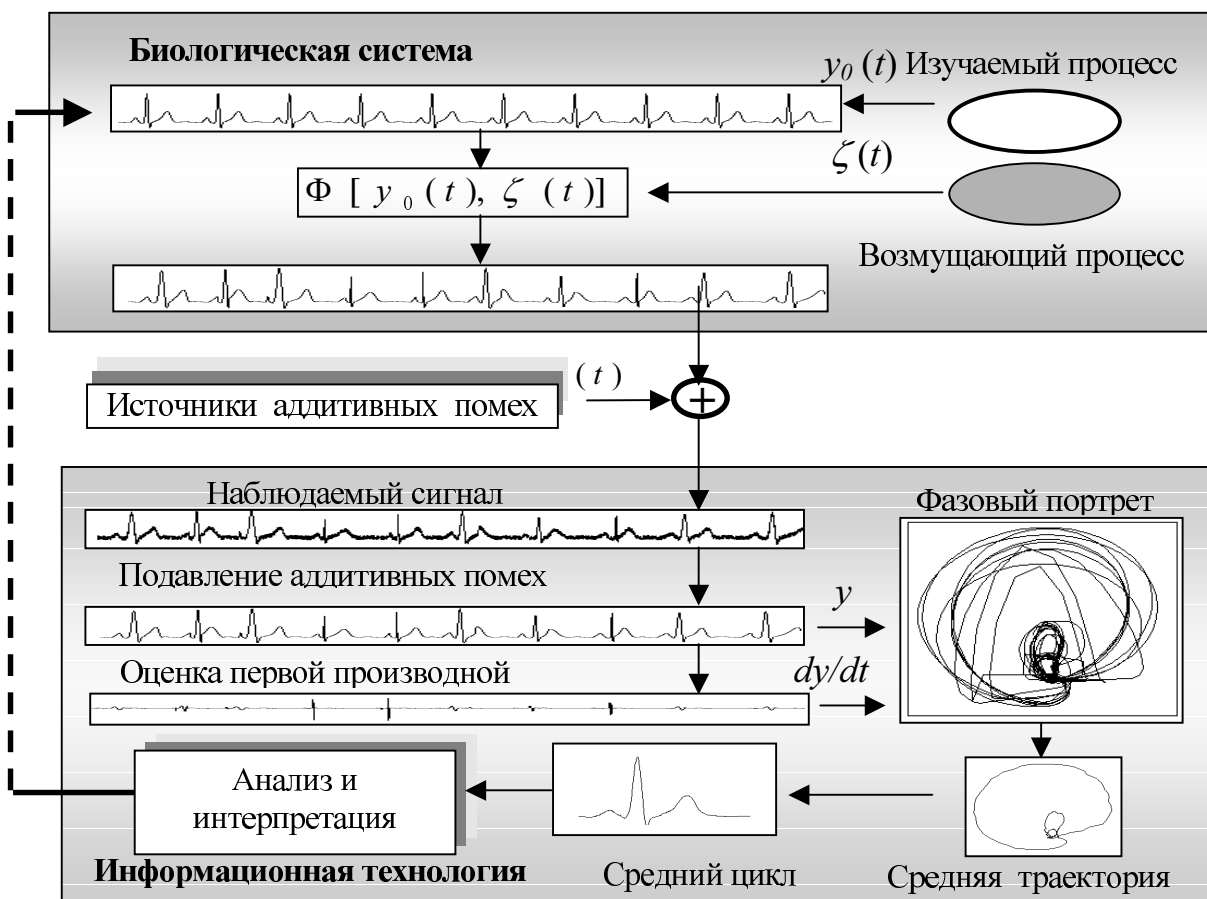


Рис.2. Архитектура информационной технологии

1. *Файнзильберг Л.С.* Восстановление эталона циклических сигналов на основе использования хаусдорфовой метрики в фазовом пространстве // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 3. – С. 20-28.
2. *Файнзильберг Л.С.* Частотно-избирательная фильтрация в информационных технологиях обработки сигналов // Управляющие системы и машины. – 2002. – № 2. – С. 54–59.
3. *Файнзильберг Л.С.* Адаптивное сглаживание шумов в информационных технологиях обработки физиологических сигналов // Математические машины и системы. – 2002. – № 3. – С. 96–104.
4. *Fainzilberg L.S.* ECG Averaging Based on Hausdorff Metric // International Journal of Biomagnetism. – 2003. – Vol. 5. – № 1. – P. 236-237.