

УДК 004

**РАЗЛОЖЕНИЕ КАРДИОСИГНАЛА НА ОРТОГОНАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ**

Вылегжанин О.Н., Демидова О.О., Марченко К.А.

Научный руководитель: Вылегжанин О.Н.

*Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,**634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30**E-mail: ok\_demidova@mail.ru kopia.kopii@gmail.com*

*Method of decomposition cardio signal was described. Original cardio record was divided at separate cardio signals with duration of 0.82s. Each cardio signal was written as a column of matrix. Singular decomposition was fulfilled for matrix. Results of proposed method application to analysis of real cardio record was discussed.*

**Key words:** *High-resolution electrocardiography, decomposition at orthogonal parts, principal components analysis, singular expansion of matrix.*

**Ключевые слова:** *Кардиография высокого разрешения, разложение кардиосигнала на составляющие, метод главных компонент, сингулярное разложение матрицы.*

В настоящее время в электрокардиографии интенсивно развивается направление, связанное с регистрацией и анализом низкоуровневых составляющих кардиосигнала, так называемая электрокардиография высокого разрешения. Многими авторами показана высокая значимость диагностических признаков, получаемых в рамках данного направления [1–3].

В настоящей работе предложена модель кардиосигнала, при которой он может быть разложен на следующие информативные составляющие [4]:

$$x(t) = a_1 s_1(t) + a_2 s_2(t) + \eta(t),$$

где  $s_1(t)$  – регулярный процесс заряда-разряда миокарда, обусловленный только геометрическими и электрофизическими характеристиками сердца пациента,  $s_2(t)$  – регулярный сигнал, вызванный возмущениями процесса заряда-разряда миокарда, обусловленными патологическими процессами,  $\eta(t)$  – случайная помеха.

Совокупность зарегистрированных кардиосигналов представлялась в виде матрицы, в  $i$ -м столбце которой записан  $i$ -й зарегистрированный кардиосигнал. При этом все сигналы согласованы относительно положения максимума  $R$ -пика.

Для этого определялось положение максимума  $R$ -пика каждого кардиосигнала и для  $i$ -го сигнала выбирался набор отсчетов кардиозаписи, во временном интервале: 0,11 с до положения максимума  $R$ -пика и 0,71 с после. Длительность сигнала составляла 0,82 с.

В зарегистрированной кардиозаписи в окрестности максимума  $R$ -пика наблюдались сильные флуктуации значений потенциала. Для их устранения было выполнено сглаживание отсчетов путем приближения их параболой вида:

$$f(x) = P_n(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \dots + c_n x^n.$$

Коэффициенты полинома  $c_i$  были найдены из системы уравнений  $Ac=y$ , где  $c$  – вектор-столбец, содержащий неизвестные коэффициенты  $c_i$ ,  $y$  – вектор-столбец, составленный из табличных значений функции  $u_i$ , а матрица  $A$  имела вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{pmatrix}.$$

Были рассчитаны уточненные положения максимумов  $R$ -пика и построена соответствующая матрица.

Для разложения кардиосигнала использовались матрицы: исходная и уточненная. Обе эти матрицы были обработаны по одному алгоритму:

Вычислялось разложение исходной матрицы в виде [5]:

$$X = U\lambda V^T, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – диагональная матрица сингулярных чисел, а матрицы  $U, V$  – унитарные.

Определялось количество членов разложения из условия  $\lambda_i \geq \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – порог.

Из выражения (1) следует, что каждый кардиосигнал может быть представлен в виде линейной комбинации из столбцов матрицы  $U$  левых сингулярных векторов:

$$X_j = \sum_{i=1}^k v_{ij} \cdot \lambda_i \cdot U_i,$$

где  $v_{ij}$  –  $j$ -й элемент вектора  $V_i$ .

В качестве демонстрационного примера применения вышеописанной методики приведены результаты обработки реальной кардиозаписи. На рис. 1 показаны графики исходного и сглаженного кардиосигналов.

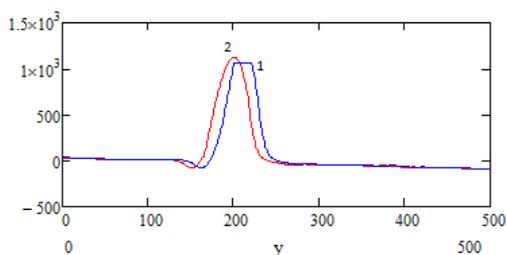


Рис. 1. Графики исходного сигнала (1) и уточненного (2)

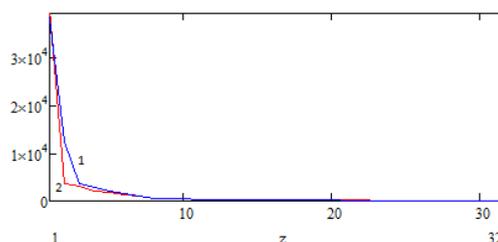


Рис. 2. Графики сингулярных чисел исходной матрицы (1) и уточненной (2)

На рис. 2 представлены графики сингулярных чисел, полученных при разложении исходной и уточненной матриц.

### Список литературы

1. Иванов Г.Г., Дворников В.Е. Электрокардиография высокого разрешения. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1999.
2. Simson M.B. Use of signals in the terminal QRS-complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction // Circulation. 1981. – Vol. 64. – № 2. – P. 235–241.
3. Викторов И.В. Современные компьютерные системы для автоматического анализа электрокардиосигналов // Медицинская техника. – 1994. – № 1. – С. 34–35.
4. Авдеева Д.К., Вылегжанин О.Н., Пеньков П.Г., Кашуба И.В., Турушев Н.В. Выделение референтного импульса из зашумленной последовательности // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 107–110.
5. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений: пер с англ. – М. Мир, 1980. – 279 с.