

Ефремов М.А., Кудрявцев П.С., Яа Зар До Способ формирования пространства информативных признаков для классификации среднесуточной патологии. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 104-108.

УДК 004.83

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ

М.А. Ефремов, П.С. Кудрявцев, Яа Зар До

WAY OF FORMATION OF SPACE OF INFORMATIVE SIGNS FOR CLASSIFICATION OF CARDIOVASCULAR PATHOLOGY

M.A. Efremov, P.S. Kudryavtsev, Yaa Zar Do

Аннотация. В статье рассматривается способ спектрального анализа медленных волн в сингулярном разложении электрокардиосигнала. Способ позволяет сформировать пространство информативных признаков, предназначенное для нейросетевых классификаторов сердечнососудистых патологий, посредством вычислений оконных преобразований Фурье структурных функций шумовой составляющей сингулярного разложения электрокардиосигнала.

Ключевые слова: сингулярный анализ, цифровая обработка сигналов, медленные волны, структурная функция, преобразование Фурье, сердечнососудистая патология.

Abstract. In article the way of the spectral analysis of slow waves in singular decomposition of an electrocardiosignal is considered. The way allows to create the space of informative signs intended for neural network qualifiers warmly – vascular pathologies, by means of calculations of window transformations of Fourier of structural functions of a noise component of singular decomposition of an electrocardiosignal.

Keywords: singular analysis, digital processing of signals, slow waves, structural function, Fourier's transformation, cardiovascular pathology.

При определенных сердечнососудистых патологиях шумовая составляющая сингулярного разложения представляет определенный интерес и требует разработки способа, позволяющего интегрировать ее свойства в признаковое пространство классифицирующей модели [1].

Предлагаемый способ анализа шума основан на определении структурной функции сигнала. Структурная функция нестационарного случайного сигнала $X(t)$, зависящего от времени t , определяется как

$$S_k(\tau) = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} [X(k, t(i) + \tau) - X(k, t(i))]^2, \quad (1)$$

где τ – аргумент структурной функции, принимающий значения из множества $\{\Delta, 2\Delta, 3\Delta, \dots, \text{int}(N/2)\Delta\}$, Δ – шаг дискретизации сигнала, k – номер «медленной волны», N_k – число отсчетов сигнала на апертуре структурной функции k -й «медленной волны» [2].

Число τ принимает столько значений, сколько необходимо получить отсчетов структурной функции (1) на апертуре сигнала $X(k, t)$.

Структурные функции получают группами – фреймами. В фрейм может входить до десяти структурных функций, которые получены посредством обра-

ботки одного и того же сигнала, но при шагах дискретизации τ отличающихся на один отсчет. Путем пороговой обработки из фрейма выбирается одна структурная функция, которая будет включена в формирующееся признаковое пространство.

Если сформирован фрейм, в котором выделена структурная функция, параметры которой (например, спектральные) используются для формирования пространства информативных признаков, то сигнал, в результате обработки которого был получен фрейм структурных функций, подвергается низкочастотной фильтрации. Частота среза низкочастотного фильтра, через который пропускается этот сигнал, определяется самым большим шагом дискретизации структурных функций в предшествующем фрейме:

$$f_{\text{ср}}^{\text{нчф}} = \frac{2}{\max \{D_1^v, D_2^v, \dots, D_{10}^v\}}, \quad (2)$$

где ζ – порядковый номер предшествующего фрейма.

После процедуры низкочастотной фильтрации процесс вычисления структурных функций, но уже с другим шагом дискретизации, повторяется вновь. Определяется очередной фрейм структурных функций, из которого выбирается одна, а сигнал опять подвергается низкочастотной фильтрации, но уже с другой частотой среза.

После вычисления всех структурных функций вычисляются их спектральные коэффициенты, которые подаются на входы обучаемой нейронной сети способной классифицировать сердечно – сосудистые патологии. Нейронная сеть имеет блочную структуру [3]. Это значит, что каждая группа ганкелевых матриц анализируется своей нейронной сетью с последующей агрегацией решений. В зависимости от патологии, соответствующие веса решений в блочной структуре могут корректироваться как посредством обучаемого классификатора, так и на экспертном уровне.

Разработанный способ формирования информативных признаков (входных векторов на входе нейронной сети блочного типа) состоит в следующем. Спектр шума ЭКС делится на поддиапазоны, которые соответствуют определенным «медленным волнам». Этим поддиапазнам соответствуют релевантные частоты, которые задаются априорно. Число релевантных частот определяет число фреймов структурных функций.

Каждой релевантной частоте фрейма f_k соответствует множество интервалов дискретизации структурной функции данного фрейма

$$D_k^a = \frac{1}{\alpha \tau f_k}, \quad (3)$$

где α – коэффициент, принимающий целочисленные значения в диапазоне $\overline{1, 20}$.

Минимальное значение $\alpha=2$ определяется найквистовским шагом дискретизации. Максимальное значение α определяется предельным числом отсчетов в исследуемом сигнале. Действительно, при постоянном числе отсчетов M структурных функций хотя бы в пределах фрейма, интервал сигнала, на котором определяется структурная функция k -го фрейма вычисляется как

$$T_k^a = M \tau D_k^a. \quad (4)$$

Учитывая (3) и (4), получаем

$$M \tau \geq 2 \tau f_k. \quad (5)$$

При $\alpha = 20$ $M \geq 40$. Дальнейшее увеличение α ведет к неоправданному увеличению числа отсчетов структурных функций. Кроме того, рост α ограничен предельным шагом дискретизации Δ исходного сигнала X .

Предложенный способ формирования пространства информативных признаков из шумовой составляющей сингулярного разложения ЭКС был исследован в процессе имитационного моделирования в пакете Mathcad. Для генерации случайных чисел использовалась встроенная в Mathcad функция $rnorm(N, \mu, \sigma)$, которая возвращает вектор N случайных чисел, имеющих нормальное распределение, с математическим ожиданием μ и среднеквадратическим отклонением σ ($\sigma > 0$).

Таким образом, предложен способ формирования пространства информативных признаков для нейросетевых классификаторов сердечно-сосудистой патологии. Характерная особенность способа состоит в том, что по шумовой составляющей сингулярного разложения электрокардиосигнала определяется множество структурных функций, каждая из которых связана с определенной «медленной волной» в исходном сигнале. Структурные функции разделены на фреймы, каждый фрейм соответствует релевантной гармонике (медленной волне), присутствующей в сигнале. В фрейме определяется также множество структурных функций, каждая из которых отличается шагом дискретизации структурной функции, который варьируется в пределах 20 дБ. Определяя спектр Фурье соответствующей структурной функции фрейма, выделяют значимые частоты, которые накапливаются в фрейме с соответствующими весовыми коэффициентами от структурной к структурной функции. Полученный таким образом вектор информативных признаков предназначен для соответствующего блока нейросетевого классификатора сердечнососудистых патологий.

Библиографический список

1. Шаталова О.В., Жилин В.В., Зар До Яа. Способ выделения медленных волн из шумовой составляющей сингулярного разложения электрокардиосигнала // Научный взгляд на современный этап развития общественных, технических, гуманитарных и естественных наук. Актуальные проблемы : сборник статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: КультИнформПресс, 2014. – С. 137–141.

2. Филист С.А., Томакова Р.А., Горбатенко С.А. и др. Структурно-функциональные решения нечетких нейронных сетей для интеллектуальных систем анализа разнотипных признаков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – №1 (285). – С. 85–92.

3. Волков И.И., Емельянов С.Г., Филист С.А. Метод классификации сложных объектов на основе анализа структурных функций медленных волн // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – №4. – С. 6–11.

Ефремов Михаил Александрович Efremov Mikhail Aleksandrovich
Юго-Западный государственный Юго-Западный государственный университет,
университет, South-West state university,
г. Курск, Россия Kursk, Russia
E-mail: SFilist@gmail.com

Кудрявцев Павел Сергеевич
Юго-Западный государственный
университет,
г. Курск, Россия
E-mail: SFilist@gmail.com

Яа Зар До
Юго-Западный государственный
университет,
г. Курск, Россия
E-mail: SFilist@gmail.com

Kudryavtsev Pavel Sergeevich
South-West state university,
Kursk, Russia

Ya Zar Doe
South-West state university,
Kursk, Russia