

Филатова А.Е.

Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина

Исследование альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений

Постановка проблемы и анализ литературы. С развитием производства отечественных цифровых электрокардиологических телеметрических комплексов, таких как транселефонный цифровой 12-канальный электрокардиологический комплекс «Телекард», разработанный ООО «Компания TREDEX» (г. Харьков), актуальной является научно-практическая задача создания интеллектуальных компьютерных кардиологических систем поддержки принятия решений (ИКСППР) [1]. Создание ИКСППР в составе ЭКГ-телеметрических комплексов позволяет повысить качество консультативной помощи в условиях оказания экстренной медицинской помощи.

Традиционно при диагностике состояния сердечно-сосудистой системы по электрокардиограмме (ЭКГ) выполняется морфологический анализ, то есть выделение зубцов и комплексов, определение их амплитудно-временных характеристик, а также анализ формы выделенных структурных элементов. ЭКГ относится к биомедицинским сигналам (БМС) с локально сосредоточенными признаками (ЛСП). Для решения задачи морфологического анализа БМС с ЛСП в [2] автором предложен метод, основанный на построении многоканального нелинейного фильтра, задачей которого является обнаружение структурных элементов (СЭ) заданного вида, а также их локализация на рассматриваемом сигнале. При этом функция обнаружения i -го канала нелинейного фильтра имеет следующий вид:

$$\tilde{y}_i[t] = \frac{1}{1 + \alpha_i \sum_j (y_{ij}^a - y_{ij}^t)^2}, \quad (1)$$

где $\alpha_i > 0$ – коэффициент, отражающий чувствительность к изменениям СЭ одного класса за счет наложения помех и вариации параметров; $y_{ij}^a = f_{ij}(x_0[t], \vec{p})$, $y_{ij}^t = f_{ij}(x[t], \vec{p})$ – координаты эталона и текущего объекта соответственно; j – индекс координаты объекта; $f_{ij}(x[t], \vec{p})$ – функция преобразования сигнала $x[t]$ в пределах апертуры на основе модели полезного сигнала (МПС); $x_0[t]$ – эталон СЭ заданного класса; \vec{p} – вектор параметров преобразования.

Для обнаружения СЭ по i -му каналу предложено частное решающее правило:

$$\tilde{x}_i[t] = \begin{cases} x[t] \forall t \in [t_{oij}; t_{oij} + T_0], & \text{если } \tilde{y}_i[t_{oij}] > Pd_i; \\ x^0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (2)$$

где Pd_i – пороговое значение ЧРПи; t_{oij} – точка локального максимума функции $\tilde{y}_i[t]$ такая, что $\tilde{y}_i[t_{oij}] \geq \tilde{y}_i[t] \forall t \in \mathbf{M}(t_{oij})$; $\tilde{y}_i[t]$ – функция обнаружения (1) i -го канала; $\mathbf{M}(t_{oij}) = \mathbf{M}(t_{oij}) \setminus \{t_{oij}\}$ – проколота окрестность точки t_{oij} ; $\mathbf{M}(t_{oij})$ – окрестность точки t_{oij} ; j – индекс локального максимума; $x^0 = const$ – константа, определяющая уровень сигнала, соответствующий отсутствию структурного элемента заданного типа на текущем фрагменте сигнала (например, уровень изолинии ЭКГ).

Цель работы. В работе предлагается наряду с традиционным представлением ЭКГ-сигнала предоставить врачу-кардиологу альтернативные диагностические признаки в удобном для восприятия графическом виде.

Альтернативное представление ЭКГ. Альтернативные диагностические признаки формируются в результате преобразования с помощью функций f_{ij} исходного пространства признаков, описывающих структурные элементы БМС с ЛСП. Для нормализации координат с учетом функции обнаружения (1) альтернативные диагностические признаки \tilde{y}_{ij}^t i -го канала

определяются по следующему выражению:

$$\tilde{y}_{ij}^{tt} = (y_{ij}^e - \tilde{y}_{ij}^t) \sqrt{\frac{\alpha_i}{1 + \alpha_i \sum_j (y_{ij}^e - \tilde{y}_{ij}^t)^2}}, \quad (3)$$

где \tilde{y}_{ij}^t - координаты обнаруженного СЭ заданного класса с помощью решающего правила (2).

Рассмотрим пример обнаружения комплекса QRS в одном из каналов нелинейного фильтра по трем опорным точкам с использованием в качестве функций f_{ij} разделенных разностей 1-го порядка (далее индекс i опустим, т.к. будем рассматривать только один канал). Тогда каждый СЭ (комплекс QRS) в альтернативном признаковом пространстве описывается двумя признаками \tilde{y}_j^t ($j = 1, 2$), рассчитанными по (3). Для ЭКГ с наличием желудочковых экстрасистол двумерная картина в альтернативном пространстве признаков (рис. 2) значительно отличается от аналогичного представления ЭКГ в норме (рис. 3).

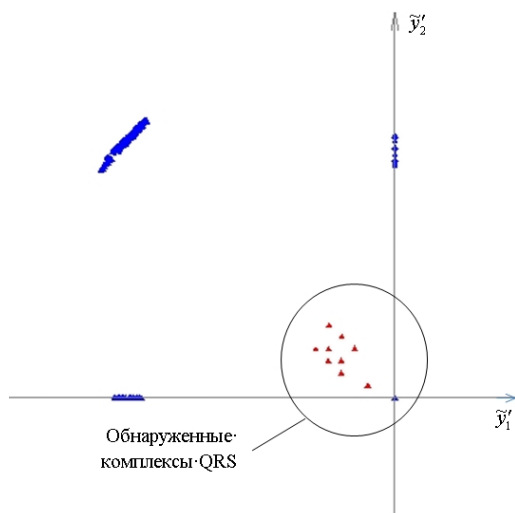


Рис. 1. Представление QRS-комплексов ЭКГ в норме

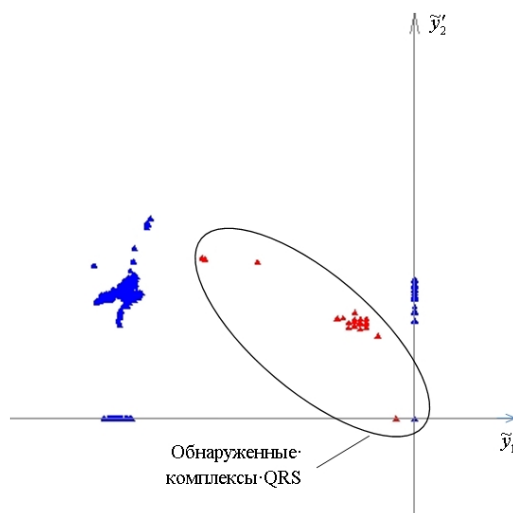


Рис. 2. Представление QRS-комплексов ЭКГ с экстрасистолами

Из рис. 2, 3 видно, что в случае обнаружения комплексов QRS на нормальной ЭКГ в альтернативном признаковом пространстве облако рассеяния найденных СЭ имеет сферическую форму, тогда как в случае обнаружения комплексов QRS на ЭКГ с желудочковыми экстрасистолами конфигурация точек в альтернативном пространстве признаков имеет неправильную форму. Кроме того меняется конфигурация точек, которые соответствуют другим СЭ ЭКГ.

Выводы. В работе на основе разработанного метода обнаружения структурных элементов БМС с ЛСП предложено представление ЭКГ в альтернативном признаковом пространстве, в котором структурные элементы описываются адаптированными к модели полезного сигнала диагностическими признаками, максимально учитывающими свойства рассматриваемого биомедицинского сигнала с локально сосредоточенными признаками.

Дальнейшие исследования направлены на анализ информативности альтернативного пространства признаков и синтез диагностических правил в этом пространстве при проектировании интеллектуальных кардиологических систем поддержки принятия решений.

Литература. 1. Здобникова Л.И. Телекардиология на догоспитальном этапе / Л.И. Здобникова [Электронный ресурс] <http://tredex-company.com/ru/telekardiologiya-na-dogospitalnom-etape>
2. Поворознюк А.И. Проектирование нелинейного фильтра в задаче структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 1. – С. 69-80.