

А.И. ПОВОРОЗНЮК, канд. техн. наук, доц. НТУ "ХПИ" (г. Харьков),
Ю.В. МИРГОРОД, аспирант НТУ "ХПИ" (г. Харьков)

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ БИОСИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХОКА

В статье рассмотрена идентификация физиологических квазипериодических сигналов на основе преобразования Хока. Рассмотрена процедура оптимизации метода путем введения расширенной шкалы пороговых значений функции дифференциации расстояния с целью повышения качества идентификации. Проведено тестирование процедуры.

Ключевые слова: физиологические квазипериодические сигналы, преобразование Хока, расширенная шкалы пороговых значений, функция дифференциации расстояния.

Постановка проблемы. В традиционной схеме структурная идентификация физиологических квазипериодических сигналов (ФКС) осуществляется с использованием эвристических алгоритмов. Еще одним подходом в решении задачи структурной идентификации биосигналов является применение неточечного преобразования Хока [1, 2]. В данном методе работа ведется в квантованном пространстве параметров. Однако остается не исследованным подбор оптимальных параметров преобразования Хока. В связи с этим, данная задача является актуальной.

Анализ литературы. В задаче структурной идентификации квазипериодических физиологических сигналов основным недостатком эвристических методов является то, что анализируются амплитудные характеристики сигнала, которые малоинформативны и подвержены влиянию шумов, поэтому приходится использовать другие характеристики (производные, спектр и др.) в качестве дополнительных (а иногда и основных) критериев при построении решающих правил структурной идентификации [3 – 7]. Авторами разработан формализованный метод структурной идентификации ФКС различной природы с помощью преобразования Хока [8]. Также было исследовано влияние шага квантования пространства параметров преобразования Хока на точность распознавания ФКС [9, 10].

Цель статьи – идентификация сигналов методом, основанном на преобразовании Хока и оптимизация этого метода.

Применение преобразования Хока к структурной идентификации физиологических сигналов. Для каждого k -го типа структурного элемента выбирается эталон путем задания точек начала и конца интервала S_k наиболее характерного "базового" периода и выполняется автоматическое описание эталона (аппроксимация эталона набором аналитических кривых). Для определения расстояний между объектами в пространстве параметров (Y)

вводится метрика, основанная на методе потенциальных функций, и вычисляется мера близости параметров эталона и анализируемого участка сигнала $D(z_3, z_c)$.

$$D(z_3, z_i) = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \alpha \sum_{j=1}^K (p_j^{z_3} - p_j^{z_i})^2}}, \quad (1)$$

где $p_j^{z_3}$, $p_j^{z_i}$ – признаки объектов z_3 и z_i (координаты точек в пространстве Y); $\alpha > 0$ – весовой коэффициент, задающий скорость затухания потенциальной функции; K – размерность пространства $Y(P)$. Все полученные значения расстояний сравниваются с порогом T . При выполнении условия

$$D(P_3, P_c) < T \quad (2)$$

считается, что интервал S_k^i содержит структурный элемент k -го типа.

Оптимизация метода. Предложена оптимизация метода с целью повышения качества идентификации, суть которой заключается в применении расширенной шкалы порогов при определении структурных элементов.

После проведения ряда опытов по обработке электрокардиограмм (ЭКГ) рассмотренным методом выяснилось, что функция дифференциации D для таких структурных элементов, как зубцы R , P и T принимает вид, показанный на рис. 1, из которого видно, что D имеет 2 ярко выраженных экстремума: минимум в точке A_1 и максимум в точке A_2 , причем точка A_2 отстоит от A_1 на половину длины L структурного элемента. Наличие минимума A_1 сигнализирует о полном совпадении текущего участка сигнала с эталоном при сканировании сигнала. В точке A_2 , которая соответствует окончанию участка структурного элемента, резко изменяется крутизна склона, кроме того, данная точка может являться вершиной противофазного зубца, например R , который следует за Q .

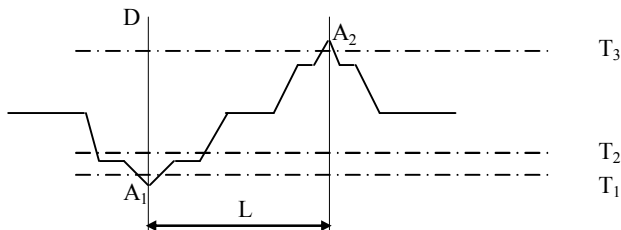


Рис. 1. Общий вид функции дифференциации расстояния

Таким образом точка A_2 на исходном сигнале соответствует началу противофазной составляющей структурного элемента, что соответствует максимуму функции дифференциации расстояния D .

На рис. 1 приведены три граничных уровня: T_1 , T_2 , T_3 и половина длины L структурного элемента. Точка A_1 обозначает полное совпадение текущего структурного элемента с эталоном, а точка A_2 показывает элемент, противоположный эталону. Приведенная модификация эффективна для квазисимметричных структурных элементов.

Были введены следующие решающие правила отнесения структурного элемента к определенному классу.

При выполнении условия

$$D(P_s, P_c) < T_1,$$

считается, что интервал S_k^i содержит структурный элемент k -го типа (рис. 2, на примере комплекса QRS).

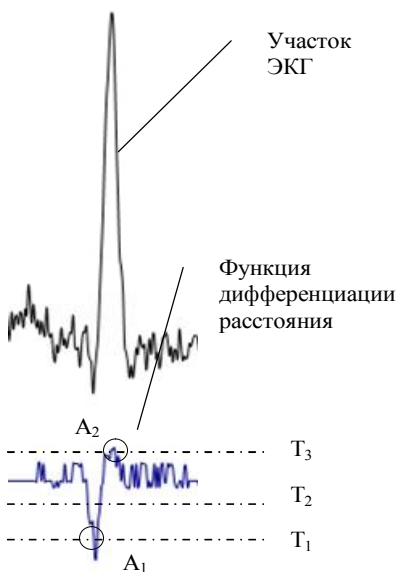


Рис. 2. Участок ЭКГ и функция дифференциации расстояния

Из рис. 2 видно, что функция дифференциации расстояния D пересекает линию порога T_1 , из чего делаем вывод, что текущий участок содержит структурный элемент искомого типа.

В случае, когда функция расстояния не пересекает линию T_1 , но преодолевает пороги T_2 и T_3 :

$$D(P_9, P_c) < T_2 \text{ и } D(P_9, P_{c+L}) > T_3,$$

также считается, что интервал S_k^i содержит структурный элемент k -го типа (рис. 3). В правой части рис. 3 иллюстрируется применение второй части решающего правила отнесения структурного элемента к определенному классу.

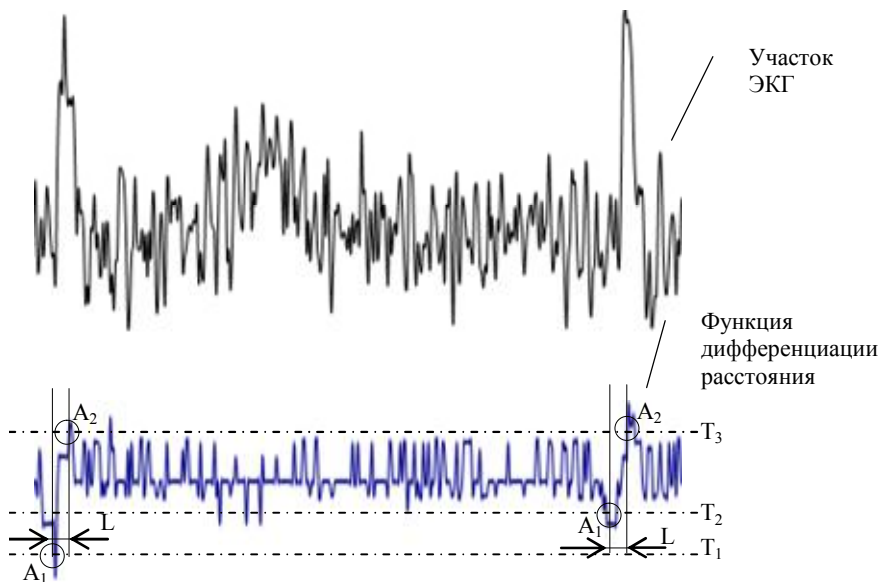


Рис. 3. Участок ЭКГ и функции дифференциации расстояния

Структурные элементы, расстояние от эталона до которых лежит в интервале между T_2 и T_3 не принадлежат к искомому (k -му) типу.

Процентный показатель количества распознанных комплексов QRS при идентификации ЭКГ методом, основанном на преобразовании Хока, равняется 93% [10]. Была протестирована процедура оптимизации метода на реальных ЭКГ, после чего процентный показатель идентифицированных комплексов QRS составил 98%.

Выводы. Предложена процедура оптимизации метода, основанного на преобразовании Хока, для улучшения качества идентификации ФКС путем введения расширенной шкалы пороговых значений функции дифференциации расстояния. Было проведено тестирование процедуры на реальных ЭКГ.

Результаты экспериментов показывают улучшение качества обработки сигналов на 5% (с 93% до 98% правильных распознаваний).

Список литературы: 1. *Hough P.* Method and means for recognizing complex patterns // US Patent № 3069654, Dec. 18, 1962. 2. *Duda R., Hart P.* Use of the Hough Transformation to detect lines and curves in pictures // *Communs. ACM*-1972. – Vol. 15. – № 1. – P. 11–15. 3. *Вайнштейн Г.Г., Москвина Е.А., Белов Д.А.* Идентификация графических объектов на основе преобразования к пространству параметров // *Машинная диагностика и информационный поиск в медицине*. – М.: Наука, 1986. – С. 98–108. 4. *Поворознюк А.И., Филатова А.Е.* Преобразование пространства признаков при идентификации структурных элементов квазипериодических сигналов // *Компьютерное моделирование: Сборник научных трудов*. – Белгород: БелГТАМС, 1998. – С. 33–39. 5. *Поворознюк А.И., Филатова А.Е.* Оптимизация пространства признаков при структурной идентификации квазипериодических сигналов // *Информационные системы: Сборник научных трудов*. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1998. – Вып. 1 (9). – С. 112–115. 6. *Поворознюк А.И., Филатова А. Е.* Выбор метрики пространства признаков в задаче структурной идентификации квазипериодических сигналов // *Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник Харківського державного політехнічного університету: Збірка наукових праць*. – Випуск 99. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 138–141. 7. *Поворознюк А.И., Филатова А.Е.* Оценка качества распознавания структурных элементов квазипериодических сигналов // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – Х.: 2000. – № 6 (27). – С. 53–55. 8. *Поворознюк А.И.* Применение преобразования Хока для структурной идентификации физиологических сигналов // *Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці*. – К.: ІПМЕ, 2003. – Вип. – 22 – С. 143–149. 9. *Поворознюк А.И., Дашкина А.В.* Исследование влияния шага квантования пространства признаков на качество структурной идентификации квазипериодических сигналов // *Вестник НТУ "ХПИ"* – Х.: НТУ "ХПИ". – 2006. – Вып. 23. – С. 170–173. 10. *Миргород Ю.В., Поворознюк А.И.* Исследование параметров преобразования Хока при структурной идентификации квазипериодических биосигналов // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2007. – Том 6. – № 1. – С. 62–66.

УДК 621.318

Оптимізація методу ідентифікації біосигналів на основі перетворення Хоку / Поворознюк А.І., Миргород Ю.В. // Вісник НТУ "ХПИ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2009. – № 13. – С. 128 – 132.

У статті розглянута ідентифікація фізіологічних квазіперіодичних сигналів на основі перетворення Хоку. Розглянуто процедуру оптимізації методу шляхом уведення розширеної шкали порогових значень функції диференціації відстані з метою підвищення якості ідентифікації. Л.: 3. Бібл. 10 назв.

Ключові слова: фізіологічні квазіперіодичні сигнали, перетворення Хоку, розширена шкала порогових значень, функція диференціації відстані.

UDC 621.318

Biosignals identification method based on Hough transformation optimization / Povoroznyuk A.I., Myrgorod Y.V. // *Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling*. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2009. – №. 13. – P. 128 – 132.

Physiological quasi-periodic signals identification based on Hough transformation is given. A method optimization procedure is described. The procedure deploys the expanded scale of the distance differentiating function in order to increase improve the identification quality. The procedure testing was held. Figs: 3. Refs: 10 titles.

Key words: physiological quasi-periodic signals, Hough transformation, expanded scale of the distance differentiating function, distance differentiating function.

Поступила в редакцію 05.04.2009