

*А.И. ПОВОРОЗНЮК*, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ",  
*Ю.В. МИРГОРОД*

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХОКА**

В статье рассмотрена идентификация физиологических квазипериодических сигналов на основе преобразования Хока. Предложена процедура описания эталона структурного элемента и формирования пространства параметров. Предложен метод оптимизации параметров преобразования Хока и восстановления исходного сигнала по полученным параметрам.

**Ключевые слова:** физиологические квазипериодические сигналы, преобразование Хока, описание эталона, пространство параметров, восстановление сигнала.

**Постановка проблемы.** При построении компьютерных систем медицинской диагностики, использующих физиологические квазипериодические сигналы (ФКС), наиболее ответственным и трудоемким этапом является структурная идентификация ФКС. В традиционной схеме структурная идентификация ФКС осуществляется с использованием эвристических алгоритмов и метода временной адаптивной маски. Еще одним подходом в решении задачи структурной идентификации биосигналов является применение неточного 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].

В [8] разработан формализованный метод структурной идентификации ФКС различной природы с помощью преобразования Хока. В [9 – 10] исследовано влияние шага квантования пространства параметров преобразования Хока на точность распознавания ФКС. В [11] рассмотрено усреднение эталона в фазовом пространстве.

**Цель статьи** – идентификация и восстановление сигнала на основе преобразования Хока. Оптимизация параметров преобразования Хока.



потенциальной функции;

$K$  – размерность пространства  $Y(P)$ .

Все полученные значения расстояний сравниваются с порогом  $T$ . При выполнении условия

$$D(z_s, z_c) < T \quad (3)$$

считается, что интервал  $S_k^i$  содержит структурный элемент  $k$ -го типа. Определив опорные точки структурных элементов данного типа, выполним оптимизацию параметров эталона.

**Оптимизация параметров эталона.** В результате, вместо исходных последовательностей скалярных величин  $X[1], \dots, X[K_m]$ , соответствующих амплитудам наблюдаемых реализаций в дискретные моменты времени  $k = 1, \dots, K_m$ , получим  $M$  последовательностей векторов

$$z_1[k], k = 1, \dots, K, \dots, z_M[k], k = 1, \dots, K, \quad (4)$$

в фазовом пространстве, где  $K$  – размерность пространства параметров, соответствующих структурным элементам искомого типа.

Последовательности  $z_1, \dots, z_M$  принадлежат исходному сигналу в пространстве параметров с координатами  $p_1, \dots, p_K$ .

Понятно, что каждой  $m$ -й последовательности будет соответствовать своя точка в пространстве параметров, которая за счет действия внутреннего возмущения отклоняется от эталона полезного сигнала  $z_s$  (рис. 1).

Пусть  $z = z_1, \dots, z_M$  – множество последовательностей (4). Вычислим  $M \times M$  матрицу  $D = \|R_H(z_i, z_j)\|$  расстояний между всеми парами  $z_i \in z$  и  $z_j \in z$ ,  $i, j = 1, \dots, M$ , где  $R_H(z_i, z_j) = \|z_i - z_j\|$  – евклидово расстояние между точками, координаты которых соответствуют векторам  $z_i$  и  $z_j$  в пространстве параметров.

При этом номер строки матрицы  $D = \|R_H(z_i, z_j)\|$ , сумма элементов которой минимальна, определит последовательность  $z_0 \in z$ , принадлежащую точке в пространстве параметров одного из структурных элементов.

Будем называть точку

$$z_0 = \arg \min_{1 \leq j \leq M} \sum_{i=1}^M R_H(z_i, z_j) \quad (5)$$

опорной точкой в пространстве параметров.

Поскольку в соответствии с (5) среднее расстояние от опорной точки до остальных траекторий минимально, точка  $z_0$  расположена «внутри» множества  $z = \{z_1, \dots, z_M\}$  (рис. 2).

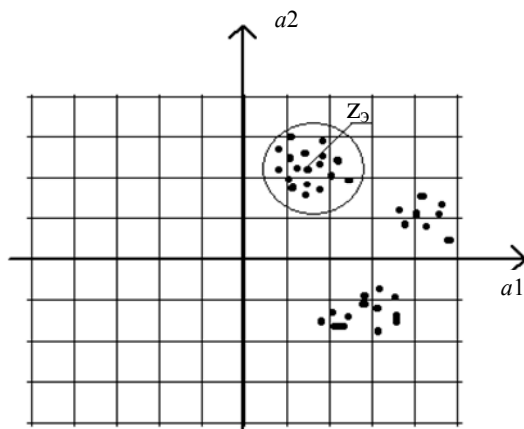


Рис.1. Представление сигнала в пространстве параметров

Будем использовать точку  $z_0$  в качестве первого приближения наблюдаемого эталонного сигнала, а для получения более точной оценки  $\hat{x}_0$  усредним параметры наблюдаемых точек в окрестности опорной  $z_0$ .

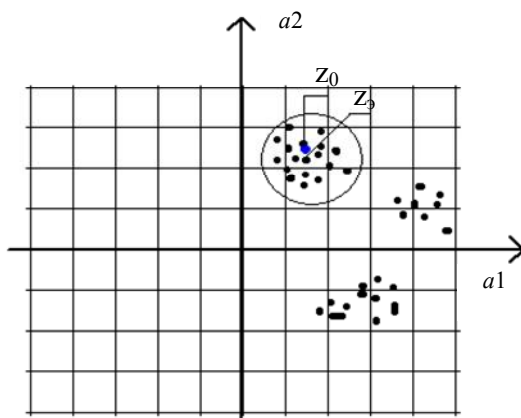


Рис. 2. Эталонная  $z_0$  и опорная  $z_1$  точки в пространстве параметров

Вычислим вектор  $\hat{x}_0[k]$ ,  $k = 1, \dots, K$  по формуле

$$\hat{x}[k] = \frac{z_0[k] + z_{mk}^{\min}}{K}, \quad (6)$$

где  $z_{mk}^{\min}$  – вектор, принадлежащий  $m$ -ой точке (не являющейся опорной), которая находится на минимальном евклидовом расстоянии от вектора  $z_0[k]$ ,  $K$  – мерность пространства параметров.

Вектор  $\hat{x}[k] = (p[k])$ ,  $k = 1, \dots, K$ , определенный согласно (6), принадлежит средней точке в пространстве параметров, а соответствующая последовательность значений  $X^*$ , полученная при переходе из пространства параметров в амплитудно-временное, дает оценку нового эталона  $W_0(t)$  во временной области.

**Выводы.** Предложен метод оптимизации параметров преобразования Хока для улучшения качества идентификации ФКС. Несмотря на то, что предложенный метод основан на линейных операциях, которым подвергаются фрагменты эталона, его планируется использовать для описания неравномерных во времени искажений отдельных циклов наблюдаемого сигнала, что характерно для многих реальных циклических сигналов, в частности ЭКГ.

**Список литературы:** 1. *Hough P.* Method and means for recognizing complex patterns // US Patent № 3069654, Dec. 18, 1962. – 57 P. 2. *Duda R., Hart P.* Use of the Hough Transformation to detect lines and curves in pictures // *Commun. ACM.* – 1972. – V. 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.* – Х.: 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. – Х.: 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.* – 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. 11. *Файнзильберг Л.С.* Восстановление эталона циклических сигналов на основе использования хаусдорфовой метрики в фазовом пространстве координат // *Кибернетика и системный анализ.* – 2003. – № 3. – С. 20–28.

УДК 621.318

**Відновлення сигналу на основі перетворення Хоку / Поворознюк А.І., Миргород Ю.В.**  
// Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 24. – С. 131 – 136.

У статті розглянута ідентифікація фізіологічних квазіперіодичних сигналів на основі перетворення Хоку. Запропоновано процедуру опису еталону структурного елемента та формування простору параметрів. Запропоновано метод оптимізації параметрів перетворення Хоку та відновлення початкового сигналу за отриманими параметрами. Іл. 2. Бібліогр. 11 назв.

**Ключові слова:** фізіологічні квазіперіодичні сигнали, перетворення Хоку, простір параметрів, опис еталону, відновлення сигналу.

UDC 621.318

**Signal recovery using Hough transformation / Povoroznyuk A.I., Myrgorod Y.V.** // Herald of the National State University "KhPI". Subject issue: Information science and modeling. – Kharkov: NSU "KhPI", 2008. – № 24. – P. 131 – 136.

Physiological quasi-periodic signals identification using Hough transformation is given. Procedure of the description of the standard of a structural element and formation of space of parameters is offered. The method of optimization of parameters of transformation Hough and restoration of an initial signal on the received parameters is offered. Figs: 2. Refs: 11 titles.

**Key words:** physiological quasi-periodic signals, Hough transformation, parameter space, prototype description, signal recovery.

*Поступила в редакцію 24.04.2008*