

А.И. ПОВОРОВНИК, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ",
А.В. ДАШКИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШАГА КВАНТОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ НА КАЧЕСТВО СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

У статті розглянуто аналіз значень шагу квантування і його вплив в методі некрапкового перетворення Хока для структурної ідентифікації фізіологічних квазіперіодичних сигналів з метою підвищення швидкості обчислень і покращення якості комп'ютерного діагнозу. Розроблено процедуру, яка реалізує структурну ідентифікацію за допомогою перетворення Хоку і дозволяє проводити аналіз впливу шагу квантування на швидкість і якість структурної ідентифікації.

The article includes the analysis of values of a step of quantization and its influence in a method of not dot Hough transformation for structural identification physiological quasiperiodical signals with the purpose of increase of speed of calculations and improvement of quality of the computer diagnosis. Procedure, which realizes structural identification with the help of Hough transformation is developed and allows to spend the analysis of influence of a step of quantization for speed and quality of structural identification.

Постановка проблеми. В традиционной схеме структурная идентификация ФКС осуществляется с использованием эвристических алгоритмов и метода временной адаптивной маски. Еще одним подходом к решению задачи структурной идентификации биомедицинских сигналов является применение преобразования Хока. Временные затраты при реализации преобразования Хока напрямую зависят от шага квантования. В данном методе работа ведется в квантованном пространстве параметров, однако остается не исследованным влияние точности квантования на качество распознавания. В связи с этим, актуальной является задача исследования значения размера шага, с которым квантуется пространство параметров.

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 [1, 2], поэтому приходится использовать другие характеристики (производные, спектр и др.) в качестве дополнительных (а иногда и основных) критериев при построении решающих правил структурной идентификации.

В [3] разработан формализованный метод структурной идентификации физиологических квазипериодических сигналов различной природы [4, 5] с помощью преобразования Хока.

Цель статьи. Исследование влияния шага квантования в методе неточного преобразования Хока (преобразование к пространству параметров) для структурной идентификации физиологических квазипериодических сигналов на вероятность распознавания и трудоемкость алгоритма.

Применение преобразования Хока к структурной идентификации физиологических сигналов. В [3] рассмотрена процедура структурной идентификации биомедицинских сигналов, суть которой заключается в следующем.

Исходный сигнал ФКС после ввода, квантования по времени и цифровой фильтрации представляется множеством отсчетов $X(t_i)$. Каждый период сигнала состоит из последовательности непересекающихся интервалов S_1, S_2, \dots, S_n , причем каждый интервал S_k соответствует k -му типу структурного элемента, $k = \overline{1, n}$. Задачей структурной идентификации является выделение всех участков S_k на всей реализации сигнала (разметка сигнала), после чего уточняются границы интервалов и рассчитываются диагностические показатели путем анализа исходного сигнала $X(t_i)$ в локальной области. 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). Параметры аппроксимирующих кривых являются координатами нового пространства параметров $Y(P)$, т.е. выполняется переход из пространства $X(t_i)$ в $Y(P)$. В пространстве параметров $Y(P)$ эталон представляется точкой ω_s с координатами P_s . Далее производится сканирование сигнала с целью поиска структурных элементов данного типа, при этом на каждом этапе сканирования вычисляется множество $\{P_c\}$ анализируемого участка сигнала.

Для определения расстояний между объектами в пространстве $Y(P)$ вводится метрика и вычисляется мера близости параметров эталона и анализируемого участка сигнала $D(P_s, P_c)$, которая возвращается во временную область в виде нормированной функции дифференциации расстояния, изменяющейся в диапазоне от 0 до 1 [4] и сравнивается с порогом T . При выполнении условия $D(P_s, P_c) < T$ считается, что интервал S_k^i содержит структурный элемент k -го типа.

Результаты исследований. Для проведения исследований берутся экспериментальные данные от 12 отведений электрокардиографа (10-ти минутная выборка с частотой квантования 100 Гц). Разработана программа, позволяющая провести анализ исходных данных.

В качестве эталона выбирается комплекс QRS , который аппроксимируется кривыми первого порядка. Пространство признаков является двумерным, в котором левый склон комплекса QRS описывается координатами (a_1, b_1) , правый склон – (a_2, b_2) . Диапазон изменения значений координат лежит в диапазоне [

– 500, 500]. Результаты вычислений приведены в табл. 1 и табл. 2., где приняты следующие обозначения: p_1 – процент правильно идентифицированных зубцов; p_2 – процент ложно идентифицированных зубцов (распознанными являются не комплексы QRS); μ – математическое ожидание.

Таблица 1

Процентный показатель количества распознанных комплексов QRS при разных шагах квантования пространства признаков (расчет расстояния производится при значении $T = 0.4$)

№ отведения	Шаг квантования											
	1		10		50		100		200		250	
	p_1	p_2	p_1	p_2	p_1	p_2	p_1	p_2	p_1	p_2	p_1	p_2
1	75	0	75	0	85	0	100	0	80	80	100	100*
2	30	0	55	0	85	0	92	0	100	0	100	100*
3	76	0	50	0	90	0	90	0	100	0	100	100*
4	45	0	84	0	75	0	100	0	100	0	100	100*
5	100	0	50	0	100	0	95	0	100	0	10	0
6	50	0	50	0	90	0	100	0	100	100*	100	100*
7	100	0	100	0	100	0	100	0	100	70	100	100*
8	25	0	50	0	80	0	100	0	100	75	35	0
9	25	0	65	0	75	0	100	0	100	85	35	0
10	80	0	65	0	93	0	75	0	100	90	20	0
11	95	0	95	0	100	0	100	0	100	0	15	0
12	25	0	50	0	55	0	55	0	100	0	100	100*
μ	60.5	0	65.8	0	85.7	0	92.3	0	98.3	83.3**	67.9	100**

* – процент ложного обнаружения комплекса QRS может быть уменьшен путем коррекции порога T ,

** – расчет математического ожидания ведется только с учетом значений, отличных от нуля.

Таблица 2

Статистические характеристики временных затрат при проведении распознавания комплексов QRS с применением разных шагов квантования пространства признаков

Статистическая характеристика	Шаг квантования					
	1	10	50	100	200	250
Математическое ожидание, μ , сек	8.917	2.247	1.438	1.133	0.866	0.225
Среднеквадратическое отклонение, σ	0.715	0.276	0.179	0.061	0.126	0.141

Результаты, приведенные в табл. 1, показывают, что при применении преобразования Хока для структурной идентификации биомедицинских сигналов целесообразно проводить квантование пространства параметров с шагом, значение которого лежит в пределах от 50 до 200, так как при этом вероятность верной идентификации принимает допустимые значения, то есть правильно распознаются более 85% комплексов QRS. Для каждого из 12-ти отведений, используя функцию *function Time: TDateTime* среды программирования Delphi7.0, выполнено вычисление времени выполнения идентификации комплексов QRS. Для полученных значений временных затрат подсчитаны статистические характеристики (математическое ожидание μ и среднеквадратическое отклонение σ), приведенные в табл. 2, которые показывают, что увеличение шага квантования позволяет значительно ускорить процедуру структурной идентификации физиологических квазипериодических сигналов.

Выводы. В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом значений шага квантования в методе неточечного преобразования Хока для идентификации структурных элементов физиологических сигналов. Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что увеличение шага квантования до значений, лежащих в пределах от 50 до 200, не снижает качество распознавания структурных элементов и увеличивает скорость процедуры обработки биомедицинских сигналов. В дальнейшем планируется разработка программной реализации процесса оптимизации шага квантования в режиме обучения на реальных данных, а также проведение тестирования на пространстве параметров, квантованном неравномерно.

Список литературы: 1. 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. 2. 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. 3. Поворознюк А.И. Применение преобразования Хока для структурной идентификации физиологических сигналов // Моделирование та інформаційні технології. Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці. – К.: ІПМЕ, 2003. – Вип. 22. – С. 143 – 149. 4. 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. Збірник наукових праць. – Вип. 99. – Х.: ХДПУ, 2000. – С. 138 – 141. **5.** *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. **6.** *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. **7.** *Hough P.* Method and means for recognizing complex patterns // US Patent № 3069654, Dec. 18, 1962. **8.** *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.

Поступила в редакцию 10.04.2006