

УДК 681.518.54;004.3.001.4

К.В. ЕЛИСЕЕВ*Институт проблем точной механики и управления РАН, Россия***ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ В ИССЛЕДОВАНИИ КРИВЫХ,
ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ**

Проведен анализ геометрических кривых, соответствующих электрокардиограммам. Разработан математический метод перевода таких кривых в геометрический образ и метод кодирования этих кривых. Проведена классификация дефектов сердца, основанная на рассмотрении базовых частей электрокардиограмм. Проведен перевод классов дефектов в классы кодов.

Ключевые слова: дискретный детерминированный автомат, геометрический образ законов функционирования, входной сигнал, выходной сигнал, кривая.

Введение

Распространенным методом диагностики и распознавания сердечно-сосудистых заболеваний является электрокардиография. Электрокардиограмма представлена кривыми. Кривые характеризуется набором зубцов, по временным и амплитудным параметрам которых ставится диагноз. Процедуру нахождения характеристик электрокардиограмма выполняет врач-кардиолог на основе визуального анализа. Такая схема достаточно проста, но надежность ее зависит от профессиональности и физического состояния врача, требует значительных затрат времени. Эта схема работает в течении долгого времени из-за отсутствия альтернативных подходов к решению задачи расшифровки ЭКГ. Предлагаемый в данной работе математический аппарат позволит расширить область изучения конкретных кривых, представляющих собой электрокардиограмму.

Изображение электрокардиограмм графиками на основе работы [4] позволяет представлять их ломаными линиями в декартовой системе координат. Такие ломаные линии допускают интерпретацию как геометрические образы законов функционирования автоматов (см. [4]). Частично изображенные электрокардиограммы после их представления частично заданными геометрическими образами могут быть дополнены с использованием классических методов интерполяции. В результате отдельные электрокардиограммы оказываются фазовыми траекториями поведения дискретных детерминированных автоматов, и такие автоматы являются моделями конкретных заболеваний в целом. На основании этого для повышения эффективности методов анализа электрокардиограмм могут быть использованы методы распознавания автоматов средствами услов-

ных и безусловных экспериментов. Специальные источники (см., например, [6]) позволяют устанавливать соответствие между свойствами электрокардиограмм и свойствами дискретных детерминированных динамических систем в форме автоматов, в которых входными сигналами представлены действующие на организм пациента силы

В данной статье предлагается перевести электрокардиограмму в геометрические образы, выделить из каждого геометрического образа базовые части электрокардиограмм, при изменении которых в той или иной степени можно определить что происходило и (или) будет происходить с сердцем. Автомат, описывающий такой геометрический образ, будет инициальным с начальным состоянием s_0 , так как для снятия электрокардиограммы на вход подается один и тот же сигнал. Далее строятся коды этих геометрических образов. Коды геометрических образов (кривых) упрощают поиск отклонений от нормы. В работе проводилась классификация свойств базовых частей электрокардиограмм дефектам сердца и перевод классов дефектов в классы кодов.

**Метод перевода электрокардиограмм
в геометрический образ**

Имеем электрокардиограмму, снятую у пациента по 12 отведениям. Разбиваем ее на отдельные отведения. Разбиваем электрокардиограмму на базовые части (табл. 1), дающие представление о конкретных отклонениях в работе сердца. Из каждого отведения выделяется геометрическая кривая и заносится в систему координат, у которой минимальное значение оси Y будет ноль.

Для перевода в геометрический образ наносим (выбираем) точки на сетке таким образом, если

вершина зубца находится не на пересечении сетки, то для геометрического образа вершину перемещаем в ближайшее, незанятое пересечение сетки, и по этим точкам строится геометрический образ (рис.1).

Выходные сигналы будут показывать величину конкретного зубца в электрокардиограмме, а входной сигнал один и тот же, то есть получаем геометрический образ законов функционирования инициального автомата (A, s). Аналогично переводим в геометрические образы другие отведения. В результате получаем 12 геометрических образов законов функционирования инициальных автоматов, описывающих работу конкретного сердца.

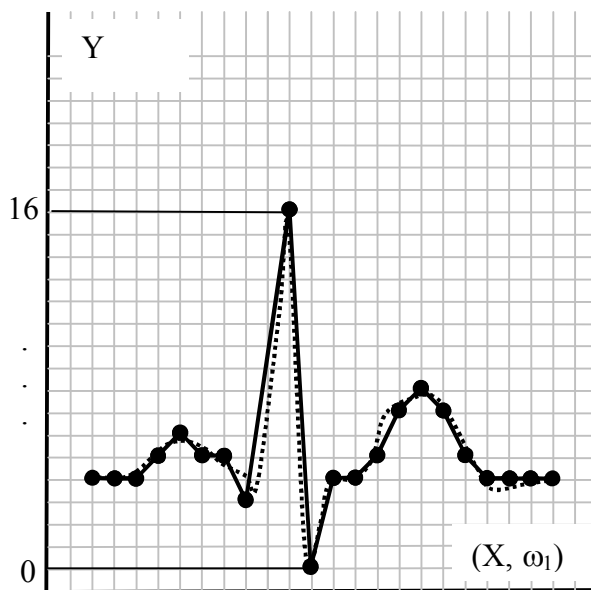


Рис. 1. Геометрическая кривая а (пунктир) и соответствующий ей геометрический образ γ (показан сплошной линией)

Кодирование кривых

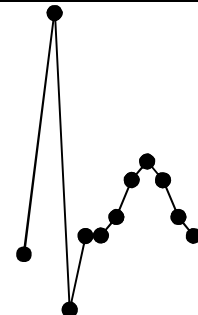
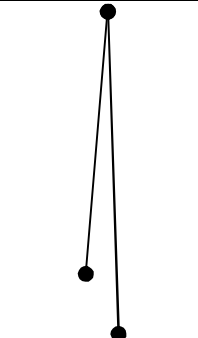
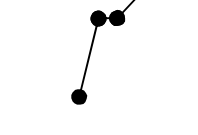
При построение кодов электрокардиограмм вводится два варианта кода для кодирования геометрических образов, представляющих конкретные электрокардиограммы, базовый и уточненный (расширенный). Базовый код показывает отклонения, которые выявляются при анализе совокупности единичных комплексов (единичным комплексом будем называть комплекс базовых частей в таком порядке следования: PQRST), а расширенный код выявляет отклонения, не только в совокупности единичных комплексов, но и в самом единичном комплексе.

Таблица 1

Базовый набор частей геометрических линий, представляющих собой электрокардиограмму

№	Название базовой части	Вид геометрической линии, представляющей признак	Обозначение признака кодовой записью в базовом коде
1	Зубец P		P
2	Зубец Q		Q
3	Зубец R		R
4	Зубец S		S
5	Зубец T		T
6	Интервал PQ		PQ

Продолжение табл. 1

7	Интервал QT		QT
8	Комплекс QRS		QRS
9	Сегмент ST		ST

В табл. 1 приведены базовые части электрокардиограммы при изменении которых (в той или иной степени или отсутствия изменений) выявляется конкретный дефект в работе сердца.

Выводы

В данной работе было проанализировано 150 электрокардиограмм и соответствующих им базовых частей, найдено 20 классов дефектов, соответствующих нормальной работе сердца, 90 классов дефектов связанных с неправильной работой сердца. Все найденные дефекты были переведены в классы кодов. В таблице 2 приведены некоторые дефекты сердца и соответствующие им базовые коды.

Таблица 2

Конкретный признак дефекта и соответствующий ему базовый код

Название признака	Описание вида базовой части	Код базовой части
Полная АВ блокада (III-степени)	Нет связи между зубцом Р и комплексом QRS	PQRST000P∅∅∅∅ 000P∅∅∅∅000PQR ST

Продолжение табл. 2

АВ блокада (II-степени)	1. (Мобитц2) Отмечается периодическое выпадение комплекса QRS	PQRST000PQRST00 0P∅∅∅∅000PQRST
	2. (Мобитц1 с периодикой Венкебаха) постепенное удлинение интервала PQ перед выпадением комплекса QRS	PQRST000P∅QRST0 00P∅∅QRST000P∅ ∅∅∅000PQRST
	3. 2:1 каждый второй зубец Р не проводится	PQRST000P∅∅∅∅ 00PQRST000P∅∅∅ ∅
АВ блокада (I-степени)	Замечается удлинение интервала PQ	P∅QRST000P∅QRS T000P∅QRST

В табл. 2 символом "0" показано расстояние между соседними единичными комплексами, символом "∅" показаны отсутствующие элементы кода или задержка в коде.

Литература

1. Гилл А. Введение в теорию конечных автоматов / А. Гилл. – М.: Наука, 1966. – 243 с.
2. Твердохлебов В.А. Геометрические образы конечных детерминированных автоматов. / В.А. Твердохлебов // Известия Саратовского ун-та (Новая серия). – Т. 5. – Вып. 1. – Саратов. - 2005. – С. 141-153.
3. Твердохлебов В.А. Интерполяция и рекуррентные модели в техническом диагностировании больших систем / В.А. Твердохлебов // Проблемы и перспективы прецизионной механики и управления в машиностроении. Материалы Международ. конф. – Саратов. - 2006. – С. 68-80.
4. Твердохлебов В.А. Методы интерполяции в техническом диагностировании / В.А. Твердохлебов // Проблемы управления. – 2007. – №2. – С. 28-34.
5. Хемптон Дж.Р. ЭКГ в практике врача: пер. с англ. / Дж.Р. Хемптон. – М.: Мед. лит., 2006. – 432 с.
6. Хемптон Дж.Р. 150 клинических ситуаций: пер. с англ. / Дж.Р. Хемптон. – М.: Мед. лит., 2007. – 320 с.
7. Твердохлебов В.А. Геометрические образы законов функционирования автоматов / В.А. Твердохлебов. – Саратов: Научная книга, 2008. – 183 с.

Поступила в редакцію 04.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. Компьютерных систем и сетей В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ГЕОМЕТРИЧНІ ОБРАЗИ У ДОСЛІДЖЕННЯХ КРИВИХ ДЛЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ

К.В. Єлісєєв

Проведено аналіз геометричних кривих, для електрокардіограм. Розроблено математичний метод перетворення таких кривих у геометричний образ і метод кодування цих кривих. Проведена класифікація дефектів серця, заснована на розгляді базових частин електрокардіограм. Проведено перетворення класів дефектів у класи кодів.

Ключові слова: дискретний детермінований автомат, геометричний образ законів функціонування, вхідний сигнал, вихідний сигнал, крива.

GEOMETRIC IMAGES OF RESEARCH ELECTROCARDIOGRAM CURVES

K.V. Eliseev

An analysis of geometric curves of the electrocardiogram was performed. A small cluster method of transfer of such curves in a geometric way and method of coding these new criteria was developed. The classification of defects of the heart, based on consideration of the basic parts of the electrocardiograms was performed. A transformation of defect classes into the class codes was carried out.

Keywords: discrete deterministic automate, geometrical image of the operation laws, input, output, curve.

Єлісєєв Кирилл Васильєвич – аспірант, Інститут проблем точної механіки і управління РАН, Саратов, Росія, e-mail: eliseevkirill@gmail.com.