

С.С. САДЫКОВ, А.С. БЕЛЯКОВА,
Д.П. ГРАНЧЕНКО, В.А. КОМКОВ

**Анализ и исследование
портретов сердца**

УДК 004.932.2

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»

Статья посвящена разработке алгоритмов обработки цветных портретов сердца, выделению патологических участков на них с помощью яркостных характеристик.

Article is devoted working out of algorithms of processing of color portraits of heart, allocation of pathological sites on them with the help bright characteristics.

Целью работы является исследование портретов сердца, изучение их особенностей. Для этого используется набор статических и яркостных характеристик изображения и сравнение их с эталонными значениями. В работе проведено тестирование разработанного программного продукта на реальных портретах сердца. Так же в работе исследуются алгоритмы перевода изображения в другие цветовые системы и алгоритмы сжатия с целью эффективного хранения.

Системный анализ применяется в любой предметной области, включая в себя как частные, так и общие методы и процедуры исследования.

Эта наука, как и любая другая, ставит своей целью исследование новых связей и отношений объектов и явлений. Но, тем не менее, основной проблемой нашей науки является исследование связей и отношений таким образом, чтобы изучаемые объекты стали бы более управляемыми, изучаемыми, а "вскрытый" в результате исследования механизм взаимодействия этих объектов - более применимым к другим объектам и явлениям. Задачи и принципы системного подхода не зависят от природы объектов и явлений.

Прибор "Кардиовизор", предназначенный для анализа электрокардиограмм сердца и широко применяемый в настоящее время ге-

нерирует выходные данные в виде портрета сердца. Что бы определить какое именно заболевание необходимо обладать специальными знаниями и тратить время на разбор данных портретов.

Поэтому возникает задача цифрового анализа и обработки генерируемых портретов и визуального отображения результатов анализа. Для решения задачи анализа необходимо определить набор параметров, которые нужно вычислять для каждого портрета. Впоследствии данные параметры будут сравниваться с параметрами здорового сердца и по величине отклонения вычисленного параметра от исходного можно будет сделать вывод о том или ином заболевании.

Прибор КардиоВизор формирует выходные данные в автоматическом режиме, т.е. не требует от пользователя каких-либо интерактивных настроечных операций.

Выходная информация выводится на экран дисплея и включает две группы данных: так называемый «портрет сердца» и текстовые сообщения.

Портрет сердца представляет собой моментальный снимок, получаемый на экране дисплея в результате визуализации рассчитанных характеристик зарегистрированной ЭКГ. Выраженность изменений определяются по изменению цвета квазиэпикарда, который в норме имеет ровный зеленый цвет. При различных отклонениях от нормы цвет в области изменений меняется до желтого или красного. Чем больше площадь квазиэпикарда, окрашенная красным цветом, тем больше выраженность отклонения.

Прибор КардиоВизор не ставит диагноз, поэтому его некорректно сравнивать с госпитальными приборами и тестами, предназначенными для диагностики. Однако данный комплекс существенно превосходит существующие приборы и тесты для скрининговых обследований по достоверности и оперативности выявления патологии. [1]

Таким образом, на выходе данного прибора мы получаем портрет сердца, а не диагноз и численные значения. Поэтому встает задача провести анализ данных портретов, получить численные значения и сделать соответствующие выводы.

Метод обработки портретов

На вход приложению поступает портрет сердца, полученный с помощью прибора КардиоВизор. Портреты условно разделены на небольшие области. Каждая область отвечает за конкретную патологию. Области портрета сердца представлены на рисунке 1 [2]. Таким образом, что бы сделать вывод о том какая патология присутствует у пациента необходимо определить отклонение цвета квазиэпикарда в каждой из областей от нормального значения.

Поскольку портреты всегда имеют одинаковый размер, то координаты пикселей, входящих в каждую конкретную область всегда одинаковые. Таким образом, для представления каждой конкретной области для цифровой обработки достаточно хранить координаты каждого пикселя, принадлежащего этой области.

Перед обработкой портрет раскладывается на три цветовых составляющих – красную, зеленую и синюю. Последующая обработка происходит применительно к каждой составляющей. Поскольку мы имеем координаты каждого пикселя, соответствующего конкретной области и исходный портрет, то не составляет труда получить набор цветов, соответствующий каждой области. По этому набору вычисляется ряд характеристик, которые условно можно разделить на две группы – яркостные характеристики и статические характеристики.

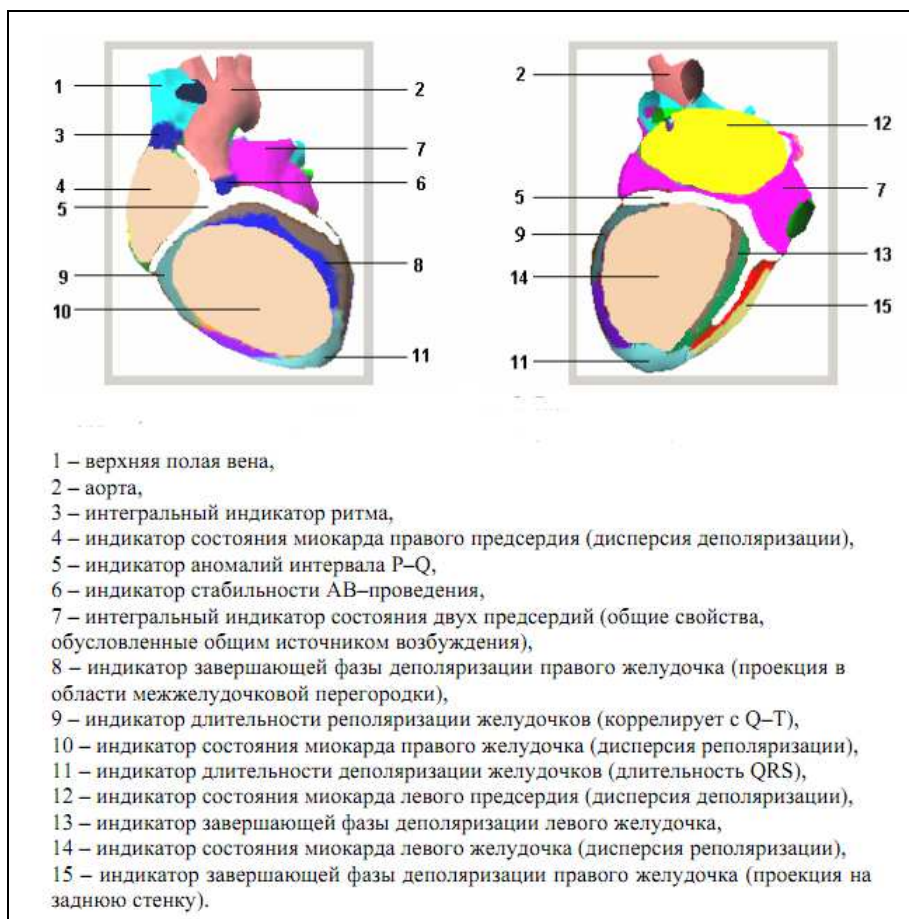


Рис. 1 Области портрета сердца

К яркостным характеристикам каждой области относятся: средняя яркость, максимальная и минимальная яркости, дисперсия и СКО. Сначала вычисляется гистограмма конкретной области, т.е. вероятность появления каждого цвета в области. Затем определяется математическое ожидание, как сумма произведений вероятности появления цвета на его уровень яркости. Дисперсия вычисляется как математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания [3]. СКО определяется как корень квадратный из дисперсии. Таким образом, мы получаем набор яркостных характеристик каждой области.

Статические характеристики каждой области получаются на основе ее гистограммы. К ним относятся:

Асимметрия распределения:

$$a_s = m_3 / \sigma_B^3,$$

где m_3 – центральный эмпирический момент третьего порядка.

Эксцесс распределения:

$$e_k = m_4 / \sigma_B^4 - 3,$$

где m_4 – центральный эмпирический момент четвертого порядка.

Моменты m_3 и m_4 удобно вычислять методом произведений.

Энтропия распределения:

$$H = \mu_4 = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P_{\delta, \theta}(i, j) \log P_{\delta, \theta}(i, j)$$

имеет наибольшее значение, когда вероятности появления цветов равны друг другу.

Энергия распределения:

$$E = \int \tilde{A}^2(h) dh$$

Таким образом, мы можем получить эталонные характеристики для портрета сердца здорового пациента и характеристики для портрета сердца с патологией для каждой области. Оценив различия между характеристиками в процентном соотношении можно сделать вывод, на каком из участков характеристики сильно отклонены от нормы. Таким образом, можно определить какая функция сердца не в порядке и поставить диагноз [5].

Наглядно изобразить отклонения позволяет поточечное вычитание портрета патологического сердца из эталонного в различных пространствах цветов.

Исследование проводилось на патологическом портрете сердца с предварительно вычисленными характеристиками для здорового сердца. Портреты представлены на рисунке 2. Статические характеристики представлены на рисунке 3. Сравнение характеристик представлено на рисунке 4.

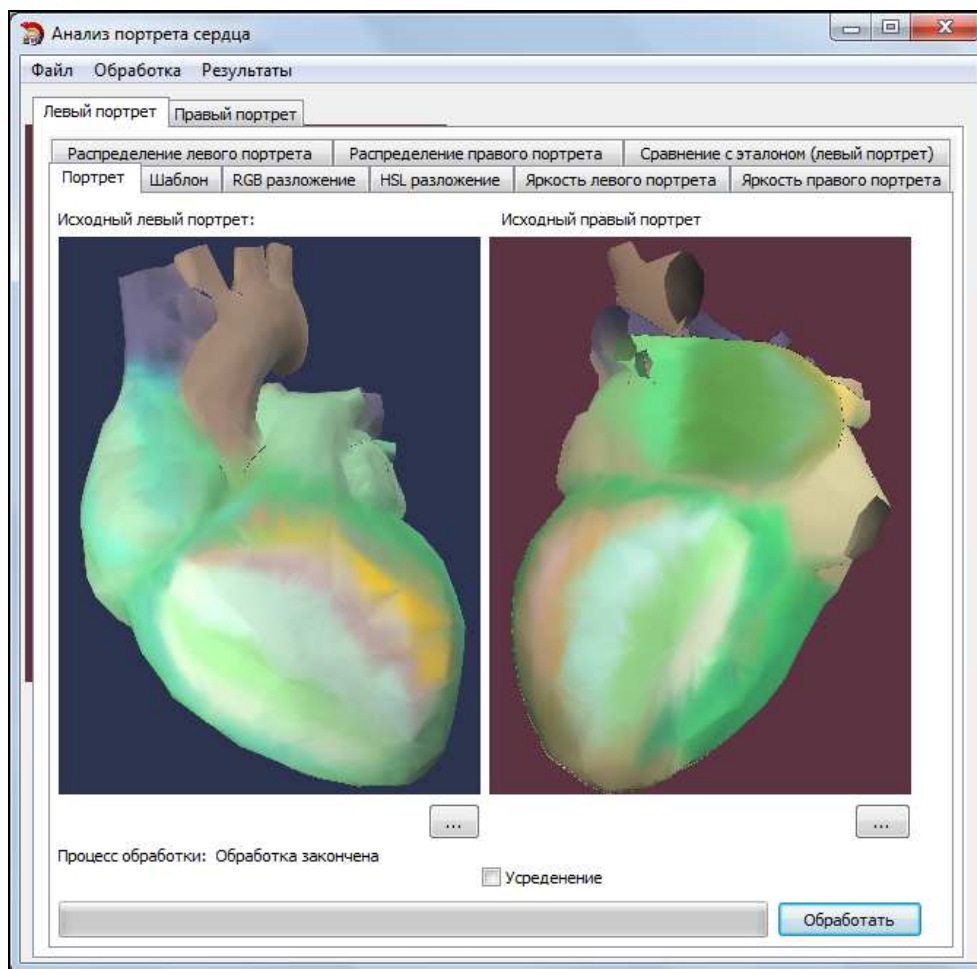


Рис. 2. Исходные портреты сердца

Портрет	Шаблон	RGB разложение	HSL разложение	Яркость левого портрета	Яркость правого портрета
Распределение левого портрета		Распределение правого портрета		Сравнение с эталоном (левый портрет)	
Левый портрет	Асимметрия красной сост.	Экссес красной сост.	Энтропия красной сост.	Энергия красной сост.	
Область №1	4,8241	3,3673	-3,2501	0,048957	
Область №2	5,1439	-54,606	-4,2229	0,020418	
Область №3	3,4014	8,9571	-3,6362	0,037288	
Область №4	2,6215	-0,17093	-4,3377	0,014177	
Область №5	4,4022	1,8436	-4,2701	0,016606	
Область №6	2,0301	-0,046718	-3,3935	0,03825	
Область №7	6,967	-40,497	-4,2157	0,017013	
Область №8	4,0226	-21,607	-4,4103	0,016156	
Область №9	3,7958	4,921	-4,4676	0,016517	
Область №10	3,5773	-9,3489	-4,4362	0,014523	
Область №11	3,2948	-13,994	-3,5996	0,03712	

Рис. 3. Статические характеристики

Портрет	Шаблон	RGB разложение	HSL разложение	Яркость левого портрета	Яркость правого портрета
Распределение левого портрета		Распределение правого портрета		Сравнение с эталоном (левый портрет)	
Асимметрия красной сравн. (%)	Экссесс красной сравн. (%)	Энтропия красной сравн. (%)	Энергия красной сравн. (%)		
2	26	1	1		
2	5	1	3		
19	135	6	32		
40	8760	0	7		
36	416	5	27		
88	11619	7	47		
9	27	8	27		
33	165	3	25		
80	1031	4	30		
25	128	1	10		
3	84	12	26		

Рис. 4.Процентное соотношение характеристик

В результате работы был изучен, описан и реализован метод анализа портретов сердца. Алгоритм выявляет яркостные и статические характеристики каждого участка здорового и патологического сердца и выражает их различие в процентном соотношении.

Созданная программа позволяет облегчить работу по анализу сердца и упрощает процесс постановки диагноза по исходным портретам сердца, сгенерированным прибором Кардиовизор.

Литература

1. *Евстигнеева О.И., Сафиулова И.А., Белякова А.С.* Влияние факторов риска на работу сердечной мышцы: наблюдение на Кардиовизоре. Здоровье населения и среда обитания. №4, 2011, с.34-37
2. *Садыков С.С., Сафиулова И.А., Белякова А.С.* Математические модели некоторых сердечно-сосудистых заболеваний. Информационные технологии. №12, 2011, с.59-63
3. Программное обеспечение для скрининговых исследований сердца КардиоВизор-06с. Руководство пользователя. Медицинские компьютерные системы. Москва, 2006.
4. *Садыков С.С.* Методы и системы обработки изображений. Учебное пособие. Муром, 2004.
5. *Белякова А.С.* Основные признаки оценки состояния сердечно-сосудистой системы. Алгоритмы, методы и системы обработки данных. №14, 2009, с.14-31.