

А.Д. ВАРЛАМОВ, Е.Е. МАКАРОВА

**Метод автоматического выделения
объектов на УЗИ снимках сердца**

УДК 004.932, 611.127

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича
Столетовых», г. Муром

Проведён анализ проблемы автоматической обработки цифровых изображений УЗИ снимков сердца. Особенность выделения объектов на данных изображениях заключается в том, что в отличие от других подобных задач сегментации, все объекты расположены в определенной зоне снимка. Эта информация успешно использовалась в оригинальном алгоритме выделения левого желудочка сердца.

The analysis of a problem of automatic processing of digital ultrasonic images of heart is carried out. Feature of objects segmentation on the given images consists that unlike other similar problems of the segmentation, all objects are located in a certain area of a image. This information was successfully used in original algorithm of segmentation of the left ventricle of heart.

УЗИ снимки – это важный источник информации о работе сердца, позволяющий правильно оценить его состояние и вовремя обнаружить возможные отклонения его функционирования.

Развитие методов цифровой обработки изображений позволяет использовать их для решения задач автоматизации обработки изображений различного характера. Интерес и большое практическое значение имеет задача автоматической обработки цифровых изображений УЗИ снимков сердца. Ее решение позволит упростить и ускорить анализ данных фотографий с целью выявления возможных отклонений работы сердца. При этом по подобию работы врача

системой сначала должны быть выделены объекты изображения, а затем определены характеристики, оценивающие работу сердца, такие как объем и площадь желудочков и предсердий, фракция выброса левого желудочка и многие другие [1]. Наиболее важным для анализа состояния сердца является изучение параметров левого желудочка, поэтому задача его выделения является основной.

Определение характеристик выделенных объектов в настоящее время не представляет серьезной проблемы, так как для ее решения разработаны теоретически-обусловленные алгоритмы [2-3]. Однако, реализация выделения самих объектов (задача сегментации) затруднительна в виду плохой ее математической обусловленности.

Таким образом, важнейшим этапом на данном пути является решение проблемы сегментации изображения на две области: область выделяемого объекта сердца и остальная часть изображения.

Следует отметить, что поставленная задача с математической точки зрения является плохо формализованной, поэтому для ее решения использовался подход к сегментации на основе самообучения системы на готовых примерах. Здесь под примерами понимаются изображения, на которых вручную размечены области объектов. Эти изображения как бы аналогично “обработаны” самим человеком. Метод, на основе которого разработан алгоритм, включает следующие этапы:

1. Выбор специалистом набора изображений УЗИ – снимков сердца (формирование обучающей выборки).

2. Определение границ искомого объекта (выполняется специалистом вручную).

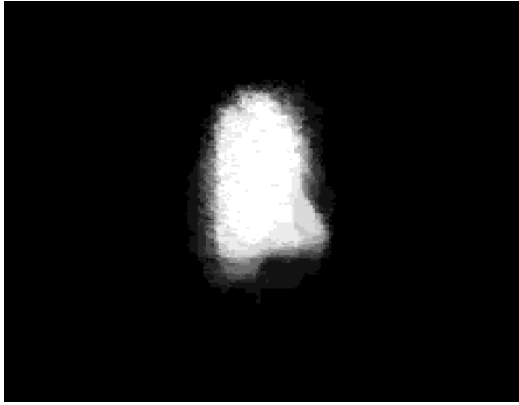
3. Формирование бинарных изображений выделяемых областей согласно определенным в пункте 2 границам для отобранных изображений УЗИ – снимков. Эти изображения в идеальном случае должны являться результатом работы алгоритма сегментации. Их будем называть изображениями области объекта.

4. Автоматический подбор таких параметров алгоритма сегментации изображений (ориентированного на выделение левого желудочка сердца), при котором вероятность того, что очередная точка исходного изображения будет отнесена алгоритмом к той же области, что и специалистом, станет наибольшей.

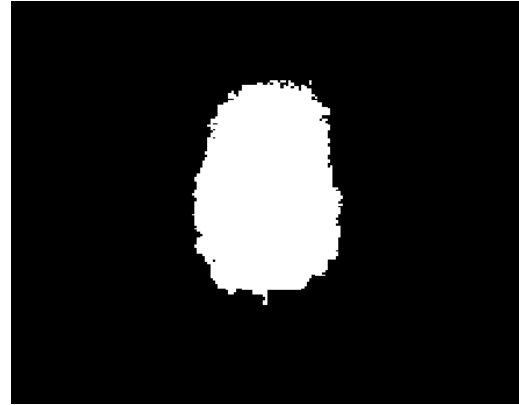
Последний этап представленного метода реализован алгоритмом выделения объектов на изображении по вычисляемым локальным признакам, а его параметры автоматически подбирались генетическим алгоритмом.

Особенность выделения левого желудочка заключается в том, что в отличие от других подобных задач сегментации, желудочек (как и другие объекты) расположен в определенной зоне снимка. Эту информацию целесообразно использовать в алгоритме сегментации. В проведенном исследовании по цифровой обработке таких снимков результаты выделения левого желудочка оказывались неудовлетворительными, если априорно не учитывалась информация о расположении объекта. Это объясняется тем, что по многим характеристикам составляющие сердца (правый, левый желудочки и предсердия) имеют очень близкие значения локальных признаков, что не позволяет отделить один объект от другого. Это побудило авторов к разработке алгоритма, использующего априорную информацию о расположении искомого объекта, которая была получена из выделенных человеком областей объекта, представленных в виде бинарных изображений. При этом для его создания использовался следующий алгоритм:

1. Создается изображение фиксированного размера $N \times M$. Данное изображение будем называть изображением априорного расположения объекта.
2. Выбирается очередное бинарное изображение области левого желудочка и масштабируется к размеру $N \times M$.
3. Значение каждой точки изображения априорного расположения объекта увеличивается на 1, если данная точка принадлежит области желудочка согласно масштабированному изображению.
4. Если не все изображения области левого желудочка учтены, то выполняется переход на этап 2.
5. Конец.



а) Априорная информация об области расположения левого желудочка сердца.



б) Область возможного расположения левого желудочка сердца

Рис. 1. Формирование изображения учета априорной информации об области расположения левого желудочка сердца на УЗИ снимке

Следует отметить, что даже визуально на данном изображении, представленном на рисунке 1, видно, что левый желудочек всегда расположен близко к центру изображения. На рисунке 1б черным цветом показана та область, в которой не может располагаться желудочек. Это изображение получено сегментацией изображения 1а с порогом, равным 1. Именно поэтому данное изображение не позволяет алгоритму включить в область выделенного объекта части другого, территориально удаленного от него, объекта и так важно в алгоритме сегментации УЗИ снимков сердца.

Для использования полученного изображения в готовом алгоритме оно подвергалось обратному масштабированию с учетом размером обрабатываемого изображения.

Экспериментальная работа проводилась на 14 изображениях. Поскольку алгоритм обучения является итерационным (свойство генетического алгоритма) на каждом этапе отображаются достигнутые результаты (в процентах правильно сегментированных точек). Графически эти данные представлены на рисунке 2. Время обучения алгоритма составило 15 минут.

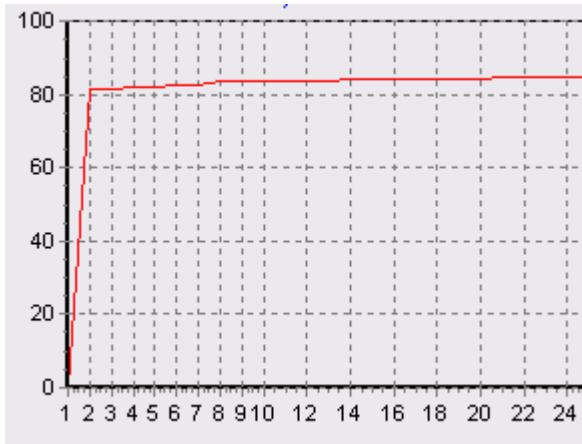
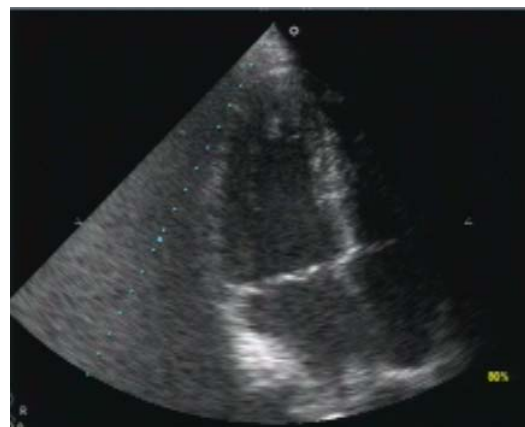


Рис. 2. Зависимость количества правильно идентифицированных точек от номера итерации алгоритма обучения (в процентах)

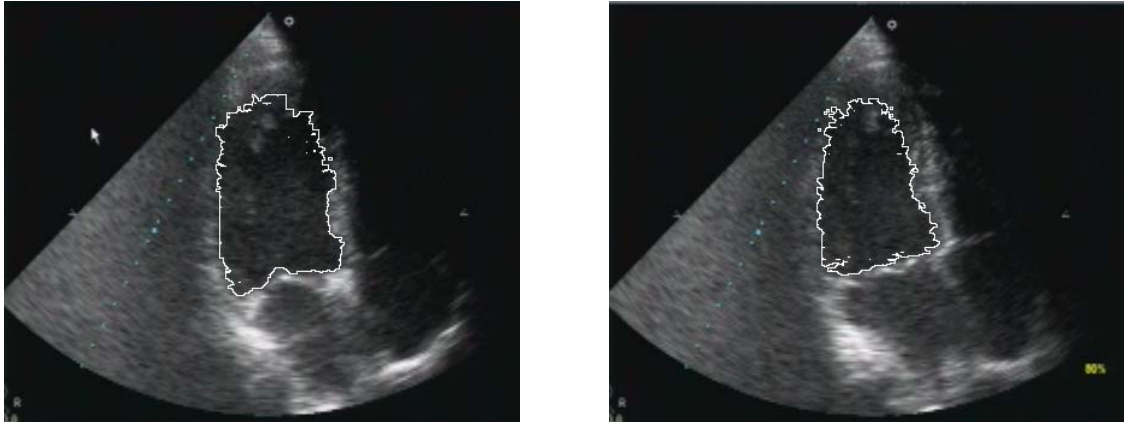
Примеры работы системы на основе разработанного алгоритма приведены на рисунке 3.

Сравнивая визуально результаты, можно отметить, что автоматически выделенные системой объекты мало отличаются от результатов работы специалиста, что говорит о хороших результатах проведенной работы.

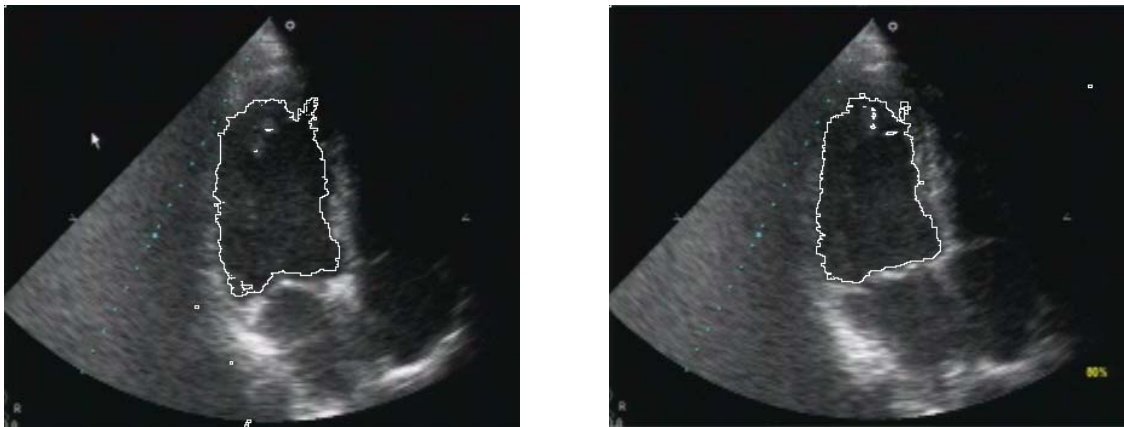
В настоящее время проводится аналогичная работа по созданию алгоритмов выделения на УЗИ снимках правого желудочка и обоих предсердий, что значительно расширит возможности автоматизированной обработки медицинских снимков и позволит анализировать каждый кадр обследования, сравнивать вычисленные параметры с нормой и, фактически, формировать результат, оставляя врачу право проверить полученный результат в трудных ситуациях.



а) исходные изображения УЗИ-снимков сердца



б) границы объекта, обозначенные специалистом



в) результаты автоматического выделения желудочка

Рис. 3. Результаты автоматического выделения желудочка сердца на изображении УЗИ снимка

В данном направлении в ближайшее время планируется решение следующих актуальных задач:

- разработка на основе представленного метода алгоритмов выделения на УЗИ снимках правого желудочка и предсердий;
- автоматическая оценка характеристик выделенных объектов, таких как площадь, объем, фракция выброса левого желудочка для сравнения с нормой.
- оценка динамики изменения характеристик сердца по последовательности изображений временного интервала и ее анализ с целью диагностики работы сердца.
- использование полученного опыта в разработке диагностических систем на основе автоматической обработки медицинских изображений.

Таким образом, в данной статье представлены результаты автоматической обработки изображений УЗИ снимков сердца, показывающие реальность создания и внедрения автоматизированной си-

стемы диагностики работы сердца по изображениям УЗИ снимков с автоматической обработкой изображений.

Литература

1. *Н. Шиллер, М.А. Осипов.* Клиническая эхокардиография. – М.: Практика, 2005 г.

2. Садыков С.С., Сафиулова И.А., Ткачук М.И. Полная автоматизированная обработка последовательности ультразвуковых снимков сердца // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2010. Т. 53. № 9. С. 27-33.

3. *Садыков С.С., Сафиулова И.А., Ткачук М.И.* Система автоматизации обработки и анализа эхокардиографических снимков // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 10. С. 10-17.

СЛ. ТЕЛЕФОН: (49234) 9-95-31.

Д. ТЕЛЕФОН: (83175) 5-57-56.

E-MAIL: VARLAMOV_ALEKS@MAIL.RU