

# Оценка применимости алгоритмов сегментации изображения для решения задачи оконтуривания левого желудочка сердца на УЗИ-изображениях

<sup>1</sup>Анастасия Бобкова, <sup>1</sup>Сергей Поршневу, <sup>1</sup>Василий Зюзин, <sup>2</sup>Владимир Бобков  
<sup>1</sup>Институт радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия  
[iconismo@gmail.com](mailto:iconismo@gmail.com), [sergey\\_porshnev@mail.ru](mailto:sergey_porshnev@mail.ru), [zvzuzin@gmail.com](mailto:zvzuzin@gmail.com)

<sup>2</sup>Уральский Государственный Экономический Университет – СИНХ, Екатеринбург, Россия  
[btow@yandex.ru](mailto:btow@yandex.ru)

## Аннотация

Проведено исследование работоспособности алгоритмов сегментации изображений при обработке УЗИ-изображений четырехкамерной проекции сердца в рамках задачи по автоматическому оконтуриванию левого желудочка. Результаты сравнения областей, получаемых с помощью алгоритмов сегментации и обозначенных экспертами, обнаруживают существенные расхождения между ними. Таким образом, задача автоматического оконтуривания левого желудочка сердца оказывается не тривиальной и требует разработки специализированных алгоритмов, учитывающих особенности эхокардиографических изображений.

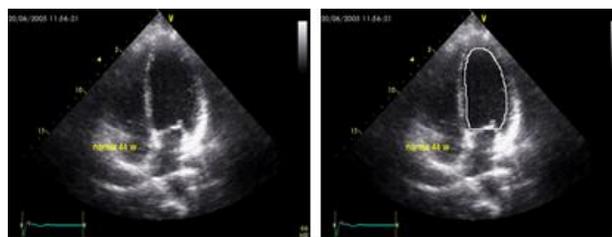
**Ключевые слова:** Левый желудочек, сегментация, поиск образов на изображении, эхокардиография (ЭхоКГ).

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Большинство скоропостижных смертей людей, в том числе и не пожилого возраста, связано с различными болезнями сердца. В этой связи необходима качественная и точная диагностика, позволяющая предупреждать возникновение проблем сердечной деятельности задолго до их появления. Сегодня одним из наиболее распространенных методов диагностики являются ультразвуковые исследования (УЗИ) кровеносной системы (эхокардиография – ЭхоКГ), предоставляющие кардиологам визуальные изображения сердечной мышцы в различных ее проекциях. При этом наиболее часто в задачах кардиологии используется четырехкамерная позиция сердца (рис. 1), которая позволяет детально исследовать область левого желудочка (ЛЖ). На основании получаемой информации из контура ЛЖ кардиологи получают возможность рассчитывать различные количественные показатели, характеризующие работу сердечной мышцы и делать на их основе обоснованные выводы о состоянии сердечной мышцы пациента в целом.

Построение контура ЛЖ является одной из важных задач при диагностике сердечных заболеваний. На сегодняшний день контур ЛЖ строится либо вручную, либо полуавтоматически. Большинство современных УЗИ-сканеров имеют программное обеспечение, которое позволяет сделать автоматизировать процесс оконтуривания, но не делает его полностью автоматическим.

В тоже время анализ опыта врачей-практиков показывает, что при проведении контура врачи опираются на свои субъективные убеждения (доставляют недостающие границы областей сердца, сглаживают границу ЛЖ, отбрасывая на изображении, в соответствии со своими представлениями о правильной границе сердечной мышцы, те или иные области повышенной плотности), как правило, сформулировать которые в виде некоторого набора правил не удастся. Таким образом, возникает необходимость создания инструментария для построения контуров ЛЖ на основе строгих правил. Данная задача рассматривается в следующих работах: [1]; [6].



**Рис 1:** ЭхоКГ изображение (слева) и контур, обозначенный экспертом (справа).

В данной работе изложены результаты исследования возможности использования в рассматриваемой задаче известных алгоритмов сегментации изображений: JSEG [8], NCutImage [4], MNCS [7], Mean-Shift [3], Active Contours [5].

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для оценки были использованы данные ЭхоКГ, собранные в Свердловской областной клинической больнице № 1 г. Екатеринбурга в ходе УЗИ сердец пациентов. Оценка результатов оконтуривания проводилась по результатам, полученным у 30 пациентов, среди которых были и пациенты с патологией сердечной мышцы. УЗИ-фильмы для каждого пациента содержали в среднем по 25 кадров.

Типичные результаты применения различных алгоритмов сегментации к УЗИ-кадрам представлены на рис. 2–6, из которых видно, что наилучшие результаты с точки зрения близости формы ЛЖ, построенной экспертом и выделенной автоматически, оказываются алгоритмы JSEG и Active Contours, использованные в дальнейших исследованиях.

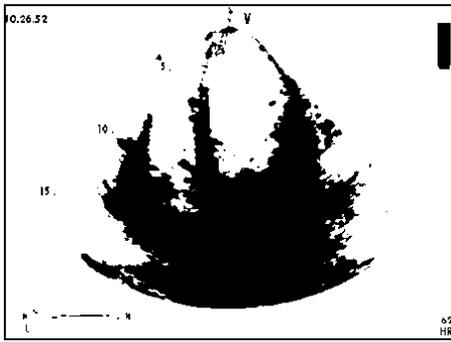


Рис. 2: Алгоритм сегментации Active Contours



Рис. 3: Алгоритм сегментации MNCS

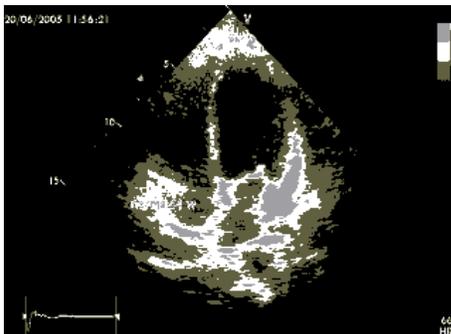


Рис. 4: Алгоритм сегментации Mean-Shift

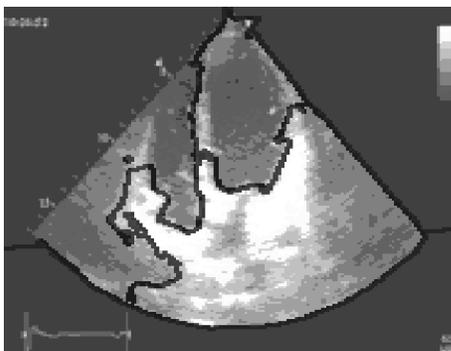


Рис. 5: Алгоритм сегментации NCutImage

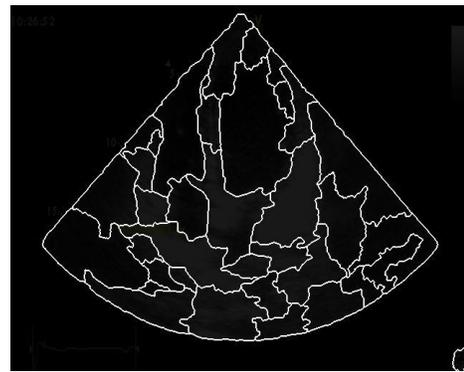


Рис. 6: Алгоритм сегментации JSEG

Для получения количественных показателей близости рассматриваемых контуров ЛЖ на сегментированных изображениях выбиралась область, в которую попал центр масс области экспертного контура. Затем найденная область сравнивалась с соответствующей областью контура, обозначенного экспертом. При оценке качества оконтуривания ЛЖ использовались следующие показатели:

- количество пикселей области, образуемой экспертным контуром ЛЖ;
- количество пикселей области, полученной путем сегментации изображения;
- количество пикселей области, образуемой пересечением двух областей.

Для оценки качества оконтуривания, следуя [2], были использованы следующие критерии:

- точность, отношение площадей правильно найденной области к экспертной области:

$$Precision = \frac{Expert \cap Segment}{Segment}$$

- полнота, отношение площадей правильно найденной области к области, полученной сегментацией:

$$Recall = \frac{Expert \cap Segment}{Expert}$$

Средние значения выбранных критериев представлены в таблице 1.

Таблица 1. Средние значения критериев оценки качества оконтуривания

Алгоритм сегментации	Precision (Точность)	Recall (Полнота)
JSEG	0.71 ± 0.15	0.76 ± 0.15
Active Contours	0.32 ± 0.16	0.80 ± 0.09

Из таблицы 1 видно, что ≈71% пикселей контуров, построенных алгоритмом JSEG, попадают в контур, построенный экспертом (точность), при этом данные пиксели составляют ≈76% от общего количества пикселей области, найденной алгоритмом JSEG (полнота): точность алгоритма Active Contours оказалась равной ≈32%, полнота – ≈80%.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные оценки точности нахождения контура ЛЖ на УЗИ-изображениях известными алгоритмами сегментации изображений не удовлетворяют врачей-кардиологов, поэтому для решения задачи автоматического оконтуривания ЛЖ сердца требуется разработка специализированных алгоритмов, адаптированных к низкому качеству УЗИ-изображений.

### 4. БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках госконтракта №11475п/20975.

### 5. ССЫЛКИ

- [1] Варламов А.Д., Макарова Е.Е.. Метод автоматического выделения объектов на УЗИ снимках сердца. Available at: <http://www.xn----7sbabbbc7aihkfne7cddf3ak8a.xn--p1ai/downloads/paper8.pdf>
- [2] Левашкина А.О., Поршнева С.В. Методы поиска изображений на основе визуального сходства // Монография, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 293 с.
- [3] Jens N. Kaftan, Andre A. Bell, Til Aach. Mean shift segmentation evaluation of optimization techniques. *In Proc. 3rd International Conference on Computer Vision Theory and Applications, VISAPP. 2008*, pp. 365–374.
- [4] Jianbo Shi. *Normalized Cut image segmentation*. Available at: <http://www.cis.upenn.edu/~jshi/>
- [5] Kristian Bredies, Heimo Wolinski. *An active-contour based algorithm for the automated segmentation of dense yeast populations on transmission microscopy images*. SFB-Report No. 2011–028. 2011.
- [6] Moldovanu S., Moraru L., Bibicu D. *Left ventricle segmentation using active contour model*. The Annals of «Dunărea de Jos» University of Galați, Fascicle V, Technologies in Machine Building, 2012
- [7] Timothee Cour, Jianbo Shi. *Multiscale Normalized Cuts Segmentation*. Available at: [http://www.timotheecour.com/software/ncut\\_multiscale/ncut\\_multiscale.html](http://www.timotheecour.com/software/ncut_multiscale/ncut_multiscale.html).
- [8] Yining Deng, B.S.Manjunath. *JSEG –Segmentation of color texture regions in images and video*. Available at: <http://vision.ece.ucsb.edu/segmentation/jseg/>

### Об авторах

Анастасия Олеговна Бобкова – к.т.н., доцент кафедры ИТ, ИРИТ-РТФ, УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.  
Её адрес: [iconismo@gmail.com](mailto:iconismo@gmail.com).

Сергей Владимирович Поршнева – д.т.н, профессор, заведующий кафедрой РЭИС, ИРИТ-РТФ, УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.  
Его адрес: [sergey\\_porshnev@mail.ru](mailto:sergey_porshnev@mail.ru).

Василий Викторович Зюзин – аспирант кафедры РЭИС, ИРИТ-РТФ, УрФУ имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина.

Его адрес: [zvzuzin@gmail.com](mailto:zvzuzin@gmail.com)

Владимир Валерьевич Бобков – к.пед.н, доцент кафедры Бизнес-информатики, УрГЭУ – СИНХ.

Его адрес: [btow@yandex.ru](mailto:btow@yandex.ru).