

Исследование методов удаления спекл-шумов на ультразвуковых изображениях

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

Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
iconismo@gmail.com, sergey_porshnev@mail.ru, zvzuzin@gmail.com

²Уральский Государственный Экономический Университет – СИНХ, Екатеринбург, Россия
btow@yandex.ru

Аннотация

Выполнено экспериментальное исследование методов удаления спекл-шумов на ультразвуковых изображениях: SVD-преобразование, медианная фильтрация и фильтр Винера. Вне зависимости от параметров алгоритмов лучшие результаты показала медианная фильтрация. При размере окрестности области сглаживания 8×8 пикселей медианная фильтрация показывает наилучшие результаты. Соответственно, данный метод целесообразно использовать на предварительном этапе для устранения спекл-шума на ультразвуковых изображениях.

Ключевые слова: Левый желудочек, спекл-шумы, поиск образов на изображениях, эхокардиография (ЭхоКГ).

1. ВВЕДЕНИЕ

Эхокардиография (ЭхоКГ) – метод исследования структуры и функции сердца, основанный на регистрации отражённых импульсных сигналов ультразвука, генерируемых датчиком с частотой 2,5 – 5,0 МГц. Зондирующая волна, если геометрические размеры исследуемого объекта превышают длину ультразвуковой волны (1 – 1,5 мм), отражается от границ раздела двух сред, имеющих различные акустические плотности, и рассеивается на объектах, геометрические размеры которых не превосходят 1 мм. Последние объекты оказываются слишком мелкими для их распознавания ультразвуковым методом и на снимках ЭхоКГ визуализируются в виде спекл-шума (speckle noise). Данный шум, представляет собой случайно распределённые черно-белые пиксели на всей поверхности ЭхоКГ-кадра.

Спекл-шум ухудшает качество изображения и делает его визуальное и цифровое распознавание достаточно сложной задачей. Как следствие, с точки зрения задач медицинской диагностики, снижается ценность ЭхоКГ-снимков и затрудняется внедрение алгоритмов автоматической диагностики. Таким образом, задача уменьшения влияния спекл-шума на качество изображения, решение которой позволит облегчить интерпретацию и анализ результатов ЭхоКГ исследований, является актуальной.

В настоящее время разработано множество методов удаления шумов: линейное усреднение пикселей по соседям [3], медианная фильтрация [1], математическая морфология [2], гауссовское размытие [2], методы на основе вейвлет-преобразований [2], фильтры Винера [2] и пр.

В работе [4] сделан обзор возможностей применения SVD-преобразования для обработки изображений. Сделаны выводы о том, что данное преобразование является перспективным и актуальным для исследования возможностей его применения в обработке изображений.

Целью данной статьи является исследованием методов устранения спекл-шумов на ЭхоКГ-изображениях и сравнение SVD-преобразования с известными методами устранения шумов на изображениях: медианной фильтрации и фильтром Винера.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Обозначим X^1 – исходное изображение, Y – изображение со спекл-шумом. Спекл-шум является мультипликативным, т.е. не добавляется в требуемый сигнал (как в случае аддитивного шума), а умножается на него. Соответственно, связь между исходным и зашумлённым изображениями определяется уравнением $Y = X^1 + n \cdot X^1$, где n – равномерно распределённый случайный шум со средним значением 0 и дисперсией v . Для уменьшения влияния параметров шума на качество его удаления, дисперсия v выбиралась случайным образом из выборки со средним значением 0,5 и стандартным отклонением, равным 1.

При тестировании методов удаления шумов обычно проводится сравнение исходного изображения X^1 с изображением, получаемом после удаления ранее наложенного шума X^2 . Однако, при исследовании способов удаления шумов с ультразвуковых изображений, подобное сравнение является очень проблематичным, поскольку они изначально формируются уже с присутствующими в них спекл-шумами. В этом случае представляется возможным для тестирования использовать искусственно сгенерированные изображения, как, например, при анализе медицинских изображений часто используются так называемые фантомные изображения.

В данной работе тестирование проводилось на коллекции из 500 искусственно сгенерированных изображений размером 200×200 пикселей (рис. 1, верхний ряд). На каждом изображении присутствуют области, параметры которых задаются случайным образом. Далее, на каждое исходное тестовое изображение накладывался шум со случайными параметрами (рис. 1, нижний ряд).

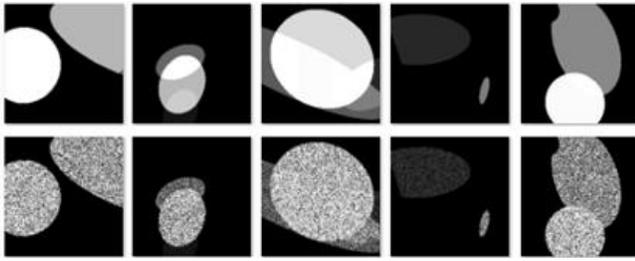


Рис. 1: Изображения тестовой коллекции: исходные (верхний ряд), со спекл- шумом (нижний ряд)

Для оценки качества удаления спекл-шума на изображениях тестовой коллекции использовались следующие критерии:

1. Количество несовпадающих пикселей NMP (*number of mismatched pixels*) $NMP = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N Diff(i, j)$, где $Diff(i, j) = 0$, если $X^1(i, j) = X^2(i, j)$.

2. Плотность несовпадений MD (*mismatch density*) $MD = \frac{1}{M \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |X^1(i, j) - X^2(i, j)|$.

Зависимости выбранных критериев от значения параметра соответствующего алгоритма (для медианной фильтрации и фильтра Винера – размера области сглаживания $k = k_x \times k_y$ пикселей; для SVD-преобразования – количества главных компонент, использованных при восстановлении изображения) представлены на рис. 2 и 3.

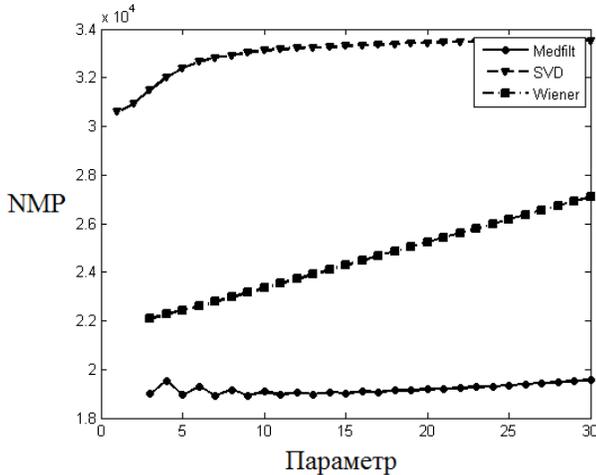


Рис. 2: Зависимость среднего количества несовпадающих пикселей от размера области сглаживания (фильтр Винера, медианная фильтрация) и числа главных компонент (метод SVD)

Из рис. 2 видно, что при использовании медианной фильтрации зависимость среднего количества несовпадающих пикселей от параметра алгоритма проявляется в наименьшей степени. При этом наименьшим оказывается и среднее значение несовпадающих пикселей.

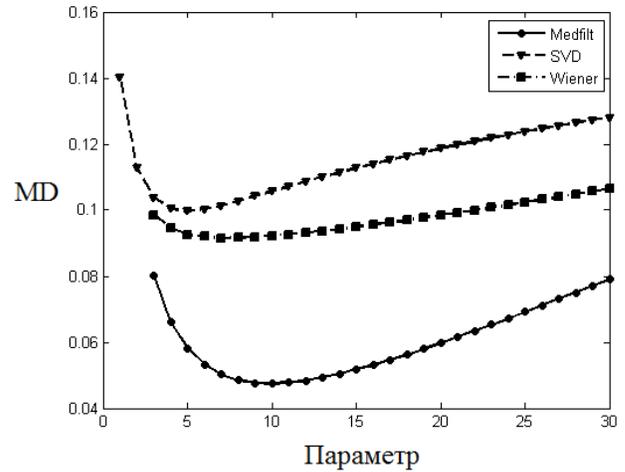


Рис. 3: Зависимость средней плотности несовпадений от размера области сглаживания (фильтр Винера, медианная фильтрация) и числа главных компонент (метод SVD)

Из рис. 3 видно, что наименьшее значение плотности несовпадений при всех значениях параметров алгоритмов имеет метод медианной фильтрации, у которого изученная зависимость достигает своего минимального значения при размере области сглаживания $k = 8 \times 8$ пикселей..

Полученные результаты были использованы для обработки ЭхоКГ-снимков. Типичный вид исходного УЗИ-кадра и этого же кадра после устранения спекл-шума медианной фильтрацией с $k = 8 \times 8$ представлен на рис. 5.

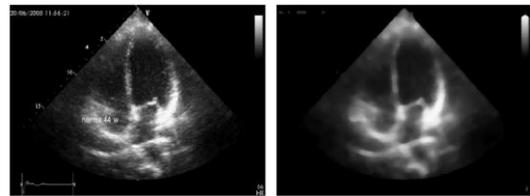


Рис. 4: Исходное УЗИ-изображение (слева) и результат удаления шума медианным фильтром при $k = 8 \times 8$ (справа)

Из рис. 4 видно, что выбранное преобразование, действительно, уменьшает спекл-шум, присутствующий в исходном изображении.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен сравнительный анализ возможности использования SVD-преобразования, медианной фильтрации и фильтра Винера в задаче для удаления спекл-шумов на ультразвуковых изображениях. Эксперименты показали, что при любом размере основного параметра алгоритмов (окрестности) наилучшим оказывается медианный фильтр. При этом, оптимальным значением параметра медианной фильтрации оказывается $k = 8 \times 8$.

4. БЛАГОДАРНОСТИ

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

5. ССЫЛКИ

- [1] Егорова И. Н., Коваленко Е. К. Методика повышения качества изображений с использованием методов фильтрации шумов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011, № 4/2 (52).
- [2] Гонсалес Р. Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва, Техносфера, 2006. 1072 с.
- [3] Калинина Д., Ватолин Д. Проблема подавления шума на изображениях и видео и различные подходы к ее решению. Компьютерная графика и мультимедиа, 2005, №3(2). Доступно по ссылке: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/74>.
- [4] Sadek R. A. SVD Based Image Processing Applications: State of The Art, Contributions and Research Challenges. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2012, vol. 3, No. 7, pp. 26-34.

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.

Сергей Владимирович Поршнеv – д.т.н, профессор, заведующий кафедрой РЭИС, ИРИТ-РТФ, УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Его адрес: 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

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

Его адрес: btow@yandex.ru.