



В.В. Сазонов, М.А. Щербаков

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СИНГУЛЯРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

(Пензенский государственный университет)

### **Введение**

Цифровые изображения часто искажаются шумами, появляющимися на этапах их получения и/или передачи. Причинами возникновения шумов на цифровых изображениях могут быть сбои в каналах связи, шум видеосенсора и др. Одним из основных видов шумов является импульсный шум.

Целью работы являлось развитие возможностей ортогональной фильтрации импульсных шумов и помех в сигналах и изображениях. Данный подход не требует априорных сведений о характеристиках полезных сигналов и шумов.

Единственной априорной информацией в рамках данного метода является предположение о конечности интервала взаимной корреляции полезного сигнала и шумовой компоненты, определяемого исходя из характера физических особенностей рассматриваемой задачи. Данное положение имеет вполне определенную практическую предпосылку и является естественным теоретическим ограничением.

Поскольку величина связанных с импульсным шумом искажений, как правило, велика по сравнению с величиной полезного сигнала, импульсный шум после оцифровки, как правило, принимает экстремальные значения. В этом случае задача фильтрации импульсных помех состоит в обнаружении помехи и последующем исправлении искаженных значений амплитуды наблюдаемого сигнала [1].

Для подавления такого рода помех обычно используется медианная фильтрация [1,2]. В ее основе лежит упорядочение элементов изображения по возрастанию и выделение среднего члена полученного ряда. Медианная фильтрация является более эффективным средством подавления импульсных помех, чем обычное усреднение, так как позволяет сохранить четкость деталей изображения. Размер окна медианного фильтра должен быть выбран в два раза больше ширины импульса, что будет обеспечивать подавление одиночных импульсов. В случае слияния импульсов медианный фильтр не гарантирует их удаление. Для удаления таких помех размер маски фильтра должен быть увеличен. Однако это неизбежно приводит к размыванию границ деталей изображения. В результате такая фильтрация не только удаляет импульсные шумы, но и вносит искажения в истинные элементы изображения.

### **Модифицированный метод сингулярной фильтрации импульсных помех**

Теоретическое обоснование возможности использования ортогональной фильтрации импульсных шумов на основе сингулярного разложения были изложены авторами в [3]. Основным недостатком практической реализации дан-



ного подхода являлась невозможность одномоментного устранения последовательности импульсных «всплесков» на цифровом изображении. В связи с этим приходилось осуществлять дополнительные итерации.

Предлагаемый модифицированный метод сингулярной фильтрации импульсных помех предполагает решение данной задачи также в рамках естественных координат исследуемого процесса.

Пусть  $\mathbf{f} = [x_1, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n]$  - вектор исходных данных, искаженный аддитивной импульсной помехой  $\boldsymbol{\eta} = [0, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, 0, \dots, \Delta_i, \dots, 0]$ . Задачей фильтрации является восстановление  $\hat{\mathbf{f}}$  по наблюдаемым данным  $\mathbf{g}=\mathbf{f}+\boldsymbol{\eta}$ . Следует отметить, что вектор помехи  $\boldsymbol{\eta}$  содержит последовательный ряд импульсной компоненты.

Для статистического анализа матрицы наблюдаемых данных  $\tilde{\mathbf{X}}$ , построенной на основе вектора  $\mathbf{g}$ , воспользуемся ее SVD-разложением [4] вида

$$\tilde{\mathbf{X}} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{V}^T = \sum_{i=1}^2 \sigma_i \mathbf{u}_i \mathbf{v}_i^T, \quad (1)$$

где  $\mathbf{u}_i$  и  $\mathbf{v}_i$  - левый и правый сингулярные вектора матрицы  $\tilde{\mathbf{X}}$ , являющиеся ортонормированными столбцами матриц  $\mathbf{U}$  и  $\mathbf{V}$  соответственно;  $\sigma_i \geq 0$ ,  $\mathbf{S} = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2)$ .

Теперь  $\tilde{\mathbf{X}}$  можно представить в виде разложения

$$\tilde{\mathbf{X}} = \sigma_1 \tilde{\mathbf{X}}_1 + \sigma_2 \tilde{\mathbf{X}}_2 \quad (2)$$

где  $\tilde{\mathbf{X}}_i = \mathbf{u}_i \cdot \mathbf{v}_i^T$  - внешнее произведение столбца унитарной матрицы  $\mathbf{U}$  и соответствующего столбца унитарной матрицы  $\mathbf{V}^T$ .

В отличие от [3] алгоритм модифицированного SVD-фильтра предполагает двухэтапную процедуру удаления импульсных помех. На первом этапе преобразования (1, 2) подвергается каждый второй элемент вектора исходных значений  $\mathbf{f}_2 = [x_1, x_3, x_5, \dots, x_{n-2}, x_n]$ , с последующим приведением к исходным размерам. Это гарантирует на втором этапе фильтрации восстановленного вектора отсутствие «пачки» импульсных помех.

Предложенная модификация SVD-фильтра импульсных помех повышает качество восстановления искаженного изображения в силу отсутствия дополнительных итераций и значительно сокращает временные затраты.

На рис.1 приведен пример удаления импульсного шума с  $\sigma_{ш} = 0,4$  из изображения «Лена». Можно заметить, что оба SVD-фильтра (рис 1.г и 1.д) успешно восстановили исходное изображение, сохранив его контрастность и различимость мелких деталей. Причем предлагаемому методу при лучшей степени подавления помех потребовалась всего одна итерация. В то же время медианный фильтр при удовлетворительном качестве подавления помех внес значительные искажения в восстановленную картинку.

### Заключение

1. На основе модифицированного SVD-фильтра импульсных помех предложен алгоритм, позволяющий оптимизировать временные затраты на восстановление изображений.

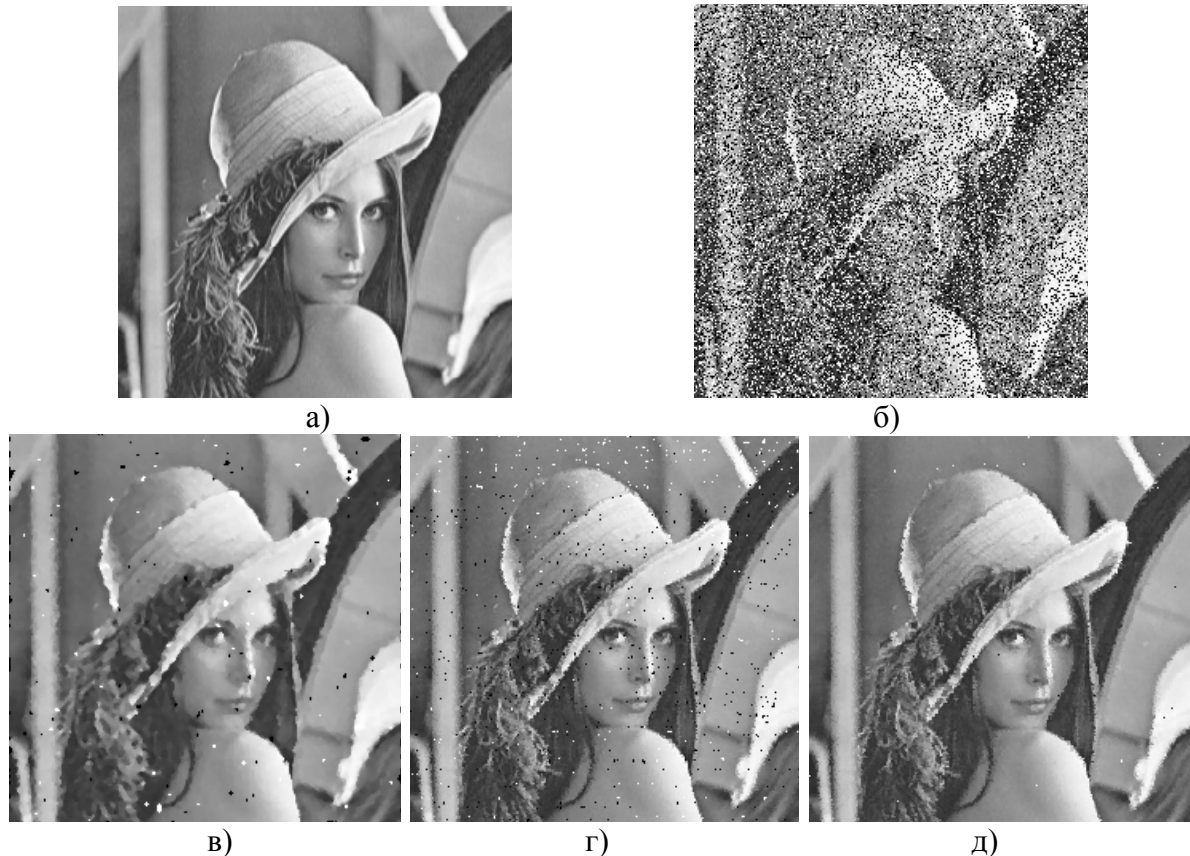


Рис.1 Пример удаления импульсного шума

а) исходное изображение; б) искаженное изображение ( $\sigma_w=0,4$ ); в) после медианного фильтра; г) результат SVD-фильтра [3] после 3 итераций; д) результат модифицированного SVD-фильтра после 1 итерации

2. Приведенный пример иллюстрирует качество SVD-фильтрации импульсных помех в цифровой обработке изображений.

3. Результатом дальнейших исследований является разработка экспресс-алгоритмов подавления шумов, оптимизированных по временным затратам.

### Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005. - 1072 с.

2. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. - М.: Сов.радио, 1979. - 312 с.

3. Сазонов В.В., Щербаков М.А. Сингулярная фильтрация импульсных помех в сигналах и изображениях. // Инновационные информационные технологии: Труды междунар. науч.-практ. конф. - М.: МИЭМ, 2012. С.307-309.

4. Форсайт Дж., Молер К. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1969.