



Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова
физический факультет, лаборатория
«Цифровые цепи и сигналы»

Научно-технический семинар
«Современные задачи цифровой обработки
изображений»
08.10.2011,
Ярославль, Россия

Современные проблемы в области фильтрации
цифровых изображений

Волохов Владимир, e-mail: volokhov@piclab.ru

План презентации

- Суть задачи фильтрации цифровых изображений
- Классификация современных методов фильтрации цифровых изображений
- Анализ главных компонент. Построение алгоритма фильтрации аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ) на основе анализа главных компонент. Результаты работы алгоритма
- Использование алгоритмов фильтрации АБГШ в различных задачах цифровой обработки изображений

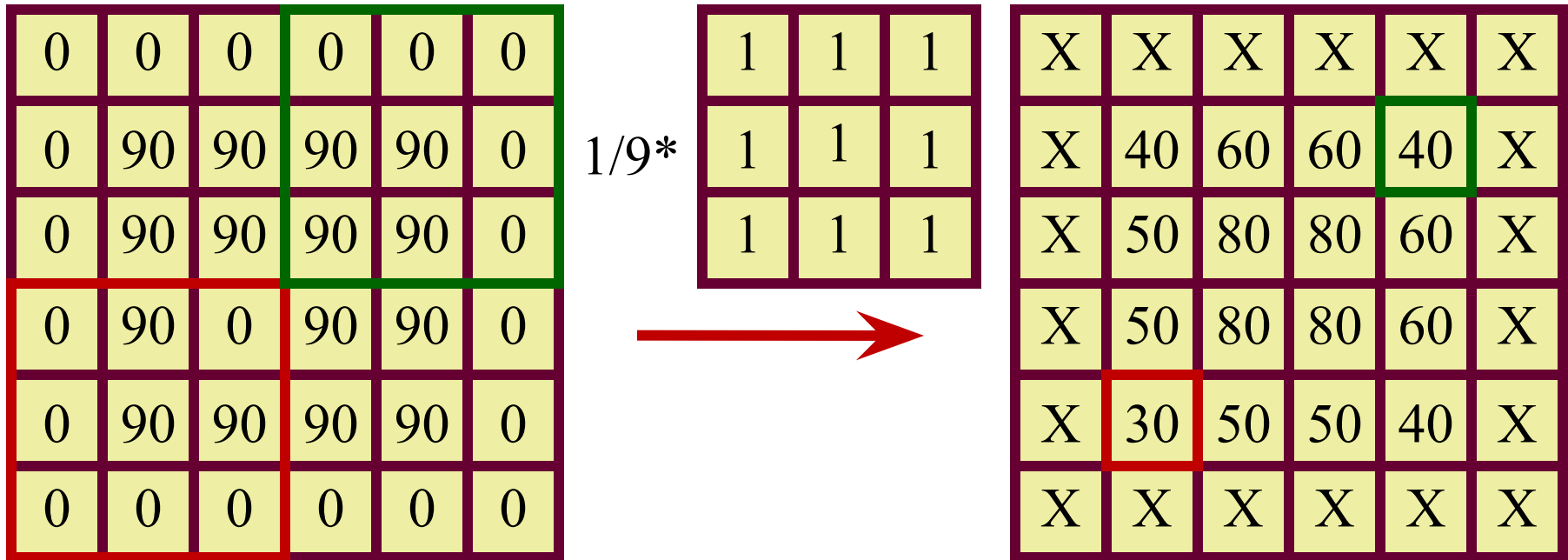
Общая суть задачи фильтрации изображений и возможные варианты ее решения

- Разработка и анализ алгоритмов, предназначенных для удаления шумов из цифровых изображений, с целью улучшения субъективных и объективных оценок качества картинки. *Здесь и далее модель шума – АБГШ*
-
- В работе были проанализированы методы, результаты и подходы алгоритмов фильтрации изображений на базе:
 - Локальных методов обработки
 - Нелокальных методов обработки
 - Поточечных методов обработки
 - Многоточечных методов обработки

Анализ современных подходов удаления АБГШ из цифровых изображений

- Подробный анализ рассматриваемых алгоритмов фильтрации цифровых изображений может быть найден в следующих работах:
 - Katkovnik V., Foi A., Egiazarian K., Dabov K. From local kernel to nonlocal multiple-model image denoising // Int. J. Computer Vision, 2010. V. 86, № 8. P. 1 – 32
 - Dabov K. Image and video restoration with nonlocal transform-domain filtering. PhD thesis, Tampere University of Technology, 2010
-
- Классификация рассматриваемых алгоритмов фильтрации цифровых изображений соответствует работе:
 - Katkovnik V., Foi A., Egiazarian K., Dabov K. From local kernel to nonlocal multiple-model image denoising // Int. J. Computer Vision, 2010. V. 86, № 8. P. 1 – 32

Локальные методы обработки

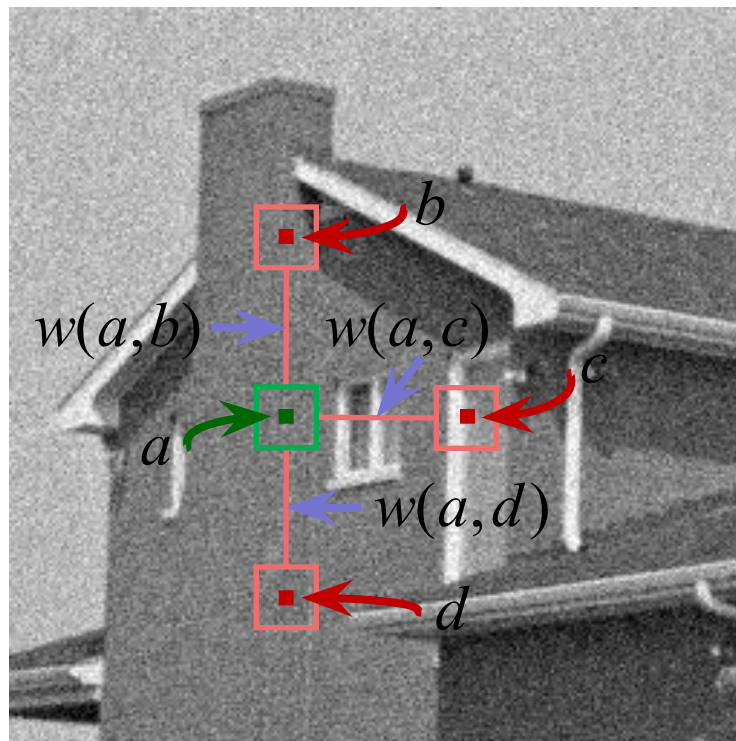


- Итоговая оценка пикселя: $\hat{x}(i) = \sum_j w(i, j)y(j)$

- Nadaraya E. A. On estimating regression // Theory Probab. Applic., 1964. V. 9. P. 141 – 142

- Watson G. S. Smooth regression analysis // Sankhya Ser., 1964. V. 26. P. 356 – 372

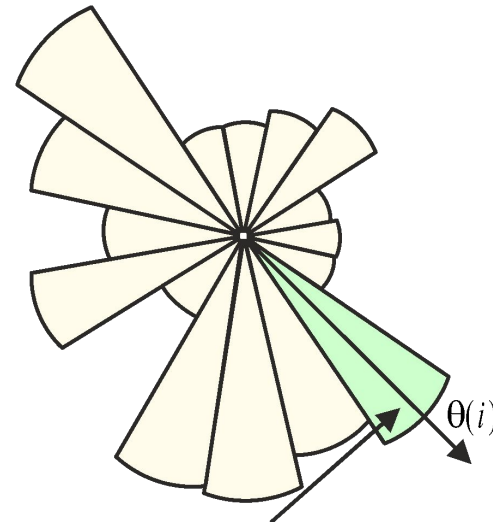
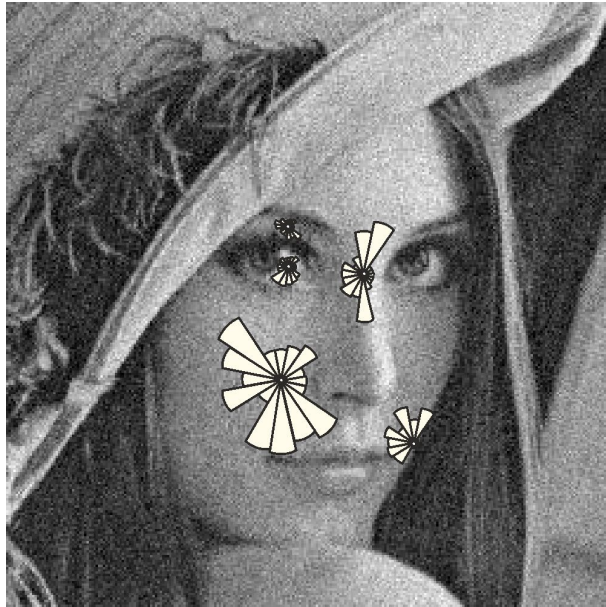
Нелокальные методы обработки



- Итоговая оценка пикселя:
$$\hat{x}(i) = \sum_j w(i, j) y(j)$$

- Buades A., Coll B., Morel J. M. Nonlocal image and movie denoising // Int. J. Computer Vision, 2008. V. 76, № 2. P. 123 – 139

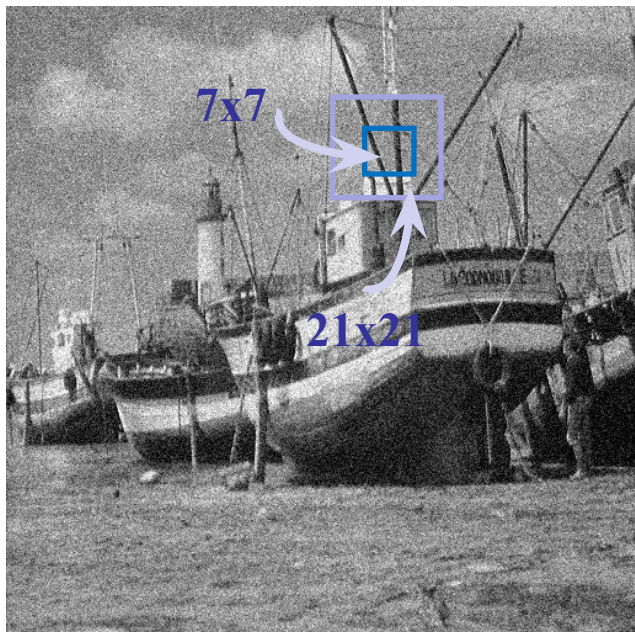
Поточечные методы обработки



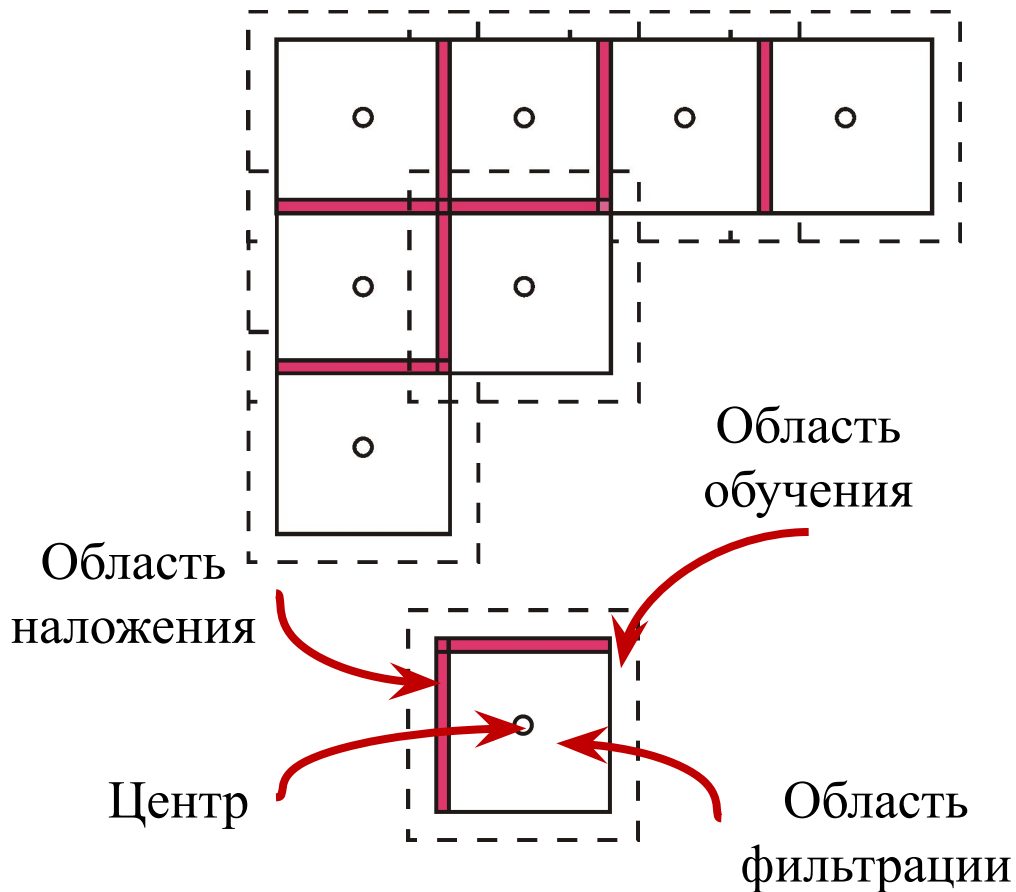
направленное окно с
адаптивным размером

- Katkovnik V., Foi A., Egiazarian K., Astola J. Directional varying scale approximations for anisotropic signal processing // Proc. XII European Signal Processing Conf., 2004. P. 101 – 104
- Foi A. Anisotropic nonparametric image processing: theory, algorithms and application. PhD thesis, Politecnico di Milano, 2005

Многоточечные методы обработки



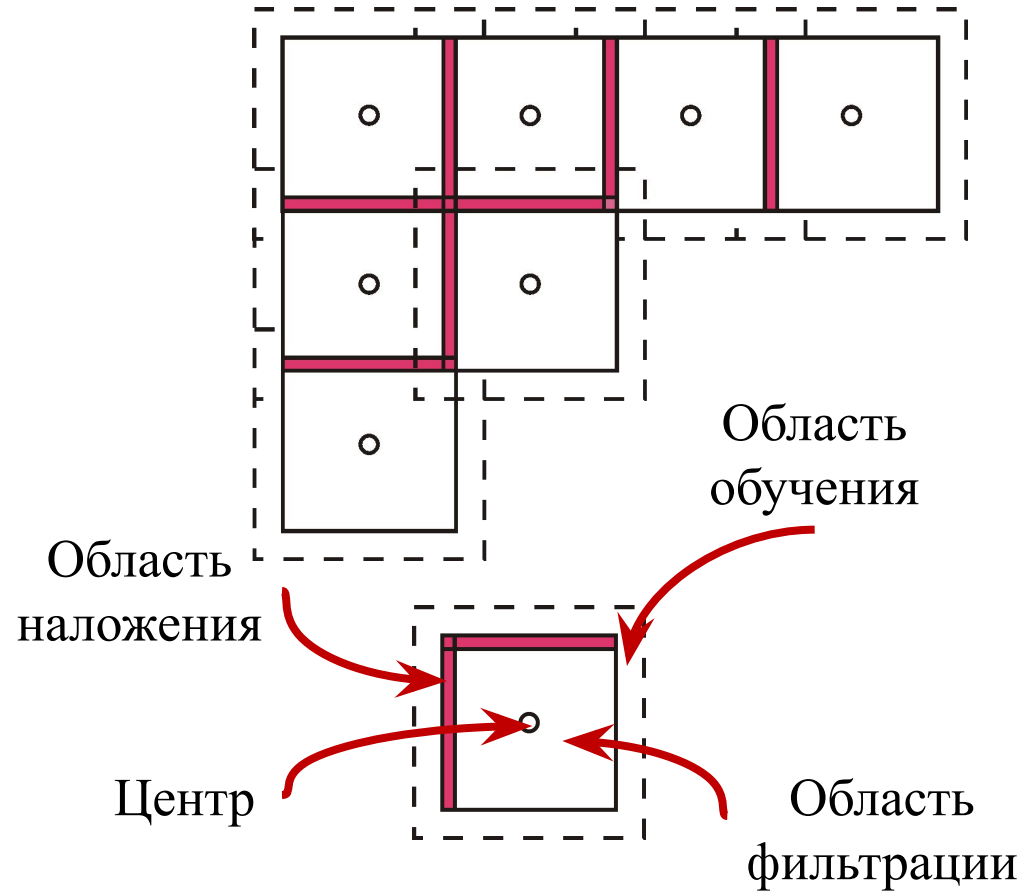
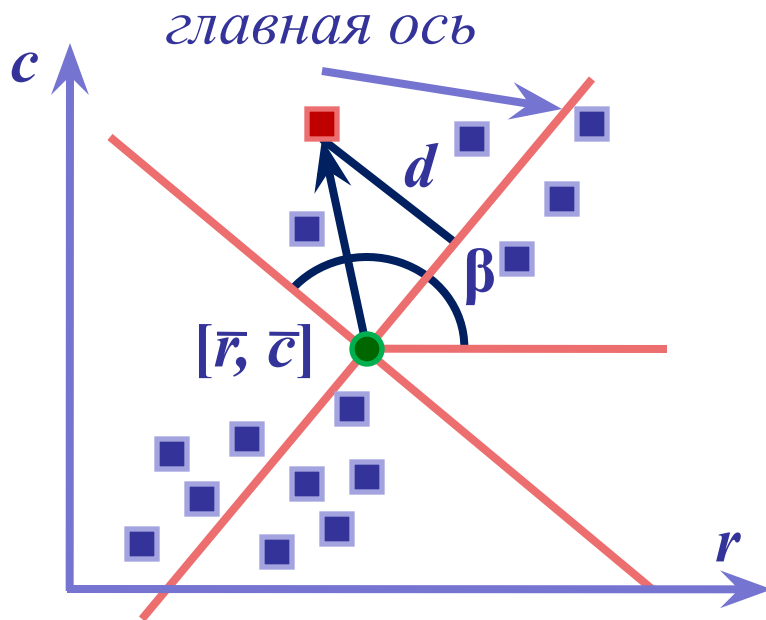
Внутри области обучения
набираем векторы обучения
размера 5x5, всего 289 штук:



- Muresan D. D., Parks T. W. Adaptive principal components and image denoising // Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2003. V. 1. P. 101 – 104

Адаптивный анализ главных компонент

- Анализ главных компонент.
Основная идея!

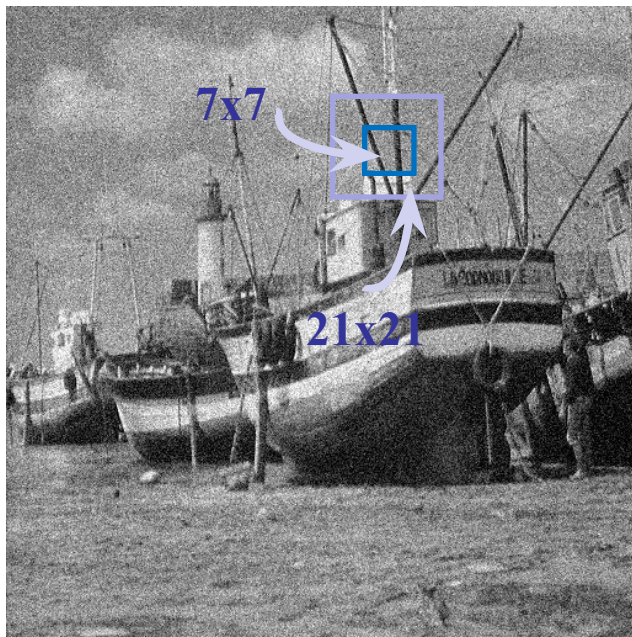


- Muresan D. D., Parks T. W. Adaptive principal components and image denoising // Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2003. V. 1. P. 101 – 104

Адаптивный анализ главных компонент

- **Шаг 1.** Оценка дисперсии шума на зашумленном изображении:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\text{Медиана}(ДВК_1)}{0,6745}, \quad ДВК_1 \text{ — диагональные вейвлет-коэффициенты первого уровня вейвлет-разложения}$$



Внутри области обучения набираем векторы обучения размера 5x5, всего 289 штук:



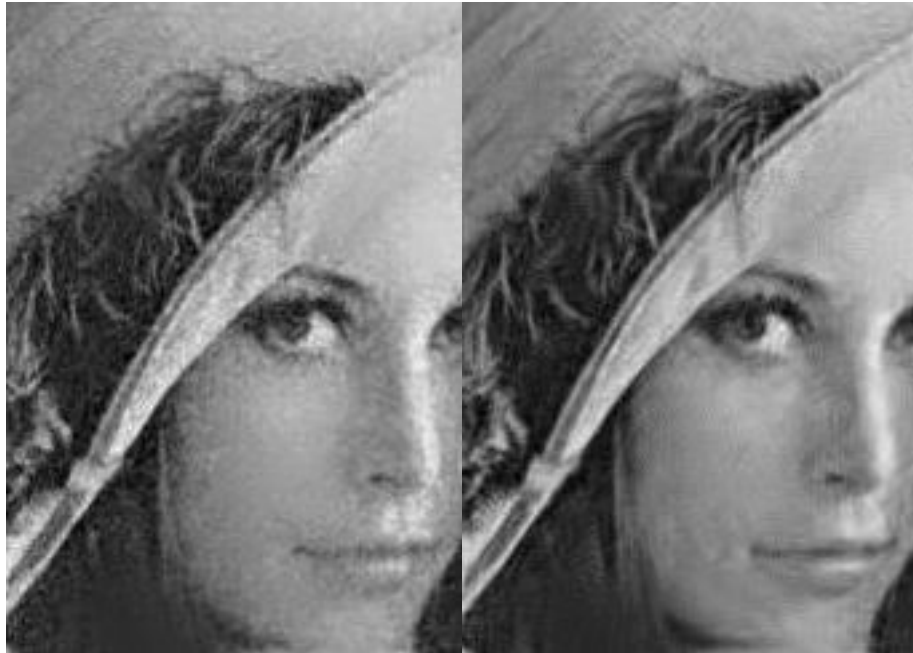
- **Шаг 2.** Разбиение зашумленного изображения на совокупность перекрывающихся блоков и формирование для каждого из них базиса главных компонент

- **Шаг 3.** Представление каждого из блоков с использованием базиса главных компонент и обработка полученных трансформант

$$\hat{x}_{li}^I = \frac{\sigma_l^2}{\sigma_l^2 + \sigma^2} \cdot y_{li}^I, \quad \hat{\sigma}_l^2 = \max \left[0, \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (y_{li}^I)^2 - \sigma^2 \right] \quad (1)$$

- **Шаг 4.** Обратное преобразование и наложение блоков с перекрытием

Адаптивный анализ главных компонент. Пример обработки изображений



2x2

5x5

Размер векторов обучения



2x2

5x5

- **Плюсы:** Адаптация к исходному множеству данных
- **Минусы:** При больших размерах векторов обучения возникают артефакты в локальных областях изображения, при малых плохо давится шум в области границ изображения

Предлагаемый метод. Основная идея!

- Применение двухэтапной схемы восстановления цифрового изображения из зашумленных данных
 - **Этап 1.** Формирование *первичной* или «грубой» оценки цифрового изображения на основе адаптивного анализа главных компонент
 - **Этап 2.** Формирование *вторичной* или «точной» оценки цифрового изображения на основе использования оптимальной винеровской фильтрации проводимой в области анализа главных компонент с использованием первичной оценки цифрового изображения
-
- Dabov K. et al. Image denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering // IEEE Trans. Image Processing, 2007. V. 16, № 12. P. 2080 – 2095

Оптимальная винеровская фильтрация в области анализа главных компонент

- Формирование *вторичной или «точной» оценки* изображения
- **Шаг 1.** Разбиение зашумленного изображения и первичной или «грубой» оценки изображения на совокупность перекрывающихся блоков и формирование для каждого из них базиса главных компонент. *Размер областей обучения, наложения, фильтрации, а также векторов обучения выбирается отличным от этапа 1, получения первичной оценки изображения*
- **Шаг 2.** Выполнение винеровской фильтрации в области анализа главных компонент

$$\hat{x}_{li}^{\Pi} = \frac{|z_{li}^{\Pi}|^2}{|z_{li}^{\Pi}|^2 + \sigma^2} \cdot y_{li}^{\Pi}, \quad z_{li}^{\Pi} \text{ и } y_{li}^{\Pi} - \text{значения сформированные на основе первичной оценки изображения и зашумленного изображения, соответственно} \quad (2)$$

- **Шаг 3.** Обратное преобразование и наложение блоков с перекрытием

Пример первичной и вторичной оценок исходного изображения



Исходное
изображение



Зашумленное
изображение,
ПОСШ = 20,15 дБ



Первичная
оценка,
ПОСШ = 30,63 дБ



Вторичная оценка,
ПОСШ = 31,65 дБ

Визуальные результаты работы алгоритма



Исх. изображение
«Лена»



Зашум. изображение,
ПОСШ=20,15 дБ



Курвлет-преобразование,
ПОСШ=30,39 дБ



Нелок. усреднение,
ПОСШ=30,35 дБ

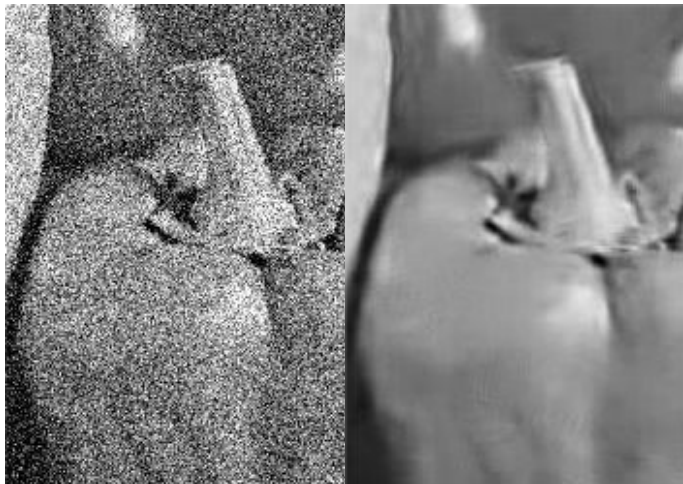


Блоко-согласование и
3D фильтрация,
ПОСШ=32,06 дБ

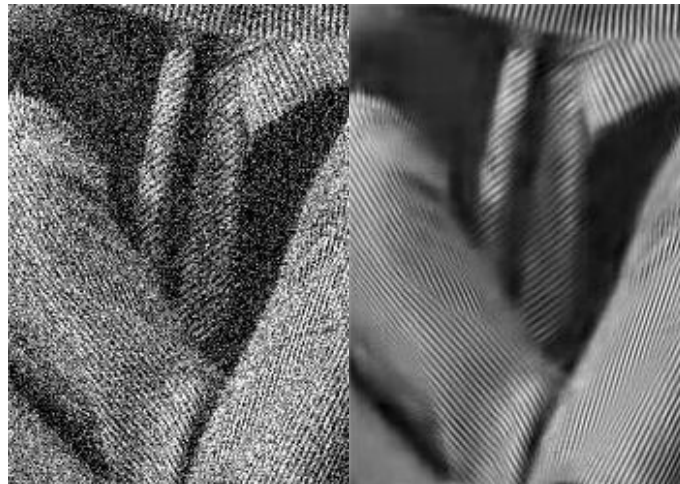


Предложенный метод,
ПОСШ=31,65 дБ

Визуальные результаты работы алгоритма при больших степенях зашумления (ПОСШ = 14,74 дБ)



«Перцы», ПОСШ = 27,54 дБ



«Барбара», ПОСШ = 26,01 дБ

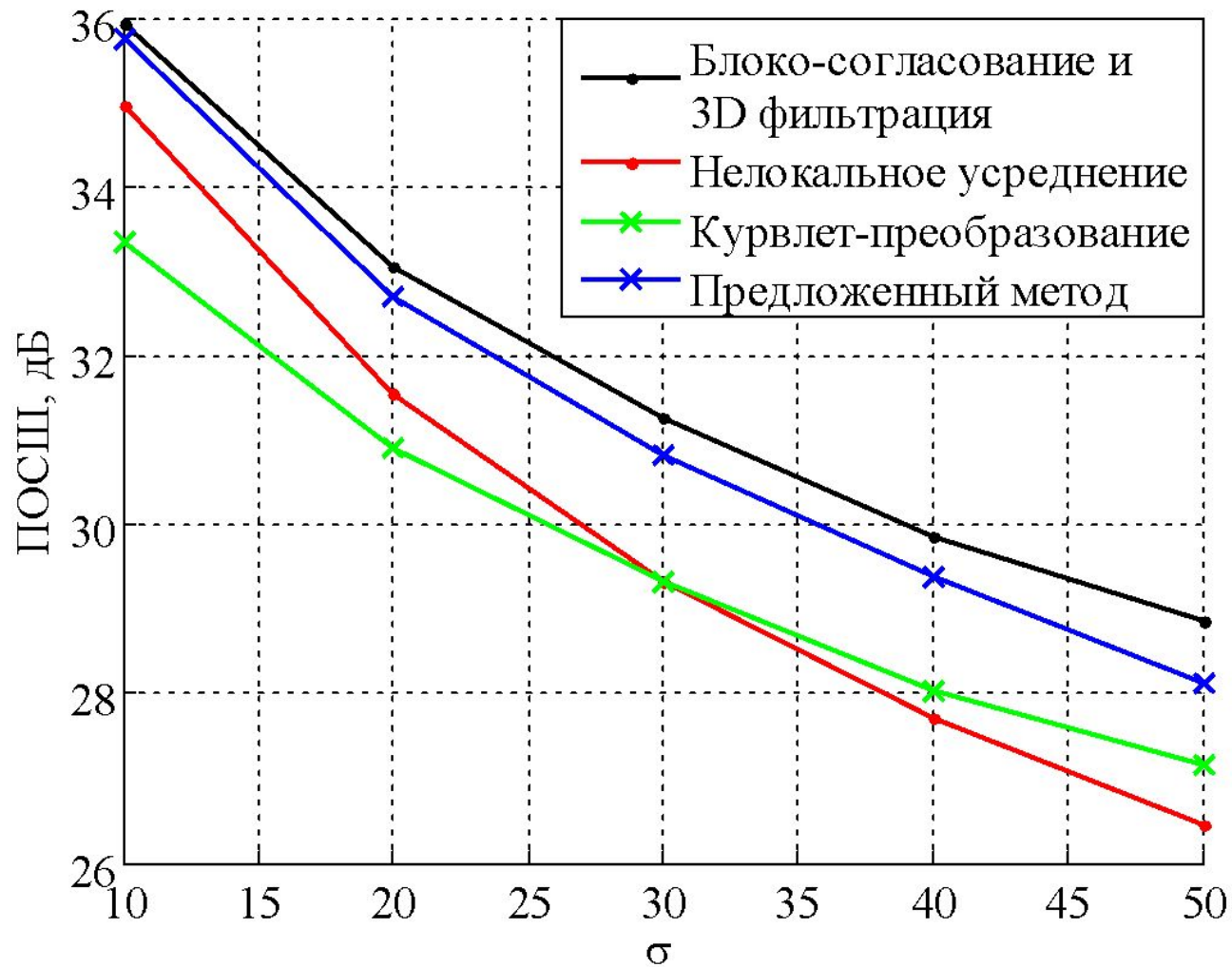


«Фотограф», ПОСШ = 24,07 дБ

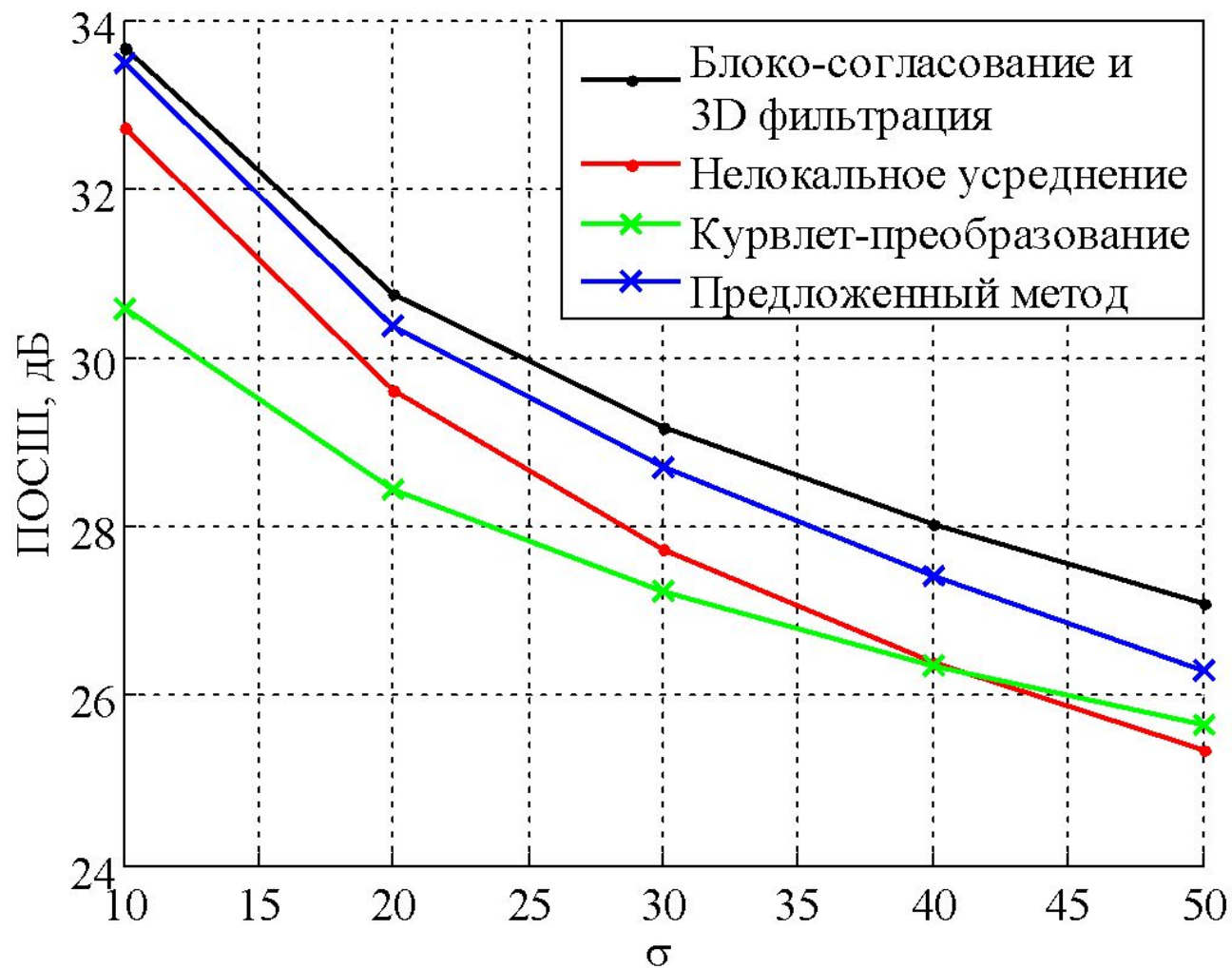


«Лодка», ПОСШ = 25,79 дБ

Результаты работы рассматриваемого алгоритма (тестовое изображение «Лена»)



Результаты работы рассматриваемого алгоритма (тестовое изображение «Холм»)



Дополнительные приложения рассматриваемого алгоритма. Фильтрация цветных изображений

- Модель шума: АБГШ независимо подмешанный в каждый канал



Дополнительные приложения рассматриваемого алгоритма. Фильтрация смешанных шумов

- Модель смешанного шума: $y = x + (\sigma_1 + \sigma_2 x)n$, $n = N(0;1)$



«Барбара», ПОСШ = 14,81 дБ



«Барбара», ПОСШ = 25,02 дБ

-
- Hirakawa K., Parks T. W. Image denoising using total least squares // IEEE Trans. Image Processing, 2006. V. 15, № 9. P. 2730 – 2742

Дополнительные приложения рассматриваемого алгоритма. Удаление артефактов блочности



«Фотограф», ПОСШ = 25,02 дБ



«Фотограф», ПОСШ = 25,85 дБ

- Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K. Pointwise shape-adaptive DCT for high-quality denoising and deblocking of grayscale and color images // IEEE Trans. Image Processing, 2007. V. 16, № 5. P. 1395 – 1411

Благодарности

- В работе использовались результаты и методы следующих научных статей:
- Starck J. L., Emmanuel J., Candes E., Donoho D. The curvelet transform for image denoising // IEEE Trans. Image Processing, 2002. V. 11, № 6. P. 670 – 684
- Muresan D., Parks T. W. Adaptive principal components and image denoising // IEEE Int. Conf. Image Processing, 2003. V. 1, P. 101 – 104
- Buades A., Coll B., Morel J. M. A non-local algorithm for image denoising // Proc. IEEE Comp. Soc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. V. 2. P. 60 – 65
- Dabov K. et al. Image denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering // IEEE Trans. Image Processing, 2007. V. 16, № 12. P. 2080 – 2095
- ...