

УДК 621.391

МЕТОД ПОДАВЛЕНИЯ ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИИ В ОБОБЩЕННОМ ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ С УЛУЧШЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

П. Ю. КОСТЕНКО, В. В. СЛОБОДЯНЮК, И. Л. КОСТЕНКО

*Харьковский национальный университет Воздушных Сил,
Украина, Харьков, 61023, ул. Сумская 77/79*

Аннотация. В статье предложен нелокальный метод подавления аддитивного шума на цифровом изображении, основанный на представлении изображения в матричном фазовом пространстве и использовании нетрадиционных методов многомерного статистического анализа, а именно — технологии суррогатных данных, которая позволяет из единственного снимка формировать псевдоансамбль «суррогатных» изображений с дальнейшим их усреднением. Данный подход основан на свойствах когерентного накопления сигнальной составляющей наблюдения и некогерентного накопления его шумовой компоненты по мере увеличения ансамбля наблюдений, что позволяет частично разрешить противоречие между уровнем подавления шумов и искажением или потерей малоразмерных деталей на изображении (снижение пространственной разрешающей способности). Проведено имитационное моделирование предложенного метода обобщенной SDT-фильтрации шума с использованием пакетов прикладных программ MathCad и Matlab. Выполнен сравнительный анализ пространственной разрешающей способности предложенного и некоторых известных методов подавления шума с использованием критерия разрешение–измерение и модифицированного критерия Релея. Показано, что предложенный метод демонстрирует лучшую пространственную разрешающую способность по сравнению с наиболее распространенными методами подавления шума, что подтверждается результатами имитационного моделирования.

Ключевые слова: аддитивный шум; шумоподавление; фазовое пространство; пространственная разрешающая способность; технология суррогатных данных

ВВЕДЕНИЕ

Подавление (фильтрация) шума является одной из классических задач обработки изображений. Эффективность ее решения зависит от выбранного метода шумоподавления и обусловливается уровнем остаточного шума, степенью сглаживания мелких деталей и присутствием артефактов на изображении. Главная цель любого метода — уменьшить уровень шума в изображениях и одновременно сохранить его мелкие детали.

Эта задача для оригинала цифрового изображения, искаженного аддитивным шумом,

может решаться с использованием двух подходов. При реализации первого подхода выполняется обработка пикселей изображения из малой окрестности пикселя, подлежащего коррекции (локальная обработка). Например, сглаживание по Гауссу, анизотропная фильтрация, фильтрация Винера, пороговая вейвлет-обработка, и др. Второй подход основан на нелокальном весовом усреднении NLM (non-local means) [1, 2] пикселей, принадлежащих различным участкам изображения, подобным окрестности пикселя, в котором устраняется шум.

Оба подхода (первый в большей степени) приводят одновременно, как к уменьшению

DOI: [10.20535/S0021347019070045](https://doi.org/10.20535/S0021347019070045)

© П. Ю. Костенко, В. В. Слободянюк, И. Л. Костенко, 2019

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Buades, A.; Coll, B.; Morel, J.-M. "A non-local algorithm for image denoising," *Proc. of 2005 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR'05*, 20-25 June 2005, San Diego, USA. IEEE, 2005, Vol. 2, p. 60-65. DOI: [10.1109/CVPR.2005.38](https://doi.org/10.1109/CVPR.2005.38).
2. Soto, M. A.; Ramirez, J. A.; Thevenaz, L. "Optimizing image denoising for long-range Brillouin distributed fiber sensing," *J. Lightwave Technology*, Vol. 36, No. 4, p. 1168-1177, Feb. 2018. DOI: [10.1109/JLT.2017.2750398](https://doi.org/10.1109/JLT.2017.2750398).
3. Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. *Digital Image Processing*, 2nd ed. Prentice Hall, 2002.
4. Грузман, И. С.; Киричук, В. С. *Цифровая обработка изображений в информационных системах*. Новосибирск: НГТУ, 2002.
5. Эфрон, Б. *Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа*. Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1988.
6. Костенко, П. Ю.; Слободянюк, В. В.; Плахотенко, А. В. "Метод фильтрации изображений с использованием сингулярного разложения и технологии суррогатных данных," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 59, № 9, С. 36–45, 2016. DOI: [10.20535/S0021347016090041](https://doi.org/10.20535/S0021347016090041).
7. Костенко, П. Ю.; Васишин, В. И. "Технология формирования суррогатных данных с использованием метода SSA для повышения эффективности спектрального анализа сигналов," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 58, № 8, С. 25–32, 2015. DOI: [10.20535/S0021347015080038](https://doi.org/10.20535/S0021347015080038).
8. Pirondini, E.; Vybornova, A.; Coscia, M.; Van De Ville, D. "A spectral method for generating surrogate graph signals," *IEEE Signal Processing Lett.*, Vol. 23, No. 9, p. 1275-1278, Sept. 2016. DOI: [10.1109/LSP.2016.2594072](https://doi.org/10.1109/LSP.2016.2594072).
9. Рабинович, М. И.; Фабрикант, А. Л.; Цимринг, Л. Ш. "Конечномерный пространственный беспорядок," *Успехи физических наук*, Т. 162, № 8, С. 1–42, 1992. DOI: [10.3367/UFNr.0162.199208a.0001](https://doi.org/10.3367/UFNr.0162.199208a.0001).
10. Gershman, A. B.; Bohme, J. F. "Improved DOA estimation via pseudorandom resampling of spatial spectrum," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 4, No. 2, p. 54-57, Feb. 1997. DOI: [10.1109/97.554472](https://doi.org/10.1109/97.554472).
11. Ширман, Я. Д. *Разрешение и сжатие сигналов*. М.: Сов. радио, 1974.

Поступила в редакцию 08.04.2019

После доработки 08.05.2019

Принята к публикации 21.06.2019