

УДК 621.391

МЕРА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРАЦИИ ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

П. Ю. КОСТЕНКО, В. В. СЛОБОДЯНЮК, К. С. ВАСЮТА, В. И. ВАСИЛИШИН

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

Аннотация. В статье предложена новая численная мера оценки качества фильтрации аддитивного белого гауссовского шума на цифровых изображениях, основанная на анализе близости разностного изображения к белому шуму. Часто такой анализ проводят визуально, что приводит к нежелательному субъективизму. С целью уменьшения влияния субъективизма на оценку качества фильтрации в статье проведен численный анализ разностного изображения с использованием свойств непараметрической BDS-статистики, которая применяется для анализа временной последовательности при проверке гипотезы о независимости и тождественном распределении ее значений. Рассматриваемая статистика может служить мерой качества различных методов фильтрации зашумленных изображений и дополняет арсенал известных мер качества изображений, используемых на практике, например, таких как PSNR, MSE и SSIM. Известно, что хорошее качество фильтрации изображения, с точки зрения этих мер, не всегда соответствует лучшему качеству фильтрации с точки зрения его визуального восприятия. Показано, что мера, использующая значения BDS-статистики, демонстрирует большую чувствительность к структурированности (зависимости) элементов разностного изображения, обусловленной выбранным методом фильтрации. С использованием моделирования алгоритмов фильтрации изображений, реализующих методы локальной и нелокальной фильтрации, проведен сравнительный анализ их качества, основанный на использовании BDS-статистики.

Ключевые слова: изображение; аддитивный шум; фильтрация; оценка качества; фазовое пространство; BDS-статистика

ВВЕДЕНИЕ

Задача фильтрации (подавление шума на изображениях) является одной из классических задач обработки изображений. К шумам цифровых изображений могут быть отнесены гауссовский, пуассоновский, райсовский, спекл-шум, и шум «соль-и-перец». По способу искажения изображения различают аддитивный, мультипликативный и импульсный шум.

В то же время, на изображениях, после применения различных методов фильтрации, не редко наблюдаются артефакты и остаточные шумы, затрудняющие их визуальное восприятие и интерпретацию. Разработка методов

обработки и улучшения изображения приводит к появлению новых критериев оценки качества изображения.

Качество обработки зашумленного оригинального изображения может рассматриваться как характеристика самого изображения и определяться его собственными свойствами: статистическими, семантическими, структурными. Соответствующие критерии качества являются или субъективными, при визуальной (экспертной) оценке качества изображений, или опираются на объективные численные меры характеристик изображения (признаки):

DOI: [10.20535/S0021347020040032](https://doi.org/10.20535/S0021347020040032)

© П. Ю. Костенко, В. В. Слободянюк, К. С. Васюта, В. И. Василишин, 2020

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О.В.Ошаровская, «Оценка показателей качества ТВ изображений. Сборник научных трудов «Цифровые технологии», № 19, 2016[Online]. URL: <https://ojs.onat.edu.ua/index.php/digitech/article/view/96>.
2. R. C. (University of T. Gonzalez and R. E. (MedData I. Woods, *Digital Image Processing*, 4th ed. Pearson, 2018.
3. M. A. Soto, J. A. Ramirez, and L. Thevenaz, "Optimizing Image Denoising for Long-Range Brillouin Distributed Fiber Sensing," *J. Light. Technol.*, vol. 36, no. 4, pp. 1168-1177, Feb. 2018, doi: [10.1109/JLT.2017.2750398](https://doi.org/10.1109/JLT.2017.2750398).
4. A. Buades, B. Coll, and J. M. Morel, "A non-local algorithm for image denoising," in *Proceedings - 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2005*, 2005, vol. II, pp. 60-65, doi: [10.1109/CVPR.2005.38](https://doi.org/10.1109/CVPR.2005.38).
5. A. Buades, B. Coll, and J. M. Morel, "Nonlocal image and movie denoising," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 76, no. 2, pp. 123-139, Feb. 2008, doi: [10.1007/s11263-007-0052-1](https://doi.org/10.1007/s11263-007-0052-1).
6. А.С.Лукин, М.В.Сторожилова, and Д. В. Юрин, "Методы анализа качества фильтрации шума на изображениях компьютерной томографии," in *Труды 15-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (DSPA '2013)*, 2013, pp. 85-88, Accessed: 05-Apr-2020. [Online]. Available: <https://imaging.cs.msu.ru/ru/publication?id=263>.
7. В.И.Василишин, "Адаптивный вариант технологии суррогатных данных для повышения эффективности спектрального анализа сигналов собственноструктурными методами," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, vol. 58, no. 3, pp. 26-39, Mar. 2015, doi: [10.20535/s0021347015030036](https://doi.org/10.20535/s0021347015030036).
8. E. Pirondini, A. Vybornova, M. Coscia, and D. Van De Ville, "A Spectral Method for Generating Surrogate Graph Signals," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 9, pp. 1275-1278, Sep. 2016, doi: [10.1109/LSP.2016.2594072](https://doi.org/10.1109/LSP.2016.2594072).
9. M. Small, *Applied Nonlinear Time Series Analysis: Applications in Physics, Physiology and Finance*, vol. 52. WORLD SCIENTIFIC, 2005.
10. П.Ю.Костенко, В.В.Слободянюк, and А.В.Плахотенко, "Метод фильтрации изображений с использованием сингулярного разложения и технологии суррогатных данных," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, vol. 59, no. 9, p. 36, Sep. 2016, doi: [10.20535/s0021347016090041](https://doi.org/10.20535/s0021347016090041).
11. П.Ю.Костенко, В.В.Слободянюк, and И.Л.Костенко, "Метод подавления шума на изображении в обобщенном фазовом пространстве с улучшенным показателем пространственной разрешающей способности," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, vol. 62, no. 7, pp. 443-452, Jul. 2019, doi: [10.20535/s0021347019070045](https://doi.org/10.20535/s0021347019070045).
12. L. Kanzler, "Very Fast and Correctly Sized Estimation of the BDS Statistic," *SSRN Electron. J.*, Aug. 2005, doi: [10.2139/ssrn.151669](https://doi.org/10.2139/ssrn.151669).

Поступила в редакцию 29.03.2018

После доработки 05.04.2020

Принята к публикации 12.04.2020