

К. т. н. А. В. САДЧЕНКО, О. А. КУШНИРЕНКО, к. т. н. А. В. ТРОЯНСКИЙ, Ю. А. САВЧУК\*

Украина, Одесский национальный политехнический университет, \*ГП НИИ «Шторм»  
E-mail: koa@onu.ua

## АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

*Рассмотрены особенности применения алгоритмов медианной фильтрации для очистки от импульсного шума черно-белых и цветных изображений, полученных с оптических преобразователей, в состав которых входит матрица на основе приборов с зарядовой связью. Установлено, что использование набора из нескольких медианных фильтров с переменной апертурой позволяет добиться лучшей субъективной резкости и более высокого коэффициента корреляции между восстановленным изображением и незашумленным, чем известные аналогичные алгоритмы. Использование разработанного алгоритма позволит повысить вероятность правильного распознавания символьной и графической информации на восстановленных изображениях, например, в задачах распознавания автомобильных номеров и лиц людей в условиях плохой видимости или слабой освещенности.*

*Ключевые слова:* медианный фильтр, усредняющее окно, апертура фильтра, коэффициент корреляции.

Присутствие импульсного шума на изображениях ухудшает визуальное восприятие и существенно снижает вероятность правильной идентификации в задачах распознавания образов. В качестве объектов для анализа могут выступать, например, номера автомобилей, лица людей, текстовая информация и т. д. Основным компонентом, преобразующим оптическое изображение в цифровую форму, является набор светочувствительных элементов, конструктивно объединенных на одном кристалле в виде единой матрицы. Самая распространенная технология реализации элементов светочувствительных матриц носит название ПЗС, или «прибор с зарядовой связью», а сами матрицы называются ПЗС-матрицами. Таким образом, основным источником «цифрового шума» на оцифрованном изображении являются шумы преобразования ПЗС-матрицы [1], а также внутренние шумы аналоговой электроники цифровой камеры.

Наиболее эффективными и простыми методами борьбы с импульсными помехами с точки зрения практической реализации [2, 3] являются медианные фильтры. В [4, 5] проведена экспериментальная проверка качества работы медианных фильтров с различной фиксированной апертурой и доказана их эффективность при изменяющемся уровне флуктуационных помех, однако предложенные алгоритмы не адаптированы для обработки изображений с импульсным шумом. Основным недостатком большинства алгоритмов обработки зашумленных изображений заключается в том, что они построены без учета неравномерности уровня шума в различных областях изображения.

В [6] рассматривается близкая к идеологии данного исследования адаптивная медианная фильтрация с возможностью подстройки параметров филь-

тра под конкретную помеховую ситуацию, при этом очевидно, что полученные в работе результаты могут быть улучшены, например, за счет объединения откликов нескольких фильтров в один массив данных.

Хорошие результаты очистки изображения от шума на основе элементов нейронной сети, обрабатывающей сигнал с применением алгоритмов нелинейной диффузии, получены в [7—9]. К недостатку данного подхода можно отнести очень высокую вычислительную сложность и необходимость большого числа итераций для обучения фильтров, реализующих нелинейную диффузию.

Целью данной работы является улучшение качественных показателей, таких как резкость и коэффициент корреляции, очищенного от импульсного шума изображения, которое предназначено для автоматизированного распознавания, с помощью алгоритма адаптивной медианной фильтрации.

### Суть медианной фильтрации импульсного шума на изображении

Медианные фильтры с одинаковым успехом применяются для снижения интенсивности импульсного шума как цветных, так и черно-белых изображений [10, 11].

Импульсный шум на черно-белом изображении проявляется как отдельные хаотические пиксели с большим отличием яркости от усредненного в окне  $N \times N$  значения, а в случае цветного изображения — в виде отдельных пикселей случайного цвета. При этом анализ цветного изображения сводится к анализу черно-белого после разделения его на монохромные каналы красного, зеленого и синего цветов. Суть алгоритма медианной фильтрации [12] за-

ключается в замене значения центрального пикселя в скользящем «окне усреднения» на значение среднего элемента упорядоченного массива пикселей.

Окно усреднения в литературе называется апертурой, и в случае медианной фильтрации может принимать значения  $[3 \times 3]$ ,  $[5 \times 5]$ ,  $[7 \times 7]$  и т. д. Наиболее часто используемые размеры апертур для снижения уровня импульсного шума —  $[3 \times 3]$  и  $[5 \times 5]$ , поскольку большие размеры окон приводят к потере качества изображения. Главное достоинство этого алгоритма — простота технической реализации благодаря отсутствию арифметических операций умножения, а также эффективное удаление отдельных элементов, амплитуда которых намного больше, чем соседних пикселей.

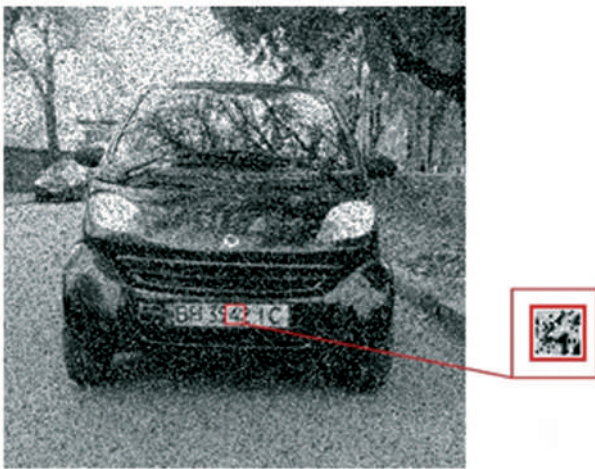


Рис. 1. Изображение автомобиля при наличии импульсного шума с дисперсией  $\sigma^2 = 0,2$  с увеличенным фрагментом, попадающим в апертуру медианного фильтра

Рассмотрим стандартный алгоритм медианной фильтрации [13] в окне  $[3 \times 3]$  применительно к изображению на рис. 1, на котором присутствует импульсный шум с дисперсией  $\sigma^2 = 0,2$ . На рис. 2 приведены соответствующие выделенному на рис. 1 фрагменту изображения массивы выборок в градациях серого до и после медианной фильтрации

На рис. 3 показаны этапы формирования сигнала на выходе медианного фильтра с апертурой  $[3 \times 3]$ . Для определенности предположим, что окно фильтра имеет центр на пересечении 13-й строки и 4-го столбца. Поскольку центральный элемент имеет нулевую яркость, а большинство соседних пикселей существенно отличаются по амплитуде, можно предположить, что он представляет собой элемент импульсного шума.

На шаге 1 (рис. 3, а) массив  $[3 \times 3]$  преобразуется в строку 1 из 9 элементов следующим образом:

$$I = [m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, m_{31}, m_{32}, m_{33}] =$$

$$= [i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7, i_8, i_9] =$$

$$= [207, 117, 255, 208, 0, 0, 199, 118, 44].$$

На шаге 2 (рис. 3, б) происходит сортировка строки 1 в порядке возрастания амплитуды выборок:

$$J = [\min(i_1, i_2, \dots, i_9) \leq i_2 \leq i_3 \leq \dots \leq i_9 = \max(i_1, i_2, \dots, i_9)] =$$

$$= [0, 0, 44, 117, 118, 199, 207, 208, 255].$$

Выходное значение фильтра (рис. 3, в) выбирается как медиана массива  $J: [J_5] = 118$ . Оно заменяет элемент с уровнем «0» 13-й строки 4-го столбца исходного изображения. Результат обработки изображения с помощью медианного фильтра показан на рис. 4.

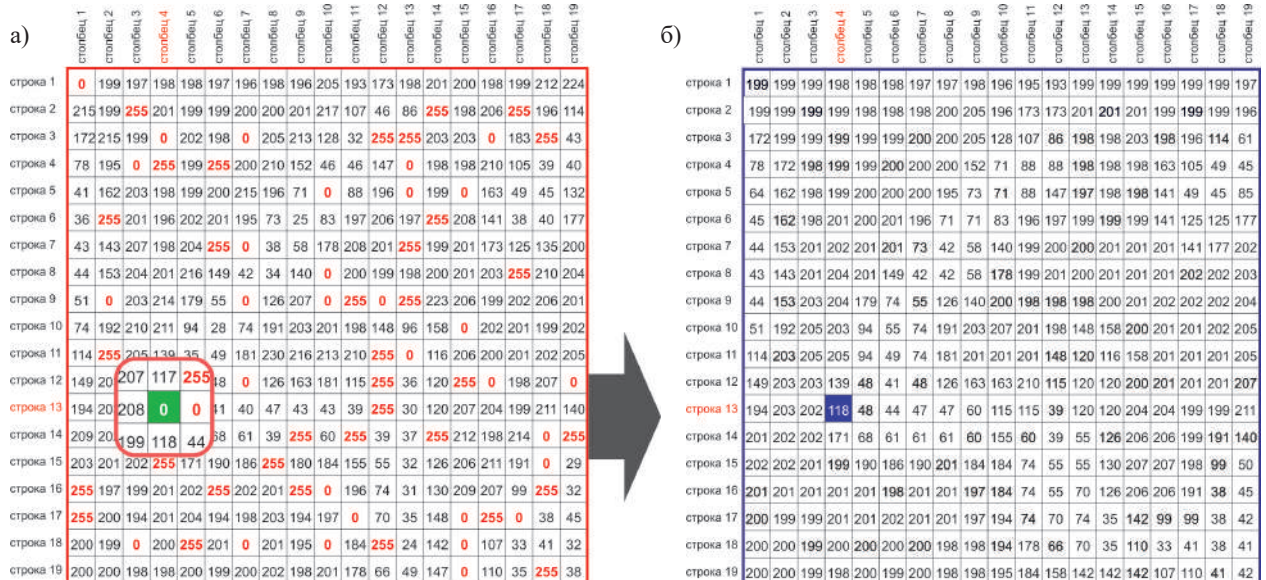


Рис. 2. Массивы, соответствующие выделенному на рис. 1 участку изображения:

а — массив выборок в градациях серого (полужирным шрифтом выделены уровни импульсного шума «0» и «255»); б — после медианной фильтрации

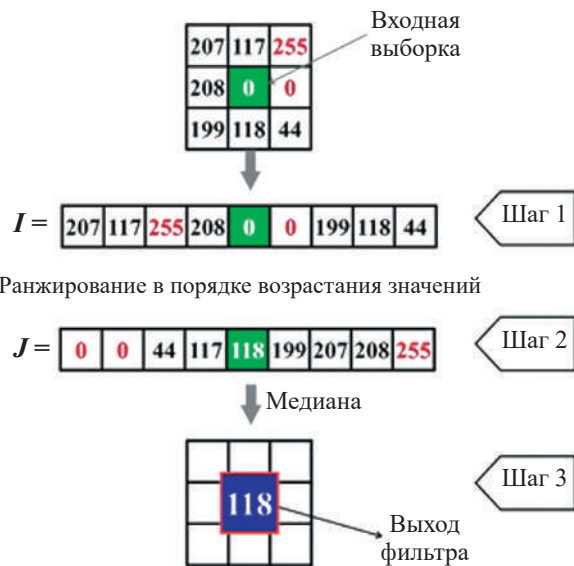


Рис 3. Алгоритм медианной фильтрации в окне  $[3 \times 3]$ : шаг 1 — массив выборок  $I$  в градациях серого, соответствующий увеличенному фрагменту изображения на рис. 1; шаг 2 — ранжированный в порядке возрастания массив выборок  $J$ ; шаг 3 — выбор выходного значения фильтра

Для оценки эффективности работы медианного фильтра удобно использовать критерий RMS [14] — минимум среднеквадратического отклонения яркости пикселей оригинального и очищенного от шума изображения, либо критерий максимума коэффициента корреляции  $r$  [15] этих же изображений. Воспользуемся вторым как более информативным:

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right) \left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}}$$

где  $A$  — оригинальное изображение;  
 $B$  — восстановленное изображение;



Рис 4. Очищенное с помощью медианной фильтрации с окном  $[3 \times 3]$  изображение автомобиля, приведенное на рис. 1

$m, n$  — индексы 2-го массива

$M, N$  — размеры изображения  $A$  и  $B$ , соответственно, по горизонтали и вертикали в пикселях;

$\bar{A}, \bar{B}$  — средние значения яркости пикселей с учетом усреднения по всему второму массиву, представляющему изображение:

$$\bar{A} = \frac{1}{MN} \sum_m \sum_n (A_{mn}), \quad \bar{B} = \frac{1}{MN} \sum_m \sum_n (B_{mn}).$$

Коэффициент корреляции между оригинальным и зашумленным изображением с дисперсией  $\sigma^2 = 0,2$  составил  $r = 0,68$ , а между оригинальным и очищенным от шума с помощью медианного фильтра —  $r = 0,973$ .

На рис. 5 приведена зависимость коэффициента корреляции от дисперсии импульсного шума для медианных фильтров с апертурами  $[3 \times 3]$  и  $[5 \times 5]$ .

Как видно из рис. 5, скорость спада коэффициента корреляции возрастает при увеличении дисперсии импульсного шума.

В связи с недостатками медианной фильтрации с фиксированной апертурой предлагается использовать алгоритм, основанный на адаптивной медианной фильтрации.

Разработанный адаптивный алгоритм медианной фильтрации удобно рассматривать в виде структурной схемы, которая показана на рис. 6.

Адаптивный фильтр работает следующим образом. Выборки входного изображения, содержащего импульсный шум, поступают одновременно на устройство ранжирования (двухпороговый компаратор), на медианные фильтры с апертурой  $[3 \times 3]$  и фильтр с переменной апертурой  $[n \times n]$ , где  $n = 5, 7, 9, \dots$

Уровни нижнего  $Z_H$  и верхнего  $Z_B$  порогов компаратора зависят от ожидаемой дисперсии шума и для случая 8-битного изображения определяются следующим образом:

$$\begin{cases} Z_H = 255\sqrt{\sigma^2} = 255\sigma; \\ Z_B = 255 - 255\sqrt{\sigma^2} = 255(1 - \sigma), \end{cases}$$

где  $\sigma^2$  — дисперсия шума.

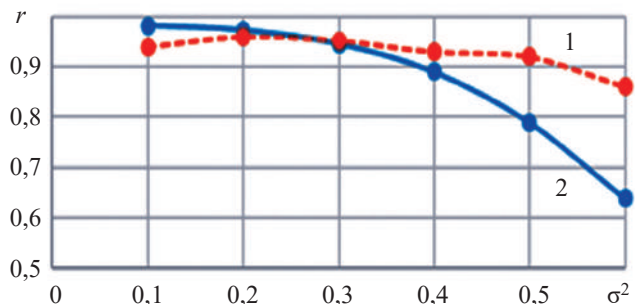


Рис 5. Зависимость коэффициента корреляции от дисперсии импульсного шума для медианных фильтров с окнами  $[3 \times 3]$  (1) и  $[5 \times 5]$  (2)

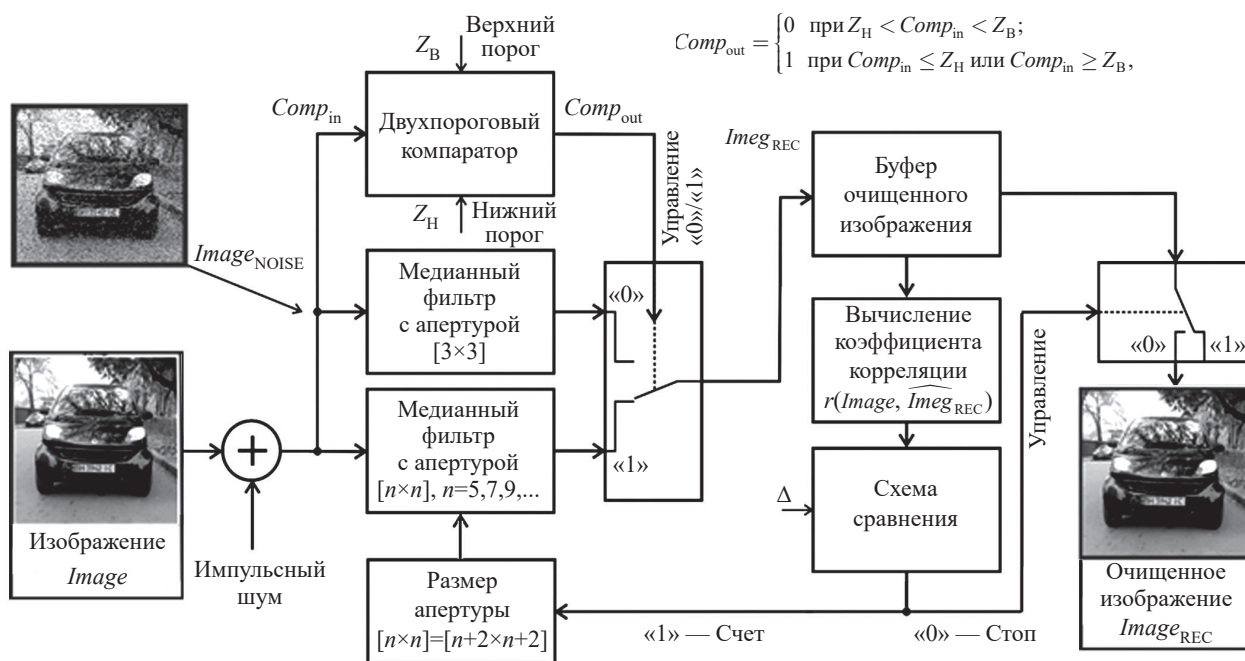


Рис 6. Структурная схема устройства очистки изображения от импульсного шума, основанная на адаптивной медианной фильтрации

На выходе компаратора образуется бинарный управляющий сигнал

$$Comp_{out} = \begin{cases} 0 & \text{при } Z_H < Comp_{in} < Z_B; \\ 1 & \text{при } Comp_{in} \leq Z_H \text{ или } Comp_{in} \geq Z_B, \end{cases}$$

где  $Comp_{in}$  — значение амплитуды выборки на входе компаратора.

Выходной сигнал компаратора управляет коммутатором, который подключает канал медианного фильтра с апертурой  $[3 \times 3]$  в случае логического «0» или канал медианного фильтра с апертурой  $[n \times n]$  в случае логической «1». Для полученного на выходе коммутатора изображения рассчитывается коэффициент корреляции с незашумленным исходным изображением. Далее коэффициент корреляции сравнивается с желаемым, или допустимым, ( $\Delta$ ) значением, и если условие выполняется, то схема завершает работу по очистке изображения ( $Image_{REC}$ ) от шума. Если получен низкий коэффициент корреляции, схема сравнения вырабатывает управляющий сигнал (уровень логической «1») на медианный фильтр с переменной апертурой, и процедура фильтрации повторяется с использованием фильтра, обладающего большим размером усредняющего окна.

Примеры очистки зашумленных импульсным шумом изображений с помощью медианных фильтров с апертурами  $[3 \times 3]$  и  $[5 \times 5]$  для различной дисперсии шума приведены на рис. 7, значения коэффициента корреляции с исходным изображением представлены в таблице. Как видно, с ростом дисперсии шума ка-

чество восстановленного изображения ухудшается. Начиная со значения  $\sigma^2 = 0,3$ , медианная фильтрация с апертурой  $[3 \times 3]$  не устраняет помеху, а фильтрация с апертурой  $[5 \times 5]$  ухудшает резкость изображения.

*Значения коэффициента корреляции между восстановленным и незашумленным изображением при различной дисперсии импульсного шума*

Изображение	Коэффициент корреляции $r$ при различной дисперсии $\sigma^2$					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Зашумленное	0,824	0,68	0,55	0,45	0,36	0,27
После медианного фильтра $[3 \times 3]$	0,982	0,973	0,946	0,89	0,79	0,64
После медианного фильтра $[5 \times 5]$	0,94	0,96	0,952	0,93	0,92	0,86
После адаптивного медианного фильтра	0,984	0,977	0,969	0,96	0,95	0,935

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что при относительно небольшой дисперсии импульсного шума ( $\sigma^2 < 0,2$ ) медианная фильтрация с помощью фильтра, обладающего минимальным размером апертуры  $[3 \times 3]$ , гарантирует достаточно большое значение коэффициента корреляции при небольших вычислительных затратах. При больших значе-

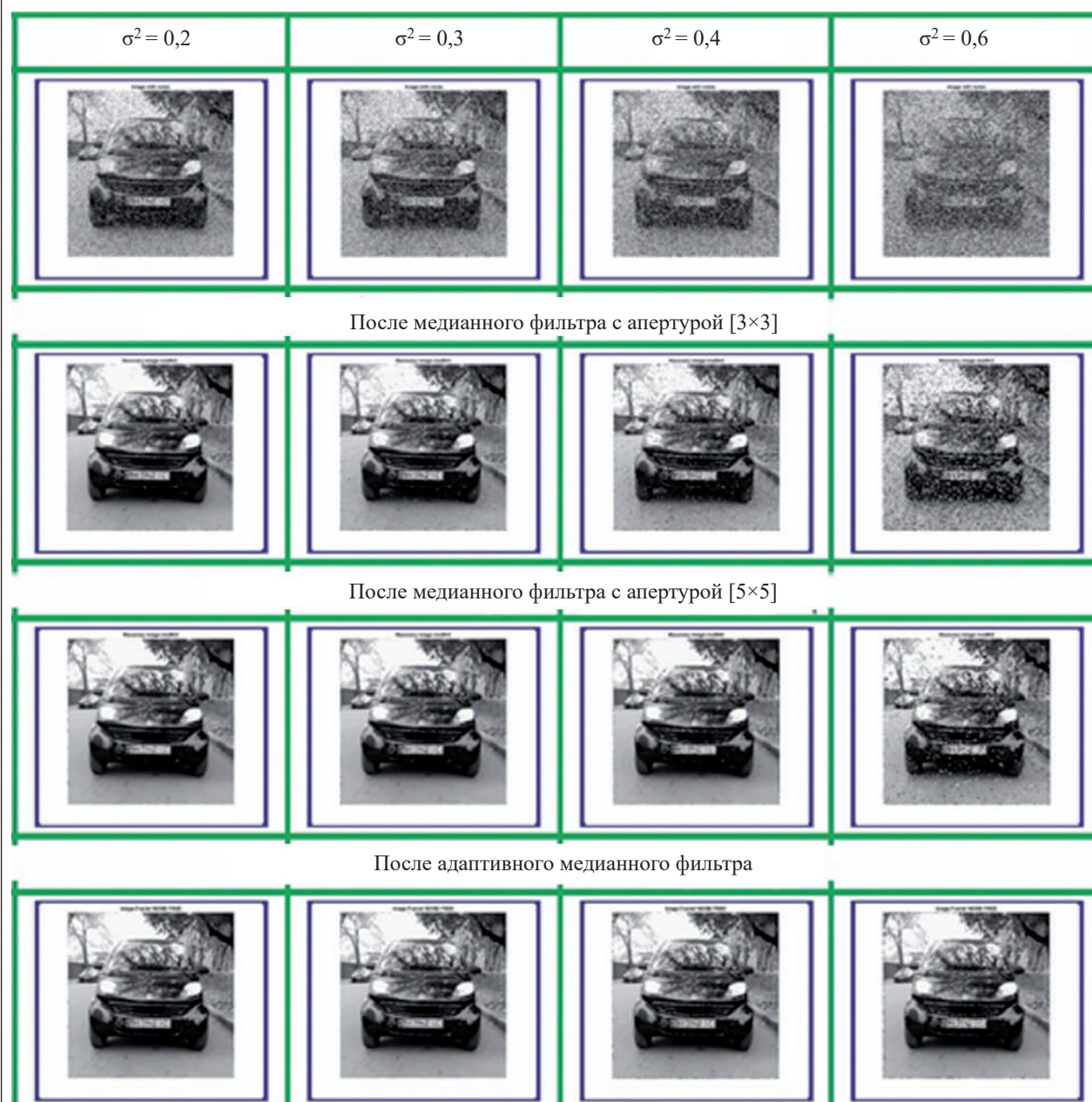


Рис 7. Примеры изображений, зашумленных импульсным шумом и очищенных с помощью медианных фильтров с апертурами [3x3] и [5x5] и адаптивного медианного фильтра, при различных значениях дисперсии

ниях дисперсии импульсного шума ( $\sigma^2 > 0,3$ ) адаптивный алгоритм обеспечивает выигрыш в качестве изображения до 30% по критерию максимума коэффициента корреляции между восстановленным и незашумленным изображениями.

### Заключение

Таким образом, использование алгоритма адаптивной медианной фильтрации позволило улучшить качество восстановленного изображения для случая импульсного шума по сравнению с алгоритмами медианной фильтрации, имеющими фиксированную апертуру. Выигрыш в показателях качества увеличи-

вается с ростом дисперсии шума изображения, подвергаемого фильтрации. В результате проведенного математического моделирования удалось установить значения размеров апертуры вспомогательного медианного фильтра, обеспечивающие максимальное значение коэффициента корреляции при заданной дисперсии импульсного шума исходного изображения. Предложенный алгоритм может быть обобщен на случай, когда высота изображения не равна его ширине, т. е. для стандартных размеров фотоснимков с соотношением сторон 3x4, 16x9, 21x10 и т. д., а также для обработки цветных изображений после их разбиения на монохромные каналы.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Айфичер Э., Джервис Б. *Цифровая обработка сигналов. Практический подход*. Москва, Вильямс, 2004, 992 с.
2. Кельберт М., Питербарг Л. Медианная фильтрация. *Квант*, 1990, №10, с. 8–13.
3. Радченко Ю. С. Эффективность приема сигналов на фоне комбинированной помехи с дополнительной обработкой в медианном фильтре. *Журнал радиоэлектроники*, 2001, № 7, с. 45.
4. Kai Zhang, Wangmeng Zuo, Yunjin Chen et al. Beyond a gaussian denoiser: residual learning of deep CNN for image denoising. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2017, vol. 26, N 7, p. 3142–3155. <https://doi.org/10.1109/TIP.2017.2662206>
5. Видмиш А. А., Возняк О. М., Купчук І. М., Бойко Д. Л. Дослідження медіанної фільтрації одновимірних сигналів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020, № 1(96), с. 88–102.
6. Яровой Н. И. *Адаптивная медианная фильтрация*, Екатеринбург, ControlStyle, 2006, 38 с.
7. Chen Y., Pock T. Trainable nonlinear reaction diffusion: A flexible framework for fast and effective image restoration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2016, 14 p. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2596743>
8. Сизов Н. А., Раевский В. П., Дурандин Д. П. и др. Использование нейронных сетей для очистки изображений от шумов. *Молодой ученый*, 2019, № 27(265), с. 34–36.
9. Roth S., Black M. J. Fields of experts. *International Journal of Computer Vision*, 2009, vol. 82, N 2, p. 205–229. <https://doi.org/10.1007/s11263-008-0197-6>
10. Павлов С. В., Салдан Й. Р., Злепко С. М. та ін. Методи попередньої обробки томографічних зображень очного дна. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, 2019, т. 45, №. 2, с. 4–12.
11. Воробьев Н. Одномерный цифровой медианный фильтр с трехотсчетным окном. *ChipNews*. 1999, № 8, с. 35.
12. Семенов И. В. *Особенности использования медианных фильтров в системах управления*. С.-Пб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ “Электроприбор”, 2006, 77 с.
13. Дьяконов В. П. *MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров*. Саратов, Профобразование, 2019, 976 с.
14. Яне Б. *Цифровая обработка изображений*. Москва, Техносфера, 2007, 584 с.
15. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. *Цифровая обработка изображений в среде MATLAB*. Москва, Техносфера, 2006, 616 с.

Дата поступления рукописи  
в редакцию 22.03 2021 г.

DOI: 10.15222/TKEA2021.1-2.21  
УДК 004.932.4

А. В. САДЧЕНКО, О. А. КУШНИРЕНКО,  
О. В. ТРОЯНСЬКИЙ, Ю. О. САВЧУК\*

Україна, м. Одеса,  
Одеський національний політехнічний університет,  
\*ДП НДІ «Шторм»  
E-mail: koa@oru.ua

## АДАПТИВНИЙ АЛГОРИТМ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ІМПУЛЬСНОГО ШУМУ НА ЗОБРАЖЕННЯХ З КАМЕР ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ

Для перетворення оптичного сигналу в електричний зазвичай використовують світлочутливі матриці з великим числом дискретних елементів, виконаних за технологією приладів із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) або на основі КМОП-технології.

До недоліків ПЗЗ і КМОП-технологій можна віднести виникнення імпульсного шуму перетворення на оцифрованих зображеннях, який погіршує візуальне сприйняття й істотно знижує ймовірність правильної ідентифікації в задачах розпізнавання образів. Зазвичай для очищення зображень від імпульсного шуму застосовують медіанні фільтри з фіксованою апертурою в межах кожної ітерації повноформатної обробки. До недоліків таких фільтрів можна віднести зниження чіткості відновленого зображення за великих рівнів шуму або недостатнє придушення завади за тих же шумових умов. Ці недоліки зумовили необхідність розробки алгоритму адаптивної медіанної фільтрації, в результаті якої відтворене зображення являє собою спільний результат обробки медіанними фільтрами з різною апертурою.

Суть алгоритму полягає у виділенні ділянок зображення з різним рівнем шуму та обробці цих ділянок фільтрами з різною апертурою. За об'єктивний критерій для оцінки ефективності роботи запропонованого алгоритму фільтрації прийнято критерій максимуму коефіцієнта кореляції між очищеним від шуму та незашумленим зображеннями за різних значень дисперсії шуму. В результаті проведеного математичного моделювання було встановлено, що зі зростанням дисперсії імпульсного шуму вирахи алгоритму адаптивної медіанної фільтрації зростає по експонентному закону в порівнянні з алгоритмами, в яких використовуються фільтри з фіксованим значенням апертури.

Запропонований алгоритм можна використовувати для попередньої обробки зображень, призначених для розпізнавання системами машинного зору, сканування тексту, а також для поліпшення суб'єктивних характеристик зображення, таких як чіткість і контрастність.

Ключові слова: медіанний фільтр, імпульсний шум, апертура фільтру, коефіцієнт кореляції.

ADAPTIVE ALGORITHM FOR REDUCING PULSE NOISE LEVEL  
IN IMAGES FROM CCTV CAMERAS

An optical signal is usually converted into an electrical one by using photosensitive matrices with a large number of discrete elements based on charge-coupled device (CCD) technology or CMOS technology.

One of the disadvantages of CCD and CMOS technologies is the impulse conversion noise that appears on digitized images, impairing visual perception and significantly reducing the likelihood of correct identification in pattern recognition tasks. Traditionally, impulse noise is removed from images using median filters with a fixed aperture within each iteration of full-format processing. However, such filters reduce the sharpness of the reconstructed image at high noise levels or insufficiently suppress the interference under the same noise conditions. These setbacks call for a need to develop an adaptive median filtering algorithm, which would produce a reconstructed image as a joint result of processing with median filters with different apertures.

The essence of this algorithm is to select image areas with different noise levels and process these areas with filters with different apertures. As an objective criterion for assessing the efficiency of the proposed filtering algorithm, the authors used the criterion of the maximum correlation coefficient between noise-free and non-noisy images at various values of the noise variance. The mathematical modeling performed in this study allowed finding that with an increase in the impulse noise variance, the gain of the adaptive median filtering algorithm increases exponentially, in comparison with the algorithms using the filters with a fixed aperture value.

The proposed algorithm can be used for pre-preprocessing images intended for recognition by machine vision systems, scanning text, and improving subjective image characteristics, such as sharpness and contrast.

**Keywords:** median filter, impulse noise, filter aperture, correlation coefficient.

## REFERENCES

1. Aificher E., Jervis B. *Tsifrovaya obrabotka signalov. Prakticheskiy podhod [Digital signal processing. Practical hike]*. Moscow, Wilyams, 2004, 992 p. [Rus]
2. Kelbert M., Piterbarg L. *Mediannaya fil'tratsiya [Median filtration]*. Kvant, 1990, no. 10, pp. 8–13. [Rus]
3. Radchenko Yu. S. [Signal reception efficiency against the background of combined interference with additional processing in the median filter]. *Zhurnal radioelektroniki*, 2001, no. 7, pp. 45. [Rus]
4. Kai Zhang, Wangmeng Zuo, Yunjin Chen et al. Beyond a gaussian denoiser: residual learning of deep CNN for image denoising. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2017, vol. 26, no. 7, pp. 3142–3155. <https://doi.org/10.1109/TIP.2017.2662206>
5. Vydmysh A. A., Voznyak O. M., Kupchuk I. M., Boyko D. L. [Research of median filtering of one-dimensional signals]. *Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh*, 2020, no.1(96), pp. 88–102. [Ukr]
6. Yarovoy, N. I. *Adaptivnaya mediannaya filtratsiya [Adaptive median filtration]*. Ekaterinburg, ControlStyle, 2006, 38 p. [Rus]
7. Chen Y., Pock T. Trainable nonlinear reaction diffusion: A flexible framework for fast and effective image restoration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2016, 14 p. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2596743>
8. Sizov N. A., Rayevskiy V. P., Durandin D. P. et al. [The use of neural networks for cleaning images from noise]. *Molodoy uchenyy*, 2019, no. 27(265), pp. 34–36. [Rus]
9. Roth S., Black M. J. Fields of experts. *International Journal of Computer Vision*, 2009, vol. 82, no. 2, pp. 205–229. <https://doi.org/10.1007/s11263-008-0197-6>
10. Pavlov S. V., Saldan Y. R., Zlepko S. M. et al. Method of pre-processing tomographic images of the fundus. *Information technology and computer engineering*, 2019, vol. 45, no. 2, pp. 4–12. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2019-45-2-4-12> [Ukr]
11. Vorobyov N. [One-dimensional digital median filter with three-count window]. *ChipNews*, 1998, no. 8, pp. 35. [Rus]
12. Semyonov I. V. *Osobennosti ispolzovaniya mediannykh filtrov v sistemah upravleniya [Features of the use of median filters in control systems]*. S.-Pb., GNTs RF-TsNII “Elektropribor”, 2006, 77 p. [Rus]
13. D'yakov V. P. *MATLAB i SIMULINK dlya radioinzhenerov [MATLAB and SIMULINK for radio engineers]*. Saratov, Profobrazovaniye, 2019, 976 c.
14. Yane B. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy [Digital image processing]*. Moscow, Technosfera, 2007, 584 p. [Rus]
15. Gosales R., Wuds R., Eddins S. *Tsifrovaya obrabotka v srede MATLAB [Digital image processing]*. Moscow, Technosfera, 2006, 616 p. [Rus]

**Описание статьи для цитирования:**

Садченко А. В., Кушниренко О. А., Троянский А. В., Савчук Ю. А. Адаптивный алгоритм снижения уровня импульсного шума на изображениях с камер видеонаблюдения. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, 2021, № 1–2, с. 21–27. <http://dx.doi.org/10.15222/TKEA2021.1-2.21>

**Cite the article as:**

Sadchenko A. V., Kushnirenko O. A., Troyanskiy A. V., Savchuk Yu. A. Adaptive algorithm for reducing pulse noise level in images from cctv cameras. *Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoi Apparature*, 2021, no. 1–2, pp. 21–27. <http://dx.doi.org/10.15222/TKEA2021.1-2.21>