

УДК 681.396

*А. В. Частиков, А. П. Метелев, Е. В. Медведева*

## МЕТОД КОМБИНИРОВАННОЙ АДАПТИВНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

При передаче изображений и видеoinформации по каналам связи с малым отношением сигнал/шум, когда мощность помехи соизмерима с полезным сигналом, на приемной стороне необходимо восстановить искаженные кадры. На практике статистические характеристики принимаемых кадров неизвестны, поэтому возникает необходимость в адаптивных фильтрах, способных в режиме реального времени подстраиваться под постоянно изменяющиеся принимаемые данные. Алгоритмы фильтрации, учитывающие высокую корреляцию между кадрами и внутри кадров, показывают хорошую эффективность. В статье рассматривается метод комбинированной адаптивной нелинейной фильтрации цифровых полутоновых изображений, позволяющий получить дополнительный выигрыш порядка 3–6 дБ. Такой результат достигается за счет предварительной обработки кадров, которая повышает корреляцию в младших разрядах цифровых полутоновых изображений. Соответственно, предложенный метод позволяет улучшить визуальные результаты фильтрации.

*Ключевые слова:* нелинейная фильтрация, цифровое полутоновое изображение, разрядное двоичное изображение.

В связи с ростом числа задач, решаемых с помощью изображений (аэро- и космические съемки, видеонаблюдение, видеорегистрация и др.), происходит как разработка новых алгоритмов обработки изображений, так и модификация уже существующих.

При передаче изображений по каналу связи в сложной помеховой обстановке, когда статистические характеристики изображения неизвестны или быстро меняются, возрастает необходимость не только в многомерной, но и

прежде всего адаптивной фильтрации, способной по принятым данным подстроить алгоритм фильтрации под изменившиеся характеристики принимаемых изображений.

В работах [1–5], посвященных адаптивной фильтрации случайных дискретных процессов с частично или полностью неизвестными априорными данными о статистике фильтруемого процесса, недостающие априорные знания заменяются апостериорными в процессе обучения с “учителем”, при наличии связи с источником информации, что не всегда приемлемо на практике.

В работах [6, 7] предложены алгоритмы адаптивной нелинейной фильтрации соответственно видеопоследовательности и статистически связанных видеопоследовательностей цифровых полутоновых изображений, базирующиеся на математических моделях, описанных в [8, 9]. На рис. 1 представлен пример результата работы данного алгоритма.



а)



б)

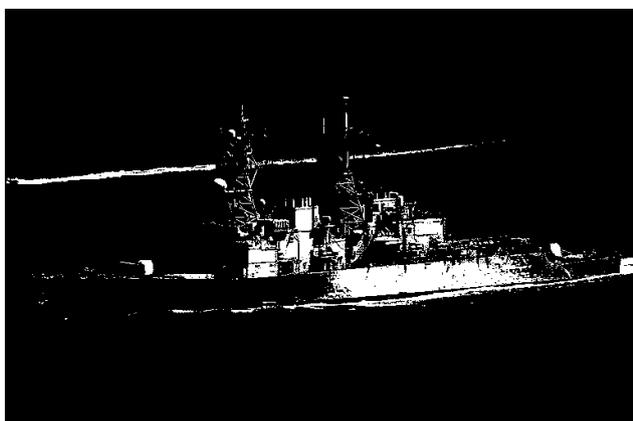


в)

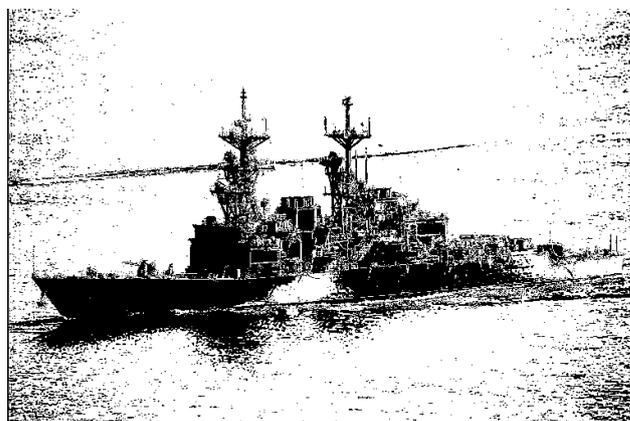
Рис. 1. Первый кадр видеопоследовательности «Корабль»:

а) исходный кадр; б) зашумленный ( $\rho_{\text{сх}}^2 = -6$  дБ); в) отфильтрованный

На отфильтрованном изображении (рис. 1в) прослеживаются характерные искажения. Глядя на разрядные двоичные изображения исходного кадра (рис. 2), становится понятной природа регулярных помех. Если на старшем разрядном двоичном изображении имеется граница перехода яркостей, то такая же граница существует и в младших разрядных двоичных изображениях. А поскольку основные искажения при фильтрации возникают именно на границах смены яркостей, то в результирующем изображении появляются линии помех. Чем старше разрядное двоичное изображение, в котором появилась граница перехода яркости, тем больше искажений именно в этой области.



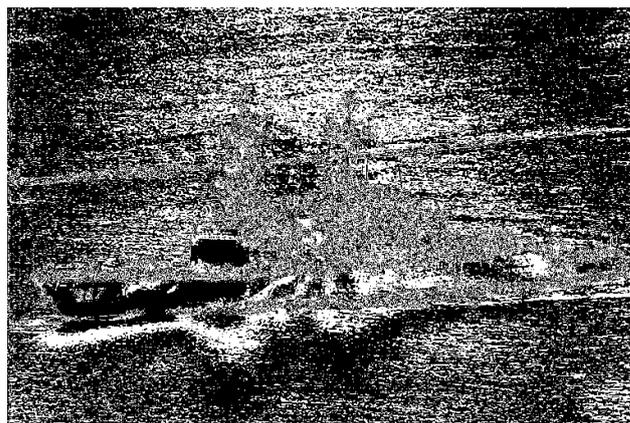
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Разрядные двоичные изображения первого кадра видеопоследовательности «Корабль»: а) старший (8) разряд; б) 7 разряд; в) 6 разряд; г) 5 разряд

Для устранения помех подобного рода можно воспользоваться предварительной обработкой кадров, заключающейся в проведении операции «исключающее или» для соседних разрядных двоичных изображений. Преобразованные разрядные двоичные изображения представлены на рис. 3.

Видно, что границы перехода яркостей в соседних преобразованных разрядных двоичных изображениях получают пространственно разнесенными. Кроме того, увеличивается корреляция в младших разрядах, что дает дополнительный выигрыш при фильтрации порядка 3–6 дБ.

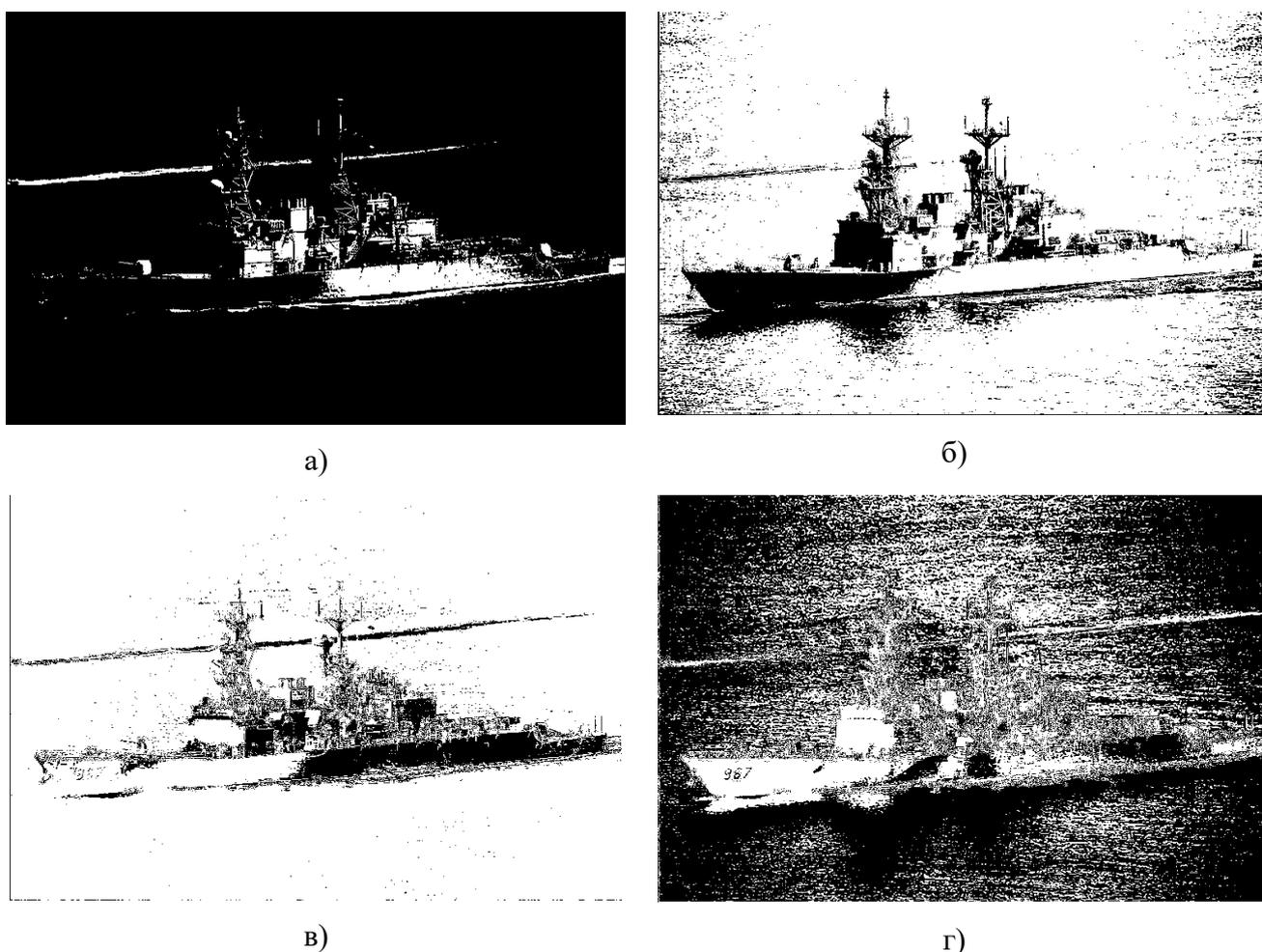


Рис. 3. Разрядные двоичные изображения первого кадра видеопоследовательности «Корабль» после преобразования: а) старший (8) разряд; б) 7 разряд; в) 6 разряд; г) 5 разряд

На рис. 4а представлен зашумленный первый кадр видеопоследовательности при  $\rho_{\text{ex}}^2 = -6$  дБ, на рис. 4б – отфильтрованное изображение, на рис. 4в – кадр

после обратного преобразования «исключающее или» для всех разрядных двоичных изображений.



а)



б)



в)

Рис. 4. Первый кадр видеопоследовательности «Корабль»: а) зашумленный ( $\rho_{\text{сх}}^2 = -6$  дБ); б) отфильтрованный; в) после обратного преобразования

Предварительная обработка кадров позволяет пространственно разнести границы перехода яркостей в РДИ и избавиться от регулярных помех. Кроме этого, за счет увеличения корреляции в младших РДИ, предварительная обра-

ботка операцией «исключающее или» дает дополнительный выигрыш при фильтрации порядка 3–6 дБ и позволяет уже на начальных кадрах получить визуально удовлетворительный результат.

### Список литературы

1. *Tanaka M., Kaneda Y., Makino S., Kojima J.* A fast projection algorithm for adaptive filtering // IEEE Transactions. Fundamentals. 1995. V. E78A. № 10. P. 1355–1361.
2. *Haykin S.* Adaptive filter theory (4-th edition). Prentice Hall, 2001. 936 p.
3. *Mathews V. J.* Adaptive polynomial filters // IEEE Signal Processing Magazine. 1991. Vol. 8. № 3. P. 10–26.
4. *Gay S. L.* A fast converging, low complexity adaptive filtering algorithm // Proc. of the 3-rd International Workshop on Acoustic Echo Control. Plestin les Greves, France. 1993. P. 223–226.
5. *Зинчук В. М., Сосулин Ю. Г., Лимарев А. Е., Мухин Н. П.* Адаптивная цифровая фильтрация шумоподобных сигналов в радиотехнических системах // Цифровая обработка сигналов. 2000. № 1. С. 5–18.
6. *Петров Е. П., Трубин И. С., Медведева Е. В., Частиков И. А.* Адаптивная нелинейная фильтрация сильно зашумленных видеопоследовательностей // Информатика. 2009. № 2. С. 49–56.
7. *Петров Е. П., Медведева Е. В., Метелев А. П.* Адаптивная нелинейная фильтрация статистически связанных видеопоследовательностей // Т\_Сomm. Телекоммуникации и транспорт. № 5. 2009. С.18–21.
8. *Петров Е. П., Медведева Е. В., Метелёв А. П.* Метод синтеза математических моделей видеоизображений на основе многомерных цепей маркова // Нелинейный мир. 2011. Т. 9. № 4. С. 213–231.
9. *Петров Е. П., Смольский С. М., Харина Н. Л.* Синтез моделей многомерных многозначных марковских процессов // Вестник МЭИ. 2007. № 1. С. 114–121.

**ЧАСТИКОВ Александр Вениаминович** – доктор технических наук, профессор кафедры РЭС, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: [chastikov@vyatsu.ru](mailto:chastikov@vyatsu.ru)

**МЕТЕЛЕВ Александр Петрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры РЭС, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: ap\_metelev@vyatsu.ru

**МЕДВЕДЕВА Елена Викторовна** – доктор технических наук, профессор кафедры РЭС, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: medvedeva@vyatsu.ru