

**Четырнадцатая Международная научно-техническая конференция  
«Оптические методы исследования потоков»  
Москва, 26 – 30 июня 2017 г.**

УДК 530.1

С.Ю. Белов, О.В. Петрова

*Московский энергетический институт (технический университет), Россия,  
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: belovstas@mail.ru*

**УСТРАНЕНИЕ ИСКАЖЕНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ  
ТУРБУЛЕНТНОСТИ**

**АННОТАЦИЯ**

Целью исследования является устранение влияния модели турбулентности на получаемых изображениях. Решение данной задачи достигается путем компьютерной фильтрации зашумленных изображений.

В работе получены изображения с смоделированными турбулентными искажениями, а также проведена их обработка при помощи каскадных фильтров.

**ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время имеет тенденцию проведение натурных экспериментов. Зачастую при проведении эксперимента выполняется фото или видеосъемка. Вследствие оптической природы, если исследуемая среда имеет неоднородности по коэффициенту преломления, то это может привести к искажению полученных результатов.

Устранение искажений изображений производится при помощи их компьютерной фильтрации. В случае устранения искажения какого-то определенного вида часто имеется модель этого искажения, что позволяет решить обратную задачу и определить параметры необходимой фильтрации. Однако в общем случае, когда не известна модель искажения или не найдено обратное решение, иногда можно воспользоваться базовыми операциями фильтрации с целью достижения улучшения изображения.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОСТОБРАБОТКА**

При моделировании атмосферные искажения можно описать как искажающий оператор  $H$ , формула для которого приведена ниже [1].

$$H(u, v) = \exp(-k \cdot (u^2 + v^2)^{\frac{5}{6}}), \quad (1)$$

где коэффициент  $k$  описывает турбулентные свойства атмосферы. Так, при  $k = 0,001$  будет умеренная турбулентность, а при  $k = 0,00025$  – слабая.

Полученное изображение при необходимости сперва можно обработать медианным фильтром, тем самым избавив его от ложных значений пикселей на изображении.

Для наилучшего визуального восприятия изображение, содержащее результат наложения турбулентности на полезный сигнал можно подвернуть обработке путем

увеличения резкости. Одним из способов увеличения резкости служит использование свертки исходного изображения с маской Лапласа. Ниже приведена формула для обработки изображения [2].

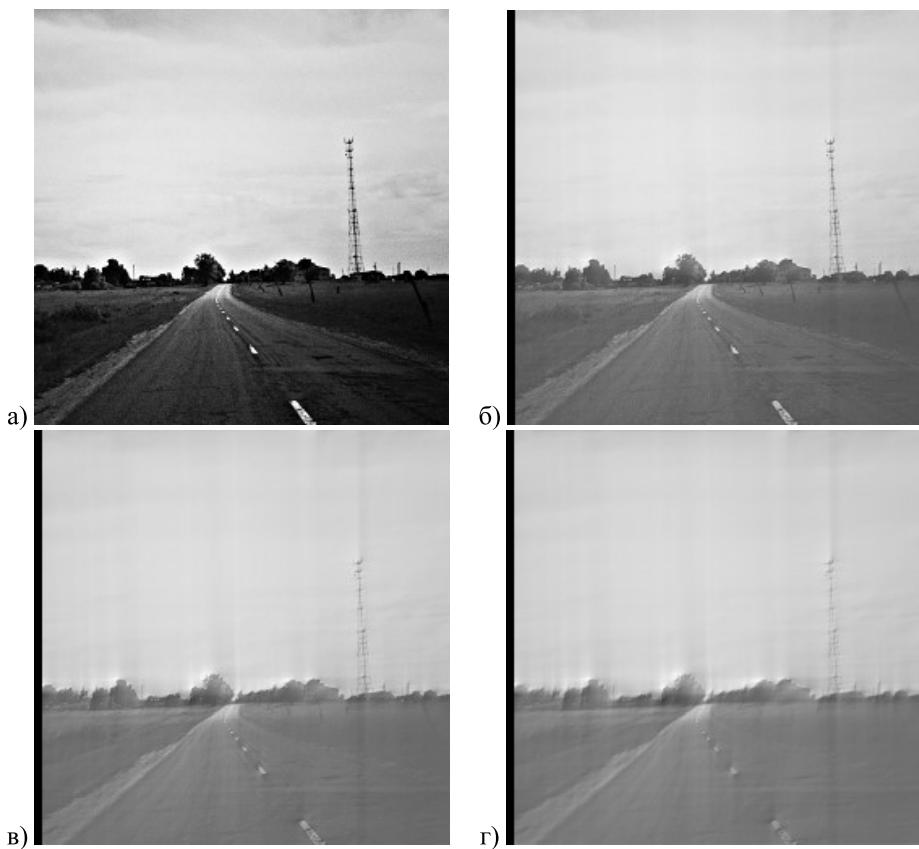
$$f'(x, y) = f(x, y) - k_L \cdot z(x, y), \quad (2)$$

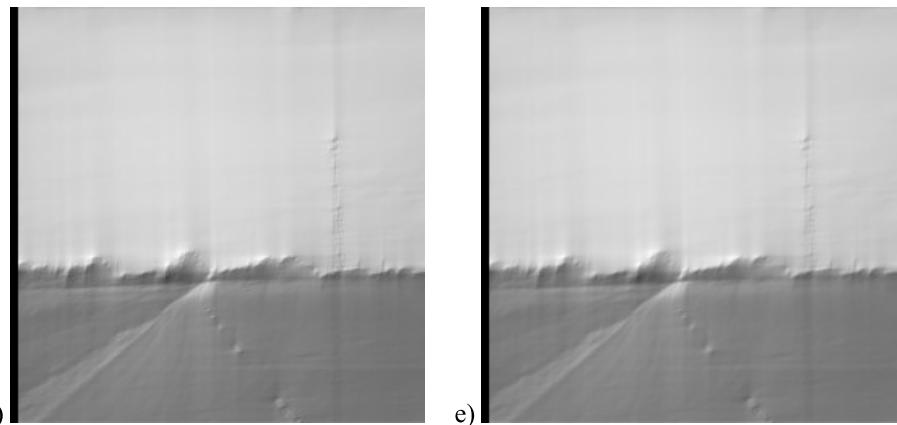
где  $k_L$  – коэффициент усиления резкости (выбирается экспериментально),  $z(x, y)$  – свертка исходного изображения с маской Лапласа. Данная формула будет справедлива при маске, центральный элемент которой имеет отрицательное значение. Примером такой маски может стать матрица  $3 \times 3$  с центральным элементом, равным -8, а остальными элементами равными 1.

При обработке дополнительно стоит обратить внимание на частотные составляющие изображения. Для этого необходимо выполнить Фурье преобразование и посмотреть на результат. Если на изображении есть периодический шум, то его можно отфильтровать.

Таким образом, основной алгоритм состоит из первоначального устранения шумов, затем оценке и возможной корректировке Фурье-преобразования, и после этого применению увеличения резкости изображения.

Для оценки работы алгоритма выполнено наложение на изображение модели турбулентности. На рисунке 1 представлены искажения с разным используемым коэффициентом турбулентной атмосферы.

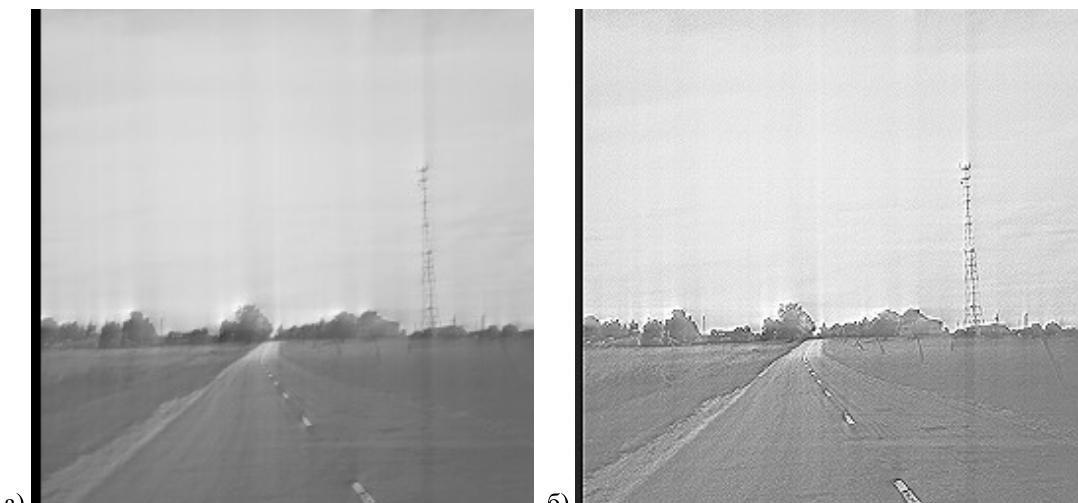




а)  $k = 0$ ; б)  $k = 0,0001$ ; в)  $k = 0,0002$ ; г)  $k = 0,0003$ ; д)  $k = 0,0004$ ; е)  $k = 0,0005$

Рис. 1. Моделирование турбулентных искажений на изображениях

Было выбрано тестовое изображение, содержащее в себе искажения оператора  $H$  с целью его улучшения. К исходному изображению была применена фильтрация по увеличению резкости, а затем оптимизация и улучшение контраста. Результат представлен на рисунке 2.



а) исходное изображение б) обработанное изображение

Рис. 2. Результат реализации алгоритма

Теперь рассмотрим изображение с более сильной турбулентностью и небольшими дефектами, представленное на рисунке 3.

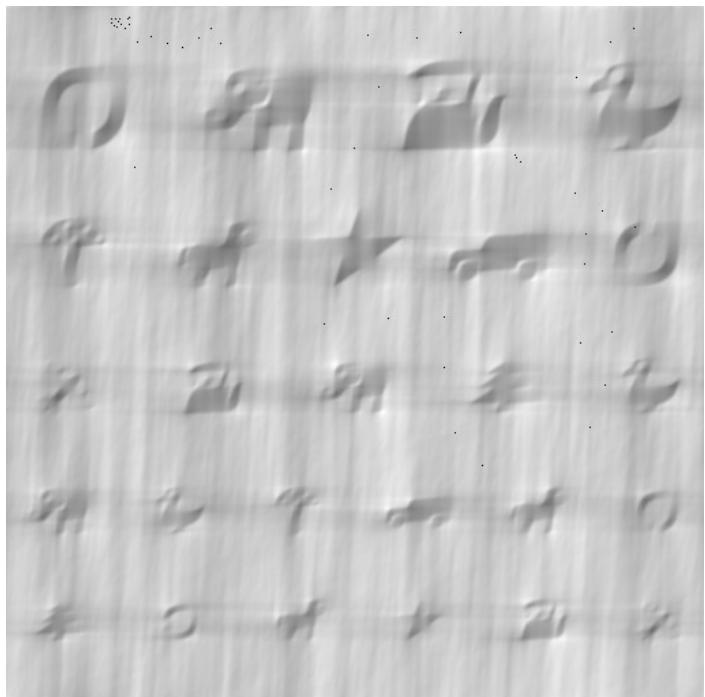


Рис. 3. Второе исходное изображение

Это изображение можно обработать точно так же, но сперва стоит использовать медианный фильтр. Также при желании этот фильтр можно сделать адаптивным. Результат обработки второго изображения приведен на рисунке 4.

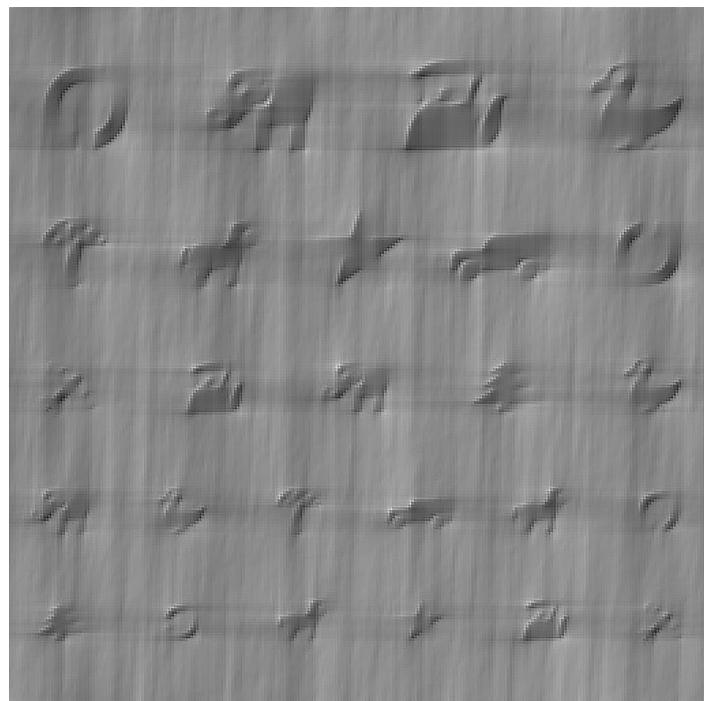


Рис. 4. Второе обработанное изображение

Обработанное изображение получилось более резким, но уже заметно, что при более сильной турбулентности данный алгоритм не будет давать существенного улучшения изображения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам обработки можно сказать, что выбранный алгоритм подходит только под искажения, соответствующие слабой турбулентности. При обработке стоит обращать внимания на шумы исходного изображения, так как если использовать увеличение резкости, то при наличии шумов они также будут выделяться. Для устранения влияний более сильной турбулентности на изображениях все же стоит решать обратную задачу при использовании модели искажения.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-07-01256 А).

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **P. Гонсалес, Р. Вудс.** Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. **Н. В. Соловьев, А.М. Сергеев** Улучшение качества растровых изображений: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 158 с.

S.Y. Belov, O.V. Petrova

*Moscow Power Engineering Institute (technical university), Russia,  
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14, E-mail: belovstas@mail.ru*

## **ELIMINATION OF DISTORTION IN IMAGES IN THE PRESENCE OF TURBULENCE**

*The aim of the work is to eliminate the influence of the turbulence model on the images. The solution of this problem is achieved by computer filtering of images.*

*Images with simulated turbulent distortions were obtained in the work, and their processing was carried out with cascade filters.*

*Currently, there is a tendency to conduct full-scale experiments. Often during the experiment, a photo or video is taken. Due to the optical nature, if the medium under investigation has inhomogeneities in the refractive index, this can lead to a distortion of the results obtained.*

TURBULENCE, COMPUTER IMAGE PROCESSING