

УДК 004.932.4

А. А. Хузин, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МЕТОДЫ СГЛАЖИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМА

Представлен обзор методов фильтрации изображений. Главной целью сглаживания при помощи фильтров является попытка избавления графических изображений от шумов. Приведены примеры рассмотренных методов, которые требуются для решения задач улучшения визуального представления изображений путем фильтрации.

Ключевые слова: методы фильтрация изображения; цифровая обработка изображения; качество изображения.

Цифровые методы обработки изображений дают возможность преобразовывать их с целью повышения качества при последующем визуальном восприятии. Существуют различные задачи обработки и анализа изображений, которые предполагают применение методов их сглаживания. К ним можно отнести: подавление шумов [1] и анализ зашумленных изображений [2], анализ дефектов деталей по их изображениям [3, 4], сопоставление разноразмерных изображений [5, 6] и др. За последнее время возросло повсеместное использование нейросетевых алгоритмов, которые, помимо стандартных задач по распознаванию фигур определенных форм, способны решать проблемы по распознаванию изображений, например, определение на изображениях отрезков и углов, нахождение краев изображений [7].

Для устранения нежелательных шумов на фото применяется такой метод, как фильтрация. Данный алгоритм решает проблемы устранения шумов, появление которых обычно обусловлено методом, с помощью которого бывают получены изображения, или технологией, применяемой для передачи информации, а также способом оцифровки данных.

Сам процесс фильтрации заключается в том, что для всех точек изображения значения яркости изменяются на другие. Существует два вида фильтрации: частотная и пространственная [8, 9].

На принципе Фурье преобразования базируются частотные методы [10–15]. Данный вариант имеет название «преобразование Фурье» и зачастую на практике имеет большую полезность, нежели ряд Фурье. Таким образом, можно резюмировать, что этот метод позволяет производить обработку функции в частотной области и затем без каких-либо утрат информации возвратиться к изначальному виду. Преобразования Фурье могут применяться для решения задач фильтрации, поскольку на практике осуществление частотных подходов очень схоже с пространственными методами фильтрации [16].

Растровые изображения представляют из себя двумерные матрицы, по отношению к ним используются пространственные методы, применяемые с целью повышения их качества. Такие алгоритмы строятся на том, что ко всем точкам изображения применяются определенные операторы – матрицы, которые принято называть *масками*. Основанные на этом подходе методы именуются фильтрацией по маске [17–19].

Принцип реализации линейной фильтрации: реакция маски формируется как сумма помноженных

пикселей в том участке, где применяется фильтр. Среднее значение по области маски фильтра – это выходное значение усредняющего фильтра, который используется как линейный сглаживающий фильтр [20]. Такой фильтр применяется для устранения зернистости на изображениях, которая бывает обусловлена импульсным шумом [21, 22]. Формула отклика $g(x, y)$ усредняющего фильтра, предназначенного для фильтрации изображения f с размерами, имеет вид:

$$g(x, y) = \sum_{s=\frac{m-1}{2}}^{\frac{m-1}{2}} \sum_{t=\frac{n-1}{2}}^{\frac{n-1}{2}} w(s, t) f(x+s, y+t),$$

где $w(s, t)$ – элемент ядра свертки изображения,

имеющей размеры $m \times n$; $s \in \left[-\frac{m}{2}, \frac{m}{2}\right]$, $t \in \left[-\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right]$ –

координаты ядра свертки по оси абсцисс и ординат; $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$, $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ – координаты исходного изображения f .

Данный фильтр реально представить в форме для программного представления:

$$G_{i,j} = \sum_{s=\frac{m-1}{2}}^{\frac{m-1}{2}} \sum_{t=\frac{n-1}{2}}^{\frac{n-1}{2}} W_{s,t} E_{(i+s),(j+t)},$$

где $[G_{i,j}]$ – элемент матрицы изображения после

фильтрации; $[W_{i,j}]$ – элемент массива ядра свертки

изображения, имеющий размеры $m \times n$; $[E_{i,j}]$ – элемент

матрицы исходного изображения.

Нелинейные пространственные методы имеют схожий алгоритм работы с линейными фильтрами. Значения элементов матрицы изображения, находящиеся в поле обзора анализа, обуславливают те действия, которые будут выполнять нелинейный фильтр. Так, например, это может быть нахождение медианы среди тех значений элементов, которые входят в анализируемую область [23].

Нахождение усредненного значения точек исследуемой области называется *медианной фильтрацией* [24], и зачастую данный способ в большей степени дает эффективный результат, нежели стандартное усреднение, поскольку имеет меньшее последующее искажение границ выделенных объектов. Для данного способа как маска применяется двумерное окно

с центральной симметрией, центр которого находится в текущей точке, где происходит сама фильтрация. Двумерный медианный фильтр (3,4) определяется следующей формулой:

$$G_{i,j} = \text{med}[E_{i+s,j+t}; (s,t) \in W]; \quad i, j \in Z^2,$$

где $[G_{i,j}]$ – элемент матрицы изображения после фильтрации; $[W_{i,j}]$ – элемент массива ядра свертки изображения, имеющий размеры $m \times n$; $[E_{i,j}]$ – элемент матрицы исходного изображения.

Один из видов линейного фильтра, направленный на адаптивную локальную обработку, а также заложенный в основы адаптивной фильтрации – винеровский фильтр. Данный фильтр направлен на осуществление небольшого сглаживания в тех локальных областях, где значение среднеквадратичного отклонения интенсивности пикселей слишком большое, и наоборот, определяет область сглаживания тем больше, чем меньше отклонение. Зачастую такой подход оказывает большую эффективность, нежели стандартная линейная фильтрация, т. к. его плюс заключается в том, что он способен сохранять края и мелкие детали изображения. Единственное, вычис-

ления данного фильтра занимают больше времени, чем линейного фильтра [25].

Среднее значение яркости вычисляется для центрального пикселя маски $[W_{i,j}]$, содержащей значения яркости исходного изображения в покрытой маской локальной области изображения по формуле

$$\bar{w} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij}.$$

Дисперсия маски равна

$$\delta^2 = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (W_{i,j} - \bar{w})^2.$$

В данном алгоритме для каждого нового положения окна маски заново вычисляются соответствующие значения. Сглаживание шума оценивается через среднее квадратичное отклонение:

$$\delta = \sqrt{\delta^2}.$$

Результат фильтрации при применении импульсного шума приведен на рис. 1, результаты фильтрации наложенного на изображение гауссовского белого шума приведены на рис. 2.



Рис. 1. Результаты фильтрации импульсного шума на изображении



Рис. 2. Результаты фильтрации гауссовского белого шума на изображении

Можно сделать вывод о том, что для устранения импульсных помех наиболее эффективен медианный фильтр, который способен сохранить границы элементов с хорошей скоростью действия. Для решения проблемы удаления белого шума более подходит адаптивный винеровский фильтр.

Библиографические ссылки

1. *Архипов И. О., Алегин М. А.* Комплексный анализ параметров алгоритма шумоочистки акустических сигналов в системах передачи данных // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 4 (60). – С. 117–120.
2. *Архипов И. О., Аккузин Р. Т.* Измерение размеров структурных элементов зашумленного графического изображения на основе его пространственно-хроматической модели // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2015. – № 2 (66). – С. 100–102.
3. *Егоров С. Ф.* Система анализа изображений поверхности металлических роликов // Интеллектуальные системы в производстве. – 2012. – № 2 (20). – С. 96–98.
4. *Егоров С. Ф.* Исследование и разработка алгоритмов структурного описания и анализа топологии изделий радиоэлектроники в системах контроля : автореф. – Ижевск, 1998.
5. Сопоставление характерных точек на последовательных кадрах в задачах аэронавигации по зрительным образам / А. Н. Максимов [и др.] // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сб. материалов IV Всерос. науч.-техн. конф. асп., магистр. и молодых ученых с междунар. участием. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – С. 428–432.
6. *Архипов И. О., Еланцев М. О.* Методика определения координат летательного аппарата по зрительным образам //

Интеллектуальные системы в производстве. – 2016. – № 4 (31). – С. 4–7.

7. *Гонзалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. – М. : Техносфера, 2006. – 1072 с.
8. Там же.
9. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учеб. пособие / И. С. Грузман [и др.]. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 352 с.
10. *Гонзалес Р., Вудс Р.* Указ. соч.
11. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учеб. пособие / И. С. Грузман [и др.].
12. *Сато Ю.* Обработка сигналов. Первое знакомство. – 2-е изд. – М. : Додэка XXI, 2009. – 176 с.
13. *Оппенгейм А., Шафер Р.* Цифровая обработка сигналов. – 2-е изд. – М. : Техносфера, 2007. – 856 с.
14. *Лайонс Ричард.* Цифровая обработка сигналов. – 2 изд. – М. : Бином-Пресс, 2006. – 656 с.
15. *Сергиенко А. Б.* Цифровая обработка сигналов. – СПб. : Питер, 2007. – 752 с.
16. *Гонзалес Р., Вудс Р.* Указ. соч.
17. Там же.
18. *Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю.* Компьютерная обработка и распознавание изображений : учеб. пособие.
19. *Яне Б.* Цифровая обработка изображений. – М. : Техносфера, 2007. – 584 с.
20. *Гонзалес Р., Вудс Р.* Указ. соч.
21. *Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю.* Указ. соч.
22. *Шapiro Л., Стокман Дж.* Компьютерное зрение. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
23. *Гонзалес Р., Вудс Р.* Указ. соч.
24. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учеб. пособие / И. С. Грузман [и др.].
25. Там же.

*A. A. Khuzin, Master's Degree Student
Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

METHODS OF IMAGE SMOOTHING IN NOISE SUPPRESSION PROBLEMS

In this article presents a review of digital images filtration methods. The main purpose of antialiasing through filters is attempt disposal graphic images from noise. Examples of the considered methods that are required for solving problems of improving the visual representation of images by filtration are given.

Keywords: image filtering methods; digital image processing; image quality.