

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСКАЖЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

студент гр. 814301 Скурко И. А.

*Научный руководитель - к.т.н., доцент Ролич О. Ч.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

В прикладных областях, связанных с цифровой обработкой сигналов, актуальна задача восстановления искаженных изображений [1, 2]. Проблема смазывания изображений имеет место в таких системах, как цифровые фото или видеокамеры, микроскопы, телескопы, томографы, фотоаппараты и т.д. С помощью современных математических и программных инструментов проблема искаженных изображений решается путем нахождения функции размытия и применения цифровых линейных фильтров.

В данной работе рассматриваются два типа искаженных изображений: смазанные и расфокусированные. Цель работы заключается в построении математической модели искажения изображений и разработке алгоритма для их восстановления.

Представляя изображение в виде вещественной функции  $F(x, y)$  двух переменных,  $x \in [0; W]$ ,  $y \in [0; H]$ , где  $W$  и  $H$  – соответственно ширина и высота изображения в пикселях (для полутоновых изображений значения функции  $F(x, y)$  колеблются в промежутке  $[0; 255]$ ), процесс его искажения описывается выражением

$$g(x, y) = h(x, y) \otimes f(x, y) + \eta(x, y) \quad (1)$$

где  $g(x, y)$  – искаженное изображение,  $f(x, y)$  – идеальное (неискаженное) изображение,  $h(x, y)$  – искажающая функция (или функция размытия),  $\eta(x, y)$  – аддитивный шум,  $\otimes$  – операция свертки.

Рассматриваемые в (1) функции являются непрерывными, зависящими от непрерывных пространственных координат  $(x, y)$ . Задача восстановления искаженного изображения заключается в нахождении наилучшего приближения  $f'(x, y)$  исходного изображения к  $f(x, y)$ . В случае расфокусированного изображения каждый пиксель «собирается» из пикселей некоторой его окрестности, превращаясь в пятно, в случае смазанного – в линию. Закон, по которому смазывается пиксель, в теории обработки цифровых изображений называется функцией рассеяния точки или PSF (Point Spread Function). Для расфокусированных изображений PSF представляет собой круг с нечеткими границами, для смазанных – отрезок, расположенный под углом, равным углу смаза.

Для восстановления функции  $f(x, y)$  необходимо обратить свертку, т.е. провести деконволюцию. С помощью теоремы о свертке, гласящей, что операция свертки в пространственной области эквивалентна поэлементному умножению в частотной области, деконволюция выполняется посредством применения операторов прямого и обратного дискретных преобразований Фурье.

Исходя из теоремы о свертке, свертка  $h(x, y) \otimes f(x, y)$  преобразуется в произведение  $H(u, v) \cdot F(u, v)$  в частотной области:

$$h(x, y) \otimes f(x, y) \leftrightarrow H(u, v)F(u, v),$$

где  $H(u, v)$  и  $F(u, v)$  – это Фурье-образы искажающей функции  $h(x, y)$  и функции  $f(x, y)$  исходного изображения соответственно,  $(u, v)$  – пространственные частоты по взаимно перпендикулярным направлениям.

На качество и точность полученного результата влияет функция  $\eta(x, y)$  аддитивного шума. Один из самых известных подходов фильтрации изображения, который учитывает величину аддитивного шума, – это использование фильтра Винера [2]. В этом подходе изображение и шум рассматриваются как случайные процессы, и находится такая приближенная функция неискаженного изображения, при которой среднеквадратическое отклонение функций  $f(x, y)$  и  $f'(x, y)$  было минимальным. Минимум данного отклонения достигается на функции именно в частотной области.

В частотной области выражение (1) переписывается в виде

$$G(u, v) = H(u, v)F'(u, v) + N(u, v),$$

где  $G(u, v)$  – Фурье-образ функции искаженного изображения,  $H(u, v)$  – Фурье-образ искажающей функции,  $F'(u, v)$  – Фурье-образ восстановленного изображения, максимально приближенного к оригиналу,  $N(u, v)$  – Фурье-образ функции аддитивного шума.

Задача сводится к нахождению функции  $F'(u, v)$ . В фильтрации Винера, как было отмечено ранее, аддитивный шум рассматривается в виде случайного процесса, поэтому устранение шума происходит внутри функции  $F'(u, v)$ , полученной Винером:

$$F'(u, v) = \left( \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_\eta(u, v)}{S_f(u, v)}} \right) G(u, v), \quad (2)$$

где функции  $S_\eta(u, v)$  и  $S_f(u, v)$  – это энергетические спектры шума и исходного изображения соответственно.

Поскольку величины  $S_\eta(u, v)$  и  $S_f(u, v)$  определить проблематично, потому что шум – случайный процесс, дробь  $\frac{S_\eta(u, v)}{S_f(u, v)}$  принято заменять константой  $K$ , характеризующей резкость изображения [3].

В случае отсутствия шума на изображении спектральная плотность  $S_\eta(u, v)$  шума устремляется к нулю, и фильтр Винера (2) превращается в обычный обратный фильтр.

В результате решения поставленной задачи на языке программирования Python реализована программа восстановления смазанных и расфокусированных изображений на базе фильтра Винера. В программе настраивается четыре параметра: тип искажения, угол искажения (для смазанных изображений), радиус искажения, константа  $K$  резкости изображения. Программа импортирует цветное изображение в «оттенках серого», и при изменении выше перечисленных параметров отображает результат. Пример работы программы по восстановлению смазанной фотографии автомобиля представлен на рисунке 1.

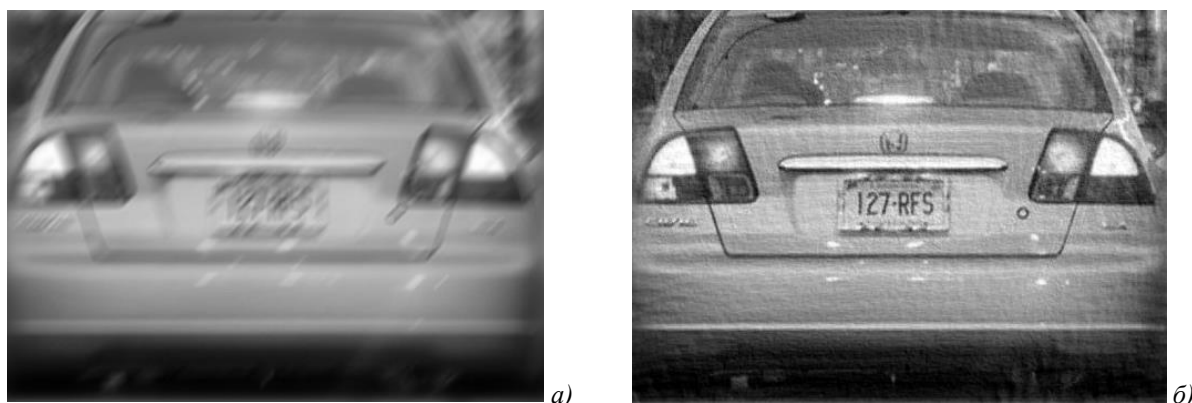


Рис.1. Исходно смазанное (а) и восстановленное (б) изображение автомобиля.

Таким образом, в работе проанализирован математический аппарат восстановления смазанных и расфокусированных изображений и разработана программа, его реализующая. Запрограммирован фильтр Винера в зависимости от заданной пользователем функции рассеяния точки.

### *Литература*

1. Воронин, В. В. Восстановление искаженных пикселей изображений на основе текстурно-геометрической модели / В. В. Воронин, Е. А. Семенищев, В. А. Франц, И. С. Свиригин // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12 – С. 17 – 21.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Ключников, А. С. Алгоритмы и программы цифровой обработки информации / А. С. Ключников, Е. А. Краснобаев [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: [https://lib.vsu.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/2240/Алгоритмы\\_и\\_программы\\_цифровой\\_обработки\\_информации.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://lib.vsu.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/2240/Алгоритмы_и_программы_цифровой_обработки_информации.pdf?sequence=5&isAllowed=y).

УДК 004.93

### **АНАЛИЗ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОГРАММ**

студенты гр. 814301 Маскалик Д. Д., Шепелевич М. М.

*Научный руководитель – к.т.н., доцент Ролич О. Ч.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Важную роль в сенсорных системах играют звуковые сигналы. Их анализ позволяет распознавать зарождающиеся и нарастающие внутренние дефекты при диагностике машинных механизмов в процессе работы, без их остановки и разборки [1].

Для оценки состояний звуковых диапазонов, способных отвечать за работу отдельных подвижных деталей машинных механизмов, в обширном звуковом спектре сигналы требуют спектральной визуализации. Один из способов спектральной визуализации сигналов – это спектрограммы. Спектрограмма, изображающая частоты звука с их амплитудами, представляет график с тремя измерениями: одна ось отвечает за время, другая – за частоту, третье измерение указывает амплитуду на определенной частоте и представляется интенсивностью цвета [2]. В целом, спектрограммы используются в области музыки, сонаров, радаров, сейсмологии, распознавании речи и т. д. [3]. Их обработка как изображения позволяет идентифицировать поведение исследуемых объектов [4].

В построении изображения спектрограммы центральное место занимает дискретное преобразование Фурье, посредством которого вычисляется спектр цифрового сигнала  $f[n]$ :

$$F(m, w) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f[n]W[n-m]e^{-jwn} ,$$

где  $n$  и  $m$  – индексы массивов,  $W[n-m]$  – оконная функция (синус-окно, прямоугольное окно, окно Хемминга и т.п.),  $w$  – частота.

На практике дискретное преобразование Фурье заменяется быстрым Фурье-преобразованием, и общий алгоритм построения спектрограммы сводится к следующему. Поток аудиоданных разбивается на некоторое количество отсчетов. Далее формируются выборки, содержащие в себе равное количество отсчетов. Каждая выборка