

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт машиностроения, материалов и транспорта  
Высшая школа автоматизации и робототехники

# Отчёт

по лабораторной работе №3

Дисциплина: Техническое зрение

Тема: Применение преобразования Фурье для фильтрации изображений

Студент гр. 3331506/70401

Архипов А.Е.

Преподаватель

Варлашин В.В.

«    » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

## Задание

Рассмотреть применение преобразования Фурье для фильтрации изображений в частотной области.

## Задачи

- 1) Реализовать прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ), с возможностью вывода спектра, и обратное ДПФ.;
- 2) Реализовать фильтр низких и высоких частот в соответствии с вариантом задания;
- 3) Провести по отдельности свертку какого-либо изображения с ядром фильтров: Собеля, усредняющего, Лапласа;
- 4) Провести корреляцию изображений автомобильных номеров по очереди с 3-мя символами.

## Ход работы

### 1. Реализация дискретного преобразования Фурье

Дискретное преобразование Фурье реализовано методом *transformFourier*. Одним из параметров метода является флаг, с помощью которого можно выполнять прямое и обратное преобразование. Прямое преобразование Фурье выполняется при флаге равным 0, согласно формуле 1.

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}, \quad (1)$$

где  $f(x, y)$  – цифровое изображение размерами  $M \times N$ .

Помимо флага необходимо передать изображение в формате CV\_32FC1, а результат записывает в двухканальное изображение в формате CV\_32FC2. В нулевом канале находится вещественная часть результата, в первом – мнимая.

Обратное преобразование Фурье выполняется при флаге равным 1, согласно формуле 2.

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{i2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (2)$$

Данный метод, помимо флага, принимает на вход двухканальное изображение в формате CV\_32FC2, а результат записывает в одноканальное изображение в формате CV\_32FC1.

Для оценки результата работы функции было проведено сравнение времени прямого и обратного преобразования Фурье собственной реализации с временем работы аналогичных функций из библиотеки OpenCV. Сравнение происходило в режиме Release.

Также было проведено сравнение результата с исходным полутоновым изображением и найдена среднеквадратичная погрешность. Для оценки использовалось изображение размером 100x100 пикселей. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения

Время выполнения, мс		Среднеквадратичная погрешность	
Функции из библиотеки	Реализованные функции	Функции из библиотеки	Реализованные функции
77	6297	0	0

Получение спектра изображения было реализовано функцией *spectrum*. Данная функция работает следующим образом:

- 1) Разделение Фурье-образа на вещественную и мнимую части;
- 2) Вычисление амплитуды, согласно формуле 3;

$$|F(u, v)| = \sqrt{Re^2 + Im^2} \quad (3)$$

- 3) Перестановка квадрантов 1-3 и 2-4;
- 4) Переход к логарифмическому масштабу.

Пример работы показан на рисунке 1.

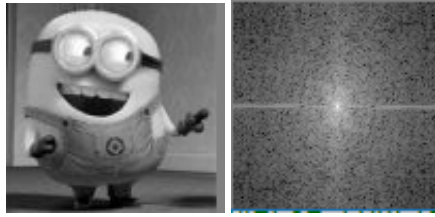


Рисунок 1 – Изображение и его спектр

## 2. Реализация фильтра низких и высоких частот

В соответствии с вариантом задания был реализован фильтр Баттерворта. Передаточные функции фильтров низких частот (ФНЧ) и фильтра высоких частот (ФВЧ) показаны на формулах 4 и 5 соответственно.

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v)/D_0]^{2n}} \quad (4)$$

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0/D(u, v)]^{2n}} \quad (5)$$

где  $D_0$  — частота среза;  $D(u, v)$  — расстояние от центра частотного прямоугольника,  $n$  — порядок фильтра.

Фильтр Баттерворта реализован с помощью метода *ButterworthFilter(Mat& inputImage, Mat& outputImage, float D, int n, int flag)*. Данный метод работает следующим образом:

- 1) Заполнение фильтра;
- 2) Перестановка квадрантов изображения фильтра;
- 3) Вычисление Фурье-образа входного изображения;
- 4) Поэлементное перемножение изображения фильтра и Фурье-образа входного изображения;
- 5) Обратное ДПФ результата перемножения.

На рисунках 2 и 3 представлены: исходное изображение, отфильтрованный спектр изображения и результат фильтрации.

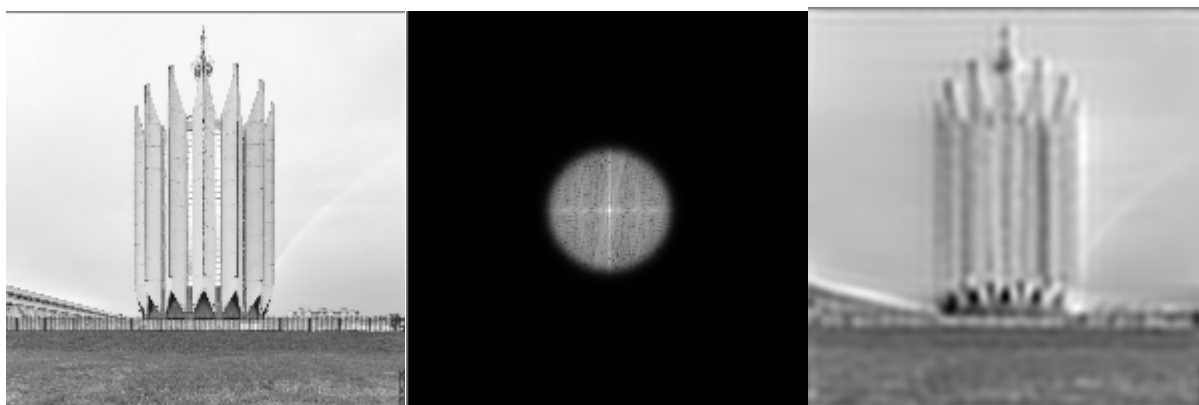


Рисунок 2 – Обработка ФНЧ

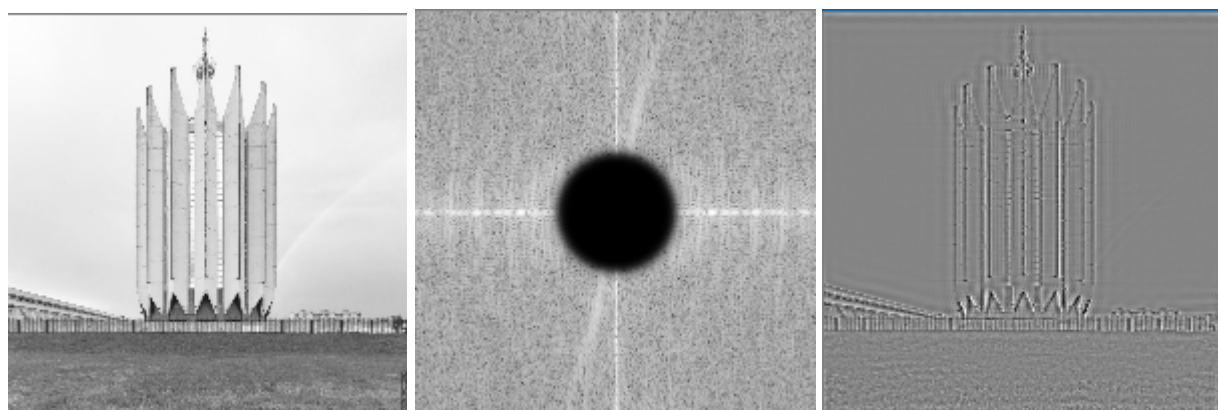


Рисунок 3 – Обработка ФВЧ

### 3. Свертка изображения с ядром различных фильтров

Для свертки изображения с различными ядрами фильтров был реализован метод *covolution(Mat& inputImage, Mat& outputImage, int flag)*. Если параметр *flag* равен 0, то производится свертка с ядром Лапласа.

На рисунке 4 представлены: спектр исходного изображения, спектр фильтра Лапласа, результат свертки.

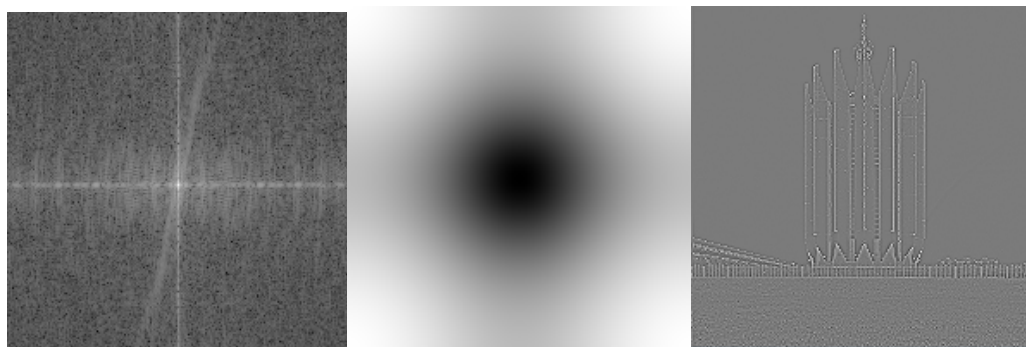


Рисунок 4 – Свертка с ядром фильтра Лапласа

Если параметр flag равен 1, то производится свертка с ядром Собеля по вертикали.

На рисунке 5 представлены: спектр исходного изображения, спектр фильтра Собеля по вертикали, результат свертки.



Рисунок 5 – Свертка с ядром фильтра Собеля по вертикали

Если параметр flag равен 2, то производится свертка с ядром Собеля по горизонтали.

На рисунке 6 представлены: спектр исходного изображения, спектр фильтра Собеля по горизонтали, результат свертки.

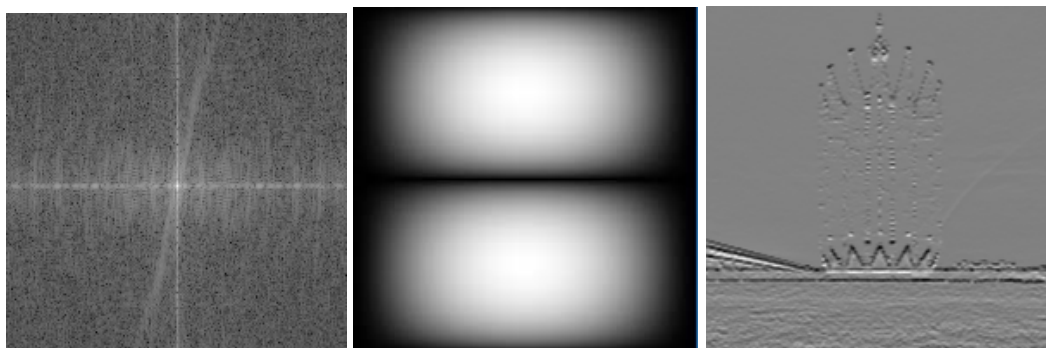


Рисунок 6 – Свертка с ядром фильтра Собеля по горизонтали

Если параметр `flag` равен 3, то производится свертка с ядром усредняющего фильтра.

На рисунке 7 представлены: спектр исходного изображения, спектр усредняющего фильтра, результат свертки.

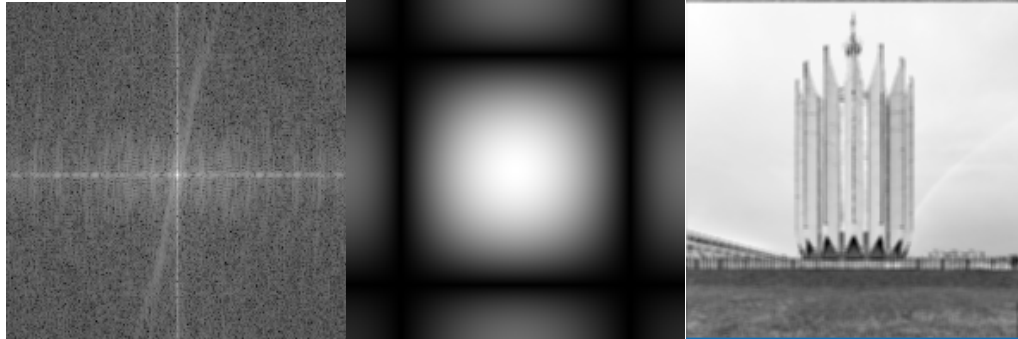


Рисунок 7 – Свертка с ядром усредняющего фильтра

#### 4. Поиск символов на автомобильном номере

Поиск символа на автомобильном номере реализован с помощью метода *findSymbol(Mat inputImage, Mat symbol)*. Алгоритм работы метода:

- 1) Вычитание среднего значения интенсивности из каждого значения интенсивности пикселей изображения и символа;
- 2) Изменение размеров изображения с номером до оптимальных;
- 3) Перенос изображения символа в левый верхний угол пустого изображения с оптимальными размерами;
- 4) Нахождение Фурье-образов изображения с номером и изображения с символом;
- 5) Корреляция данных Фурье-образов;
- 5) Обратное преобразование результата корреляции;
- 6) Обрезание результата обратного преобразования до оригинальных размеров;
- 7) Нормализация и нахождение порогового значения для пороговой фильтрации ( $maxVal - 0,03$ );
- 8) Пороговая фильтрация.

Результат работы метода представлен на рисунке 8.

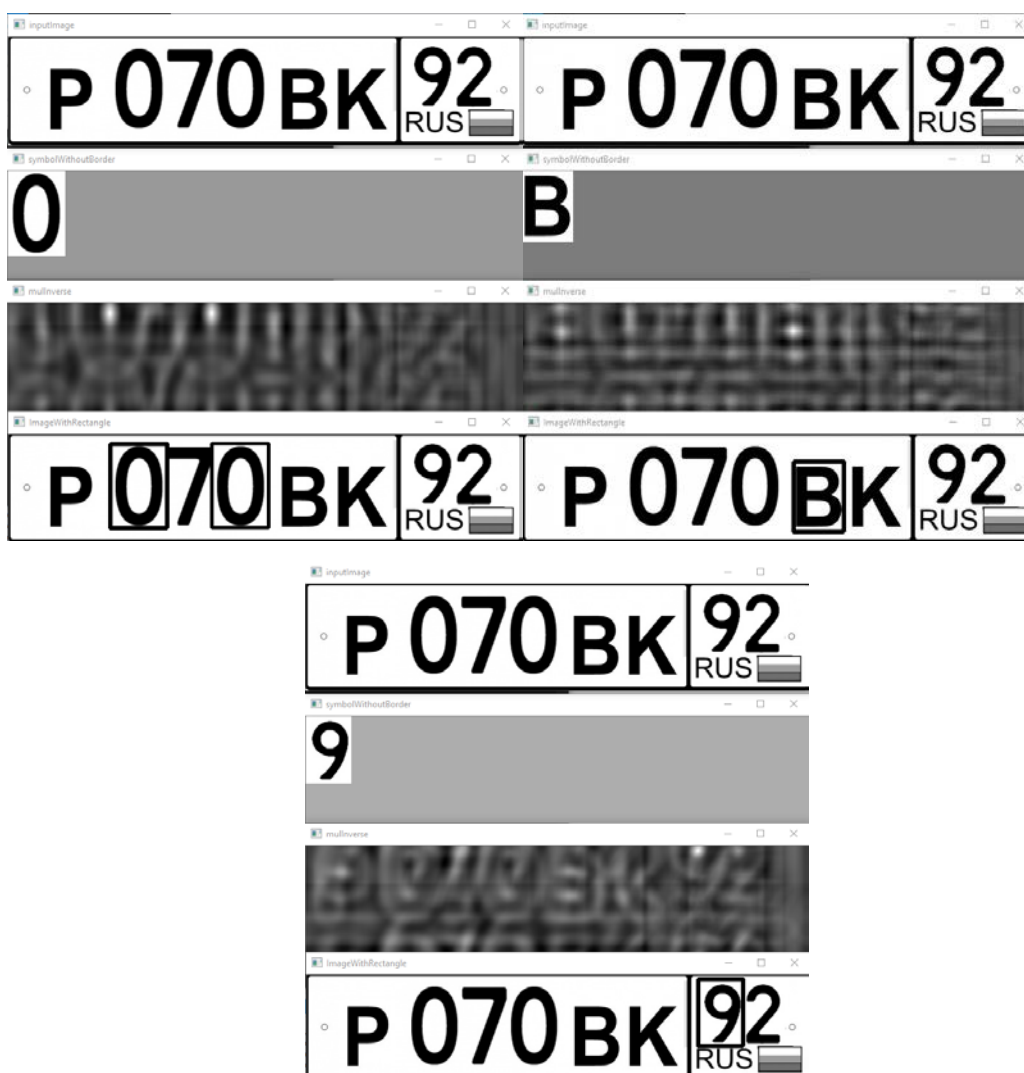


Рисунок 8 – Поиск символов на автомобильном номере

## Вывод

В ходе работы было изучены способы применения дискретного преобразования Фурье для фильтрации изображений в частотной области. Реализованы прямое и обратное преобразования Фурье, проведено сравнение с встроенной функцией. Различия в результатах обусловлены погрешностью вычислений. Также реализованы фильтры Гаусса низких и верхних частот. Проведена свертка изображения с ядром фильтров Собеля, Лапласа, усредняющего. Реализован метод поиска символа на изображении автомобильного номера.