

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

Жернаков А.А.

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

Прямое дискретное преобразование Фурье реализовано функцией *forwadTransform*, 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 $M \times N$.

Данная функция принимает на вход одноканальное 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 дискретное преобразование Фурье реализовано функцией *inverseTransform*, согласно формуле 2.

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

Данная функция, наоборот, 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 последовательной работы обеих функций с временем работы аналогичных функций из библиотеки OpenCV.

Также было проведено сравнение результата с исходным полутоновым изображением и найдена среднеквадратичная погрешность. Для оценки использовалось изображение размером 150x100 пикселей. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения

Время выполнения, с		Среднеквадратичная погрешность	
Функции из библиотеки	Реализованные функции	Функции из библиотеки	Реализованные функции
0,371	11,269	0	0,003

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 Гаусса. Передаточные функции фильтров низких частот (ФНЧ) и фильтра высоких частот (ФВЧ) показаны на формулах 4 и 5 соответственно.

$$H(u, v) = e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}}, \quad (4)$$

$$H(u, v) = 1 - e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}}, \quad (5)$$

где D_0 – частота среза; $D(u, v)$ – расстояние от центра частотного прямоугольника.

Фильтр Гаусса реализован функцией *filterGaussian(Mat& inputImage, Mat& outputImage, float sigma)*. Данная функция работает следующим образом:

- 1) Построение изображения фильтра в соответствии с передаточной функцией 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, спектр соответствующего фильтра до перестановки квадрантов и результат фильтрации.



Рисунок 2 – Обработка ФНЧ

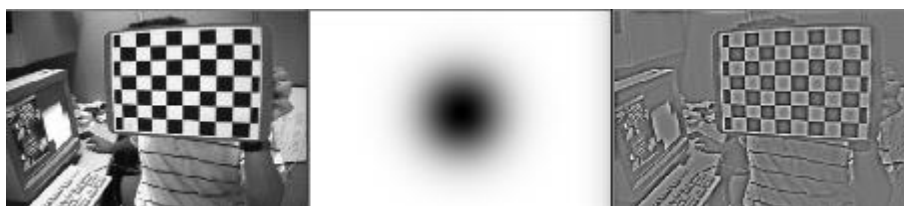


Рисунок 3 – Обработка ФВЧ

3. Свертка изображения с ядром различных фильтров

Для свертки изображения с ядром фильтра Собеля была реализована функция *sobel(Mat& inputImage, Mat& outputImage, int flag)*. Если параметр *flag* равен 0, то производится свертка по горизонтали, если *flag* равен 1 – по вертикали.

На рисунке 4 представлены: спектр исходного изображения, спектр фильтра Собеля по горизонтали, результат свертки.

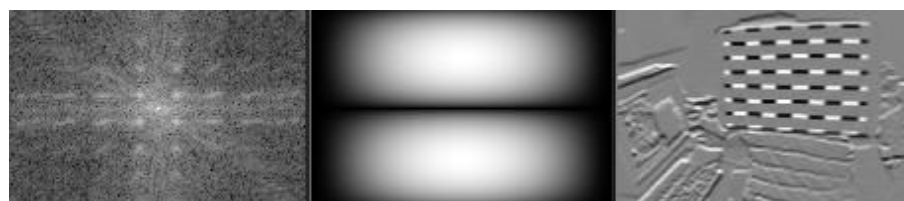


Рисунок 4 – Свертка с ядром фильтра Собеля по горизонтали

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

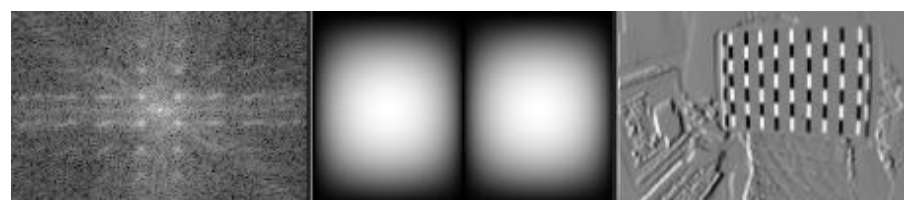


Рисунок 5 – Свертка с ядром фильтра Собеля по вертикали

Для свертки изображения с ядром усредняющего фильтра была реализована функция *boxFilter(Mat& inputImage, Mat& outputImage)*.

На рисунке 6 представлены: спектр исходного изображения, спектр усредняющего фильтра, результат свертки.



Рисунок 6 – Свертка с ядром усредняющего фильтра

Для свертки изображения с ядром фильтра Лапласа была реализована функция *laplace(Mat& inputImage, Mat& outputImage)*.

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

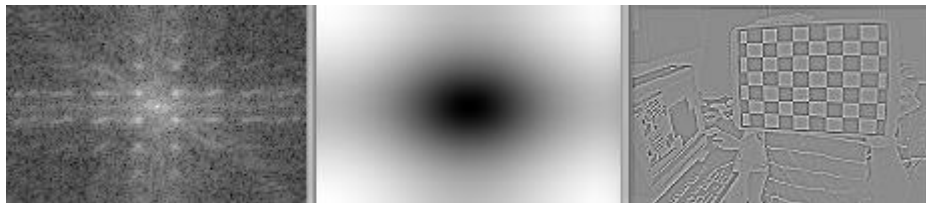


Рисунок 7 – Свертка с ядром фильтра Лапласа

4. Поиск символов на автомобильном номере

Поиск символа на автомобильном номере реализован функцией *carNumber(Mat& number, Mat& symbol)*. Данная функция работает следующим образом:

- 1) Вычисление средней интенсивности изображений номера и символа;
- 2) Вычитание из изображений номера и символа средних значений интенсивности их пикселей;
- 3) Изменение размеров изображения с номером до оптимальных;
- 4) Перенос изображения символа в левый верхний угол пустого изображения с оптимальными размерами;
- 5) Нахождение Фурье-образов изображения с номером и изображения с символом;

6) Корреляция данных Фурье-образов с помощью встроенной функции *musSpectrums*;

7) Обратное преобразование результата корреляции;

8) Обрезание результата обратного преобразования до оригинальных размеров;

9) Нормализация и нахождение порогового значения для пороговой фильтрации ($maxVal = 0,014$);

10) Пороговая фильтрация.

Результат работы функции представлен на рисунках 8 и 9.

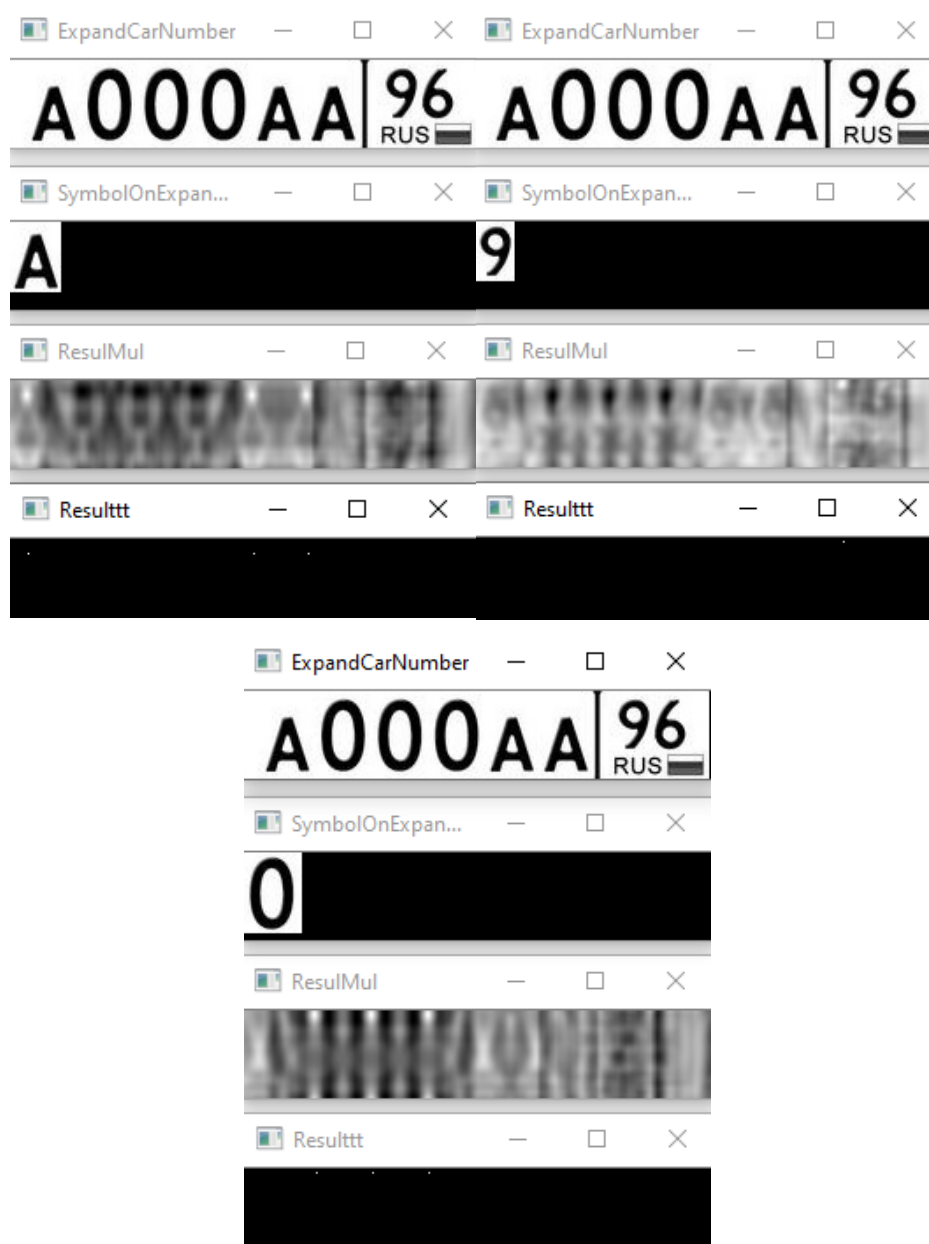


Рисунок 8 – Поиск символов на автомобильном номере



Рисунок 9 – Поиск глаз

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.

Дополнительное задание

Существуют несколько методов частотной фильтрации изображений:

- 1) С нахождением спектра изображения и вырезом из него определенных частот;
- 2) С нахождением Фурье-образов изображения и фильтра и последующим их перемножением;
- 3) С нахождением Фурье-образа изображения и его перемножением с изображением фильтра.

Для фильтрации изображения фильтром Гаусса в данной работе был применен третий метод, так как он является наиболее производительным.

Алгоритм метода:

- 1) Вычисление передаточной функции ФНЧ Гаусса, изображение фильтра показано на рисунке 10;

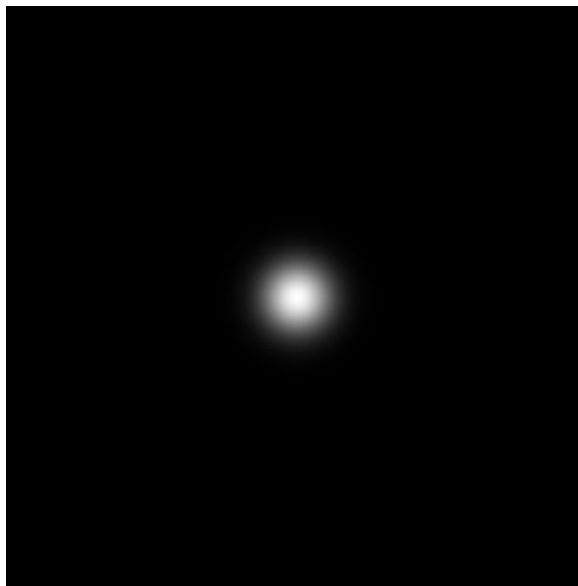


Рисунок 10 – ФНЧ Гаусса

- 2) Перестановка квадрантов данной передаточной функции;
- 3) Нахождение Фурье-образа исходного изображения;
- 4) Поэлементное перемножение результатов пунктов 2) и 3);
- 5) Обратное преобразование результата пункта 4).

Существует вариант с нахождением Фурье-образа фильтра и дальнейшим его перемножением с образом изображения, но искать образ

фильтра Гаусса необязательно, так как и прямое, и обратное Фурье-преобразования гауссовой функции являются действительными гауссовыми функциями

$$A2\pi\sigma^2 e^{-i2\pi^2\sigma^2(t^2+z^2)} \Leftrightarrow Ae^{-(\mu^2+\nu^2)/2\sigma^2} \quad (A — константа)$$