



НИУ ИТМО

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3

“Фильтрация изображений”

Выполнили:

Александр Иванов, Ф ТЕХ.ЗРЕНИЕ 1.1

Ани Аракелян, ТЕХ.ЗРЕНИЕ 1.1

Никита Братушка, ТЕХ.ЗРЕНИЕ 1.3

Преподаватель:

Шаветов С. В.

Санкт-Петербург, 2024

Содержание

1. Типы шумов	4
1.1. Импульсный шум	4
1.2. Аддитивный шум	5
1.3. Мультипликативный шум	6
1.4. Гауссов (нормальный) шум	7
1.5. Шум квантования	8
2. Фильтрация изображений	9
2.1. Низкочастотная фильтрация	10
2.1.1. Контргармонический усредняющий фильтр	10
2.1.2. Фильтр Гаусса	17
2.2. Нелинейная фильтрация	21
2.2.1. Медианная фильтрация	21
2.2.2. Взвешенная медианная фильтрация	25
2.2.3. Адаптивная медианная фильтрация	29
2.2.4. Ранговая фильтрация	29
2.2.5. Винеровская фильтрация	36
2.3. Высокочастотная фильтрация	40
2.3.1. Фильтр Робертса	40
2.3.2. Фильтр Превитта	41
2.3.3. Фильтр Собела	41
2.3.4. Фильтр Лапласа	41
2.3.5. Алгоритм Кэнни	41

3. Выводы	41
4. Ответы на вопросы	41

1. Типы шумов

Шум – разнообразные искажения на цифровых изображениях, обусловленные разного рода помехами.

В данной лабораторной работе мы рассмотрим наиболее распространенные модели шумов на примере воздействия их на изображения 1.



Рис. 1: Исходное изображение

1.1. Импульсный шум

Зашумленное изображение I описывается следующей системой, причем значение интенсивности пикселя $I(x, y)$ будет изменено на значение $d \in [0, 255]$:

$$\begin{cases} d, & \text{с вероятностью } p, \\ s_{x,y}, & \text{с вероятностью } (1 - p), \end{cases} \quad (1)$$

где $s_{x,y}$ — интенсивность пикселя исходного изображения, если $d = 0$ — шум типа «перец», если $d = 255$ — шум типа «соль».



Рис. 2: Результат воздействия импульсного шума на изображение 1

Итак, на изображении 2 отчетливо видны появившиеся белые («соль») и черные («перец») точки, что является характерным для импульсного шума, именно из-за этого он часто называется точечным шумом

1.2. Аддитивный шум

Аддитивный шум описывается следующим выражением:

$$I_{new}(x, y) = I(x, y) + \eta(x, y), \quad (2)$$

где I_{new} — зашумленное изображение, I — исходное изображение, η — не зависящий от сигнала аддитивный шум с гауссовым или любым другим распределением функции плотности вероятности.



Рис. 3: Результат воздействия аддитивного шума на изображение 1

Наложив аддитивный шум на исходное изображение, мы получили как будто выцветшую картинку, на которой также появилась небольшая зернистость

1.3. Мультиплексивный шум

Мультиплексивный шум описывается следующим выражением:

$$I_{new}(x, y) = I(x, y) \cdot \eta(x, y), \quad (3)$$

Частным случаем мультиплексивного шума является спекл-шум, который мы и рассмотрим



Рис. 4: Результат воздействия спекл-шума на изображение 1

Мы получили изображение на котором можно отчетливо наблюдать светлые пятна, крапинки (спеклы), которые разделены темными участками изображения, что соответственно характерно при наложении спекл-шума

1.4. Гауссов (нормальный) шум

Функция распределения плотности вероятности $p(z)$ случайной величины z описывается следующим выражением:

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

где z — интенсивность изображения (например, для полутонаового изображения $z \in [0, 255]$), μ — среднее (математическое ожидание) случайной величины z , σ — среднеквадратичное отклонение, дисперсия σ^2 определяет мощность вносимого шума.



Рис. 5: Результат воздействия Гауссова шума на изображение 1

При применении Гауссового (нормального) шума к изображению, оно становится более размытым или зернистым. Он добавляет случайные значения пикселям изображения, что приводит к потере деталей и четкости.

1.5. Шум квантования

Приближенно шум квантования можно описать распределением Пуассона. Такой шум не устраняется.



Рис. 6: Результат воздействия шума квантования на изображение 1

Шум на первый взгляд может показаться незаметным, но он есть, при сильном растяжении изображения это видно. На картинке появилась очень мелкая зернистость

2. Фильтрация изображений

Локальнym преобразованием называется такое преобразование, при котором для вычисления значения интенсивности каждого пикселя учитываются значения соседних пикселей в некоторой окрестности, называемой *окном*, представляющей собой некоторую матрицу, которую также называют *маской*, *фильтром*, *ядром фильтра*, а сами значения элементов матрицы соответственно *коэффициентами*. Как правило, маска имеет квадратную форму.

Фильтрация изображения I , имеющего размеры $M \times N$, с помощью маски размера $m \times n$

описывается формулой:

$$I_{new}(x, y) = \sum_s \sum_t w(s, t) I(x + s, y + t), \quad (5)$$

где s и t — координаты элементов маски относительно ее центра (в центре $s = t = 0$). Такого рода преобразования называются *линейными*.

Фильтрация в скользящем окне — преобразование, при котором после вычисления нового значения интенсивности пикселя $I_{new}(x, y)$ окно w , в котором описана маска фильтра, сдвигается и вычисляется интенсивность следующего пикселя.

2.1. Низкочастотная фильтрация

Низкочастотные пространственные фильтры ослабляют высокочастотные компоненты (области с сильным изменением интенсивностей) и оставляют низкочастотные компоненты изображения без изменений. Отличительными особенностями ядра низкочастотного фильтра являются: неотрицательные коэффициенты маски и то, что сумма всех коэффициентов равна единице.

2.1.1. Контргармонический усредняющий фильтр

Фильтр базируется на выражении:

$$I_{new}(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I(i, j)^{Q+1}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I(i, j)^Q}, \text{ где } Q \text{ — порядок фильтра.} \quad (6)$$

Рассмотрим применение фильтра при $Q > 0$ и $Q < 0$ к различным типам шумов.



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 7: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = -1.85$ к различным типам шумов



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 8: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = -0.85$ к различным типам шумов



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 9: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = -0.5$ к различным типам шумов



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 10: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = 0.5$ к различным типам шумов



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 11: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = 0.85$ к различным типам шумов



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 12: Результат применения контргармонического усредняющего фильтра при значении $Q = 1.85$ к различным типам шумов

2.1.2. Фильтр Гаусса

При фильтрации изображений будем использовать двумерный фильтр Гаусса:

$$G_\sigma = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-y^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 13: Результат применения фильтра Гаусса к различным типам шумов при $n = 3$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 14: Результат применения фильтра Гаусса к различным типам шумов при $n = 7$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 15: Результат применения фильтра Гаусса к различным типам шумов при $n = 11$

2.2. Нелинейная фильтрация

2.2.1. Медианная фильтрация



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 16: Результат применения медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 3$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 17: Результат применения медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 5$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 18: Результат применения медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 7$

2.2.2. Взвешенная медианная фильтрация



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 19: Результат применения взвешенной медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 3$



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 20: Результат применения взвешенной медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 5$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 21: Результат применения взвешенной медианной фильтрации к различным типам шумов при $k = 7$

2.2.3. Адаптивная медианная фильтрация

2.2.4. Ранговая фильтрация



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 22: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 3, r = 1$



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 23: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 3, r = 5$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 24: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 3, r = 9$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 25: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 5, r = 1$



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 26: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 5, r = 14$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультиплексионный шум

Рис. 27: Результат применения ранговой фильтрации к различным типам шумов при $k = 5, r = 25$

2.2.5. Винеровская фильтрация



(а) Исходное изображение



(б) Импульсный шум



(с) Аддитивный шум



(д) Гауссов шум



(е) Шум квантования



(ф) Мультипликативный шум

Рис. 28: Результат применения Винеровской фильтрации к различным типам шумов при $k = 3$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 29: Результат применения Винеровской фильтрации к различным типам шумов при $k = 5$



(a) Исходное изображение



(b) Импульсный шум



(c) Аддитивный шум



(d) Гауссов шум



(e) Шум квантования



(f) Мультипликативный шум

Рис. 30: Результат применения Винеровской фильтрации к различным типам шумов при $k = 7$

2.3. Высокочастотная фильтрация

2.3.1. Фильтр Робертса

2.3.2. Фильтр Превитта

2.3.3. Фильтр Собела

2.3.4. Фильтр Лапласа

2.3.5. Алгоритм Кэнни

3. Выводы

4. Ответы на вопросы

Q1. В чем заключаются основные недостатки адаптивных методов фильтрации изображений?

A1.

Q2. При каких значениях параметра Q контргармонический фильтр будет работать как арифметический, а при каких – как гармонический?

A2. Q – это порядок фильтра. Контргармонический фильтр является обобщением усредняющих фильтров. При $Q = 0$ фильтр превращается в арифметический, а при $Q = -1$ – в гармонический.

Q3. Какими операторами можно выделить границы на изображении?

A3. Можно выделить границы с использованием дифференциального оператора Робертса.

Q4. Для чего на первом шаге выделения контуров, как правило, выполняется низкочастотная фильтрация?

A4.