

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
Кафедра инженерной кибернетики

**Отчет по лабораторной №2 на тему:  
«Зашумление изображений»**

по дисциплине:  
«Компьютерное зрение»  
Направление подготовки: 01.03.04 Прикладная математика

Семестр 5

Выполнил:  
Фейгенберг М.И.

БПМ-23-ПО-3

30.11.2025

Подпись: \_\_\_\_\_

Проверил:  
Полевой Д.В.

\_\_\_\_\_  
(оценка)

\_\_\_\_\_  
(дата проверки)

Подпись: \_\_\_\_\_

Москва 2025

## Цель работы

Изучение свойств аддитивного нормального шума на цифровых изображениях.

## Задание

- Генерация тестового изображение размером  $256 \times 256$  пикселей (CV\_8UC1), состоящее из трёх однородных областей: фон, центральный квадрат со стороной 209 пикселей, круг радиуса 83 пикселя, расположенный в центре квадрата.
- Добавление к изображениям аддитивного нормального несмещенного шума с заданным значением среднеквадратичного отклонения.
- Рассчитывать статистики распределения яркости по однородным областям.
- Визуализировать гистограммы яркости для всех изображений.

## Инструкция по сборке и запуску

Сборка проекта выполняется с использованием CMake:

```
cmake .  
cmake --build ./build
```

Запуск программы:

```
./task02 output --hist
```

Output - путь для сохранения итоговых результатов, `--hist` - необязательный флаг для сохранения визуализации гистограмм.

## Теоретические сведения

Аддитивный гауссовский шум моделируется как:

$$I_{\text{noisy}}(x,y) = I(x,y) + n(x,y),$$

где:

- $I(x,y)$  - исходная яркость пикселя,
- $n(x,y)$  - нормально распределенная случайная величина с нулевым средним и дисперсией  $\sigma^2$ .

## Реализация

### Генерация тестового изображения

Для генерации тестового изображения реализована функция:

```
cv::Mat gen_tgting00(int lev0, int lev1, int lev2)
```

, которая рисует задний фон, квадрат и круг с уровнями яркости, соответственно, lev1, lev2 и lev3

### Добавление шума

```
cv::Mat add_noise_gau(const cv::Mat &img, int sigma)
```

- Генерирует матрицу шума с использованием `cv::randn`.
- Преобразует изображение в формат `float`.
- Складывает изображение и шум.
- Преобразует результат обратно в 8-битное изображение.

Таким образом моделируется аддитивный несмещенный гауссовский шум.

### Маски однородных областей

```
static RegionMasks generate_masks()
```

Для анализа распределений яркости по областям формируются три бинарные маски фона, квадрата и круга. Маски используются для выборочного подсчета статистики только по соответствующим пикселям.

### Расчет статистических характеристик

```
PixelDistributionStats calc_distribution_stats(const cv::Mat& img, const cv::Mat& mask)
```

Для каждой маски вычисляются:

- количество пикселей
- среднее значение
- дисперсия
- среднеквадратичное отклонение
- минимальное и максимальное значения яркости

Расчет выполняется прямым суммированием значений и квадратов значений яркости.

Визуализация гистограмм

```
cv::Mat draw_histogram_8u(const cv::Mat& img, const cv::Scalar& background_color, const cv::Scalar& bar_color)
```

Для визуализации распределений яркости реализован рисователь гистограмм, значения распределения яркостей подсчитываются при помощи функции `cv::calcHist` описанной в OpenCv. После этого значения нормализуются к промежутку [0, 250] и рисуются на итоговой визуализации гистограммы.

## Экспериментальные результаты

Табличные результаты статистического анализа

В таблицах ниже приведены экспериментальные оценки математического ожидания и дисперсии распределения яркости для однородных областей (фон, квадрат, круг) и их сравнение с теоретическими значениями.

Набор уровней яркости: [0, 127, 255]

$\sigma$	Область	Теор. уровень	Среднее (exp)	$\Delta$ mean	Теор. дисперсия	Дисперсия (exp)	$\sigma$ (exp)
0	Фон	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000

0	Квадрат	127	127.000	0.000	0	0.000	0.000
0	Круг	255	255.000	0.000	0	0.000	0.000
3	Фон	0	1.192	1.192	9	3.154	1.776
3	Квадрат	127	126.996	−0.004	9	8.885	2.981
3	Круг	255	253.812	−1.188	9	3.063	1.750
7	Фон	0	2.797	2.797	49	16.714	4.088
7	Квадрат	127	127.002	0.002	49	49.105	7.007
7	Круг	255	252.182	−2.818	49	16.938	4.116
15	Фон	0	5.988	5.988	225	76.513	8.747
15	Квадрат	127	127.050	0.050	225	227.310	15.077
15	Круг	255	249.077	−5.923	225	75.106	8.666

Аналогичные таблицы были получены для остальных наборов уровней яркости:

- [20, 127, 235]
- [55, 127, 200]
- [90, 127, 165]

Полные численные результаты сохранены программой в текстовый файл output\_stats.txt.

### Статистический анализ

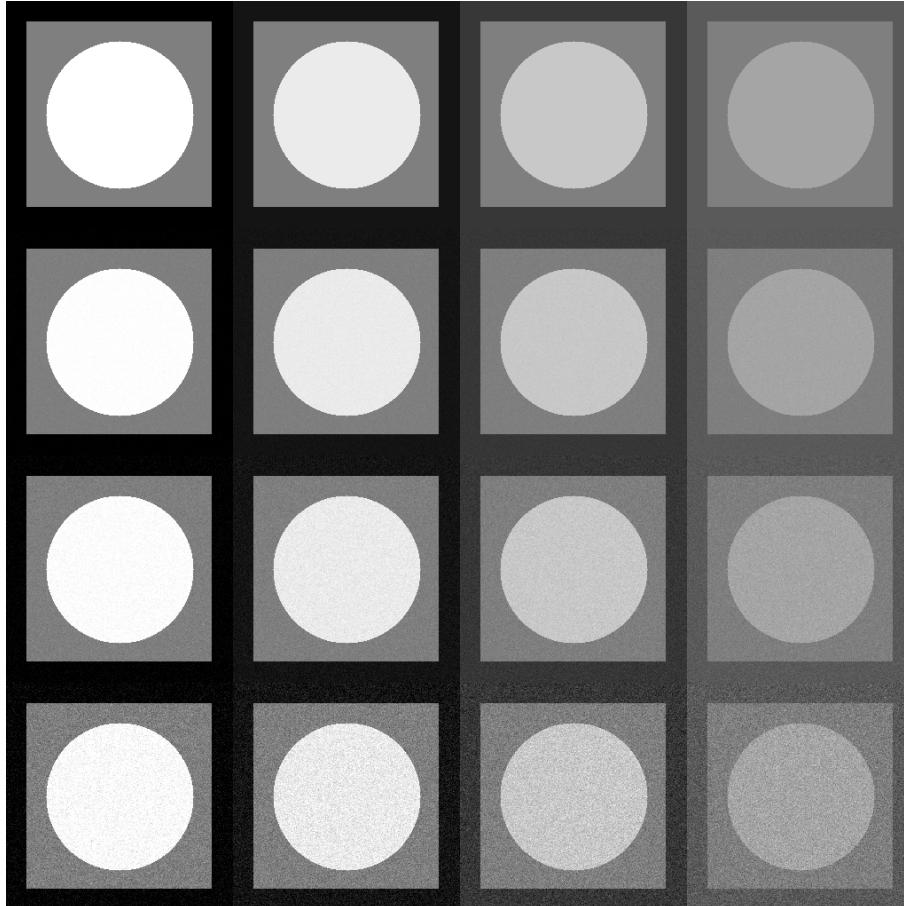


Рис. 1, тестовые изображения при разных уровнях яркости (по горизонтали) и значениях std (по вертикали)

Для каждого изображения были рассчитаны статистики распределения яркости по трём однородным областям. Основные наблюдения исходя из статистики:

- для изображений без шума среднее значение яркости в каждой области совпадает с заданным уровнем
- при добавлении шума экспериментальное среднее остаётся близким к теоретическому значению, что подтверждает несмещённость шума
- при увеличении std наблюдается расширение диапазона значений яркости и рост стандартного отклонения

## Анализ гистограмм

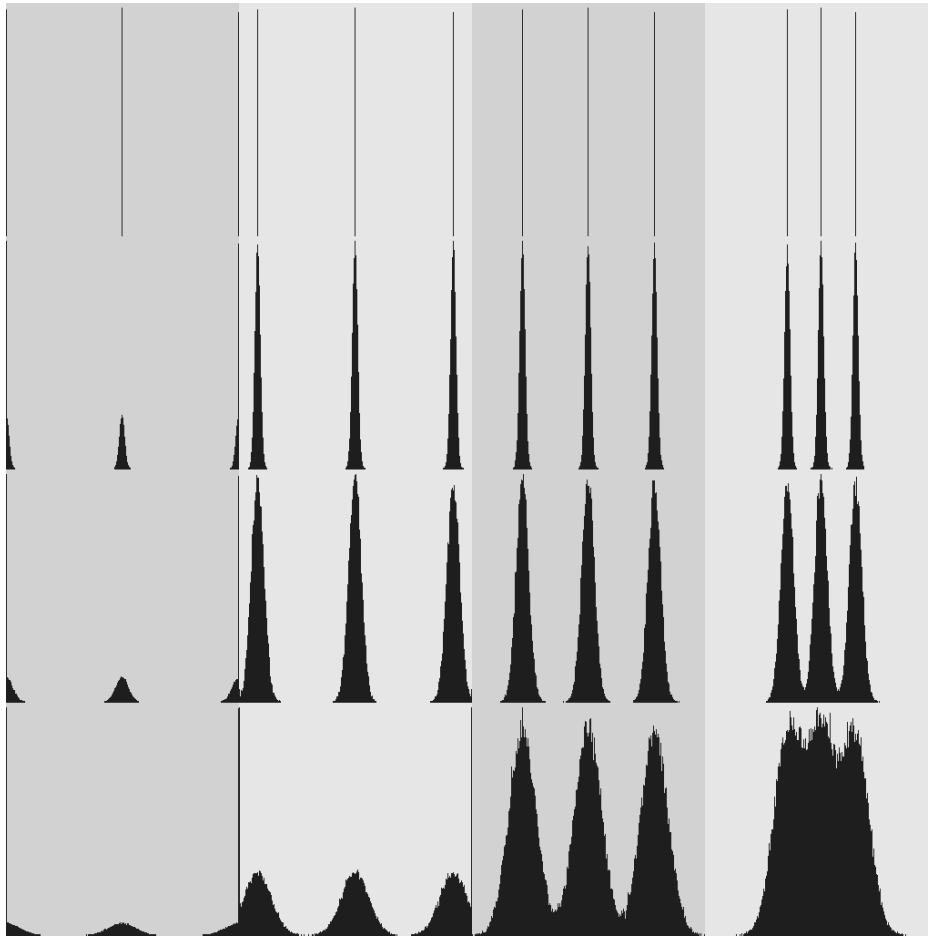


Рис. 2, гистограммы тестовых изображений при разных уровнях яркости (по горизонтали) и значениях std (по вертикали)

По полученным на выходе гистограммам яркости мы явно видим:

- для исходных изображений узкие пики, на фиксированных изначально на заднем фоне, квадрате и кругу уровнях яркости
- для зашумленных изображений распределения, близкие к нормальным, центрированные около исходных уровней яркости
- увеличение std приводит к увеличению ширины распределения.