

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 изображения 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

Весь код используемый и описываемый в данной лабораторной работы можно найти по ссылке:

(<https://github.com/Asbecov/misis2025f-23-03-feigenberg-m-i/tree/master>)

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  $\sigma^2$ .

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

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

0	mean	0	12 7	25 5	20	12 7	23 5	55	127	200	90	127	165
	var	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	stddev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0	12 7	25 5	20	12 7	23 5	55	127	200	90	127	165

3	mean	1.1 92	12 6.9 96	25 3.8 12	19. 98 1	12 7.0 17	23 4.9 94	54. 985	127 .00 9	199 .98 6	90. 004	127 .02 0	164 .97 6
	var	3.1 54	8.8 85	3.0 63	9.0 51	9.1 28	8.8 94	8.9 62	9.0 75	9.2 31	9.2 35	9.0 31	8.8 91
	stddev	1.7 76	2.9 81	1.7 50	3.0 08	3.0 21	2.9 82	2.9 94	3.0 13	3.0 38	3.0 39	3.0 05	2.9 82
	max	13	13 9	25 5	33	13 9	24 6	67	140	211	101	140	177

7	mean	2.7 97	12 7.0 02	25 3.8 12	19. 97 2	12 6.9 95	23 4.9 63	54. 962	127 .05 2	199 .93 5	90. 013	126 .92 8	165 .01 6
	var	16. 71 4	49. 10 5	16. 93 8	49. 69 6	48. 60 9	50. 46 9	48. 94	49. 37	50. 034	48. 91	48. 865	48. 745
	stddev	4.0 88	7.0 07	4.1 16	7.0 50	6.9 72	7.1 04	6.9 96	7.0 26	7.0 73	6.9 94	6.9 90	6.9 82

	max	26	15 9	25 5	45	15 4	25 5	84	154	227	116	157	192
--	-----	----	---------	---------	----	---------	---------	----	-----	-----	-----	-----	-----

15	mean	5.9 88	12 7.0 5	24 9.0 77	20. 66 4	12 7.0 93	23 4.5 12	55. 050	127 .03 6	200 .09 9	90. 092	126 .89 8	165 .01 9
	var	76. 51 3	22 7.3 1	75. 10 6	19 3.5 69	22 6.2 76	19 0.1 48	227 .43 4	223 .51 8	225 .58 1	223 .42 1	226 .27 4	226 .70 8
	stddev	8.7 47	15. 07 7	8.6 66	13. 91 3	15. 04 2	13. 78 9	15. 081	14. 951	15. 019	14. 947	15. 042	15. 057
	max	61	19 0	25 5	90	18 5	25 5	115	183	255	153	187	229

**Статистический анализ**

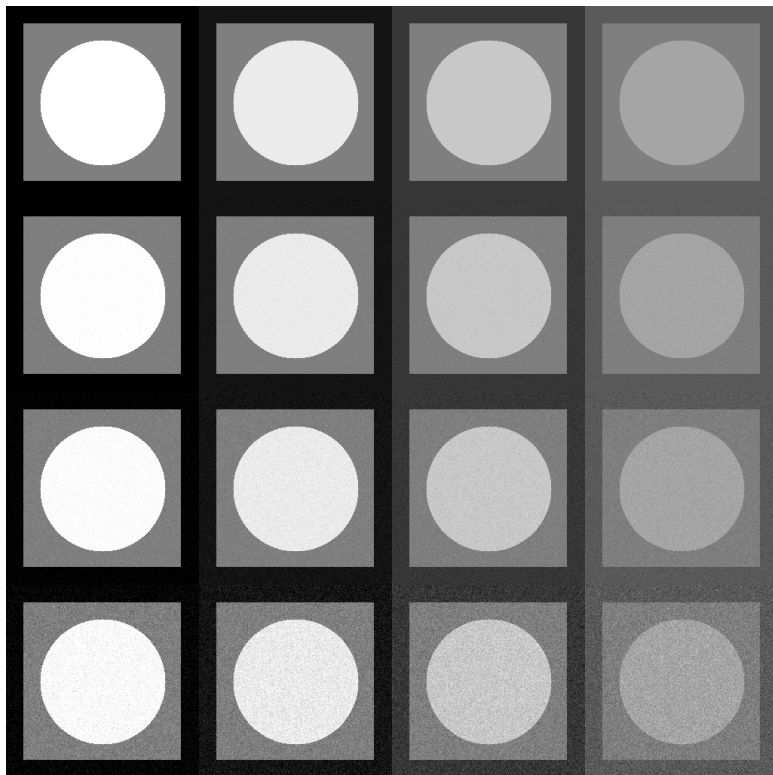


Рис. 1, тестовые изображения при разных уровнях яркости (по горизонтали) и значениях std (по вертикали)

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**

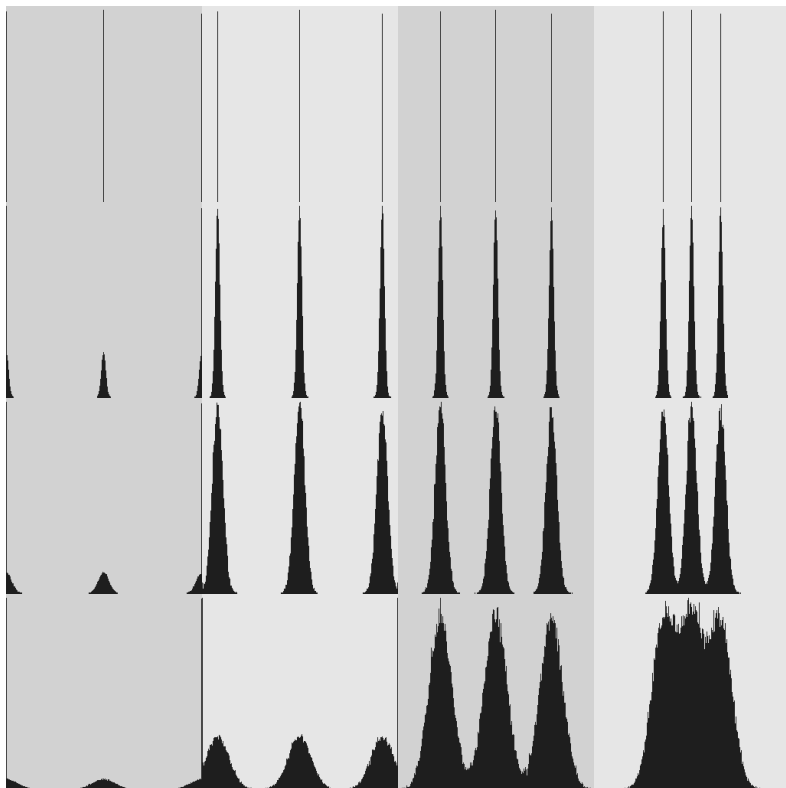


Рис. 2, гистограммы тестовых изображений при разных уровнях яркости (по горизонтали) и значениях std (по вертикали)

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.