

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

**Отчет по лабораторной №3 на тему:
«Бинаризация»**

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

Целью лабораторной работы является изучение методов бинаризации изображений и оценки качества сегментации на уровне пикселей.

Задание

- Глобальная бинаризация изображения с визуализацией промежуточных результатов.
- Генерация нескольких бинарных масок различными методами и создание эталонной маски.
- Оценка качества бинаризации путём сравнения с эталонной маской и анализа зависимости метрик качества от порога для выведения наилучшего значения порога.

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
```

Примеры запуска:

```
./task03 --thresh_bin input.png out_dir 127  
./task03 --gen_masks input.png out_dir  
./task03 --assess_quality input.png gt_mask.png out_dir
```

Теоретические сведения

Бинаризация изображений

Процесс преобразования полутонового изображения в бинарное:

$$I_b(x, y) = \begin{cases} 0, & I(x, y) \leq t \\ 1, & t < I(x, y) \end{cases}$$

где:

- $I(x, y)$ - яркость пикселя исходного изображения;
- T - порог бинаризации.

Глобальная бинаризация использует единый порог для всего изображения, что делает метод простым, но чувствительным к неравномерному освещению и шуму.

Общая схема обработки изображений включает следующие этапы:

- Загрузка исходного цветного изображения
- Преобразование в полутоновое изображение
- Построение и визуализация гистограммы яркости
- Применение глобальной бинаризации
- Формирование наложения маски на исходное изображение
- Генерация альтернативных бинарных масок (фиксированный порог, метод Оtsu, адаптивная бинаризация)
- Оценка качества бинаризации по эталонной маске

Реализация

Вся последующая работа будет осуществляться над этим исходным изображением.



Рис. 1, исходное изображение

Получение полутонового изображения
`cv::Mat to_grayscale(const cv::Mat& img)`



Рис. 2, изображение переведенное в полутона

Преобразование в оттенки серого выполняется стандартным преобразованием цветового пространства RGB - Gray с использованием средств OpenCV `cv::cvtColor`.

Визуализация гистограммы

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

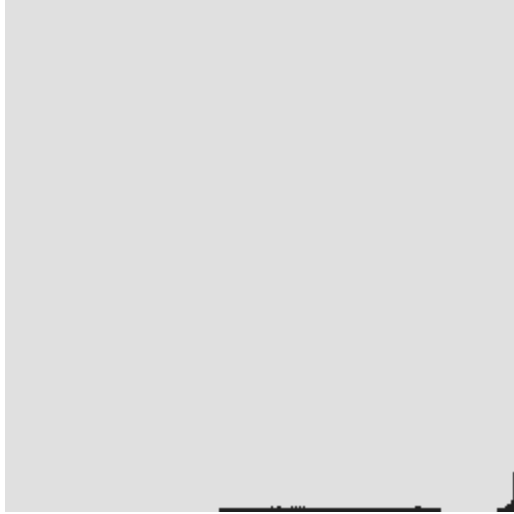


Рис. 3, гистограмма исходного изображения переведенного в полутона

Для анализа распределения яркости строится гистограмма при помощи метода, описанного в предыдущей лабораторной работе. Как видно по полученному распределению можно легко заметить что подавляющее количество пикселей - белые, что легко позволяет определить пороговое значение для отделения объекта на фотографии.

Глобальная бинаризация

```
cv::Mat global_binarization(const cv::Mat &img, const int threshold, const int maxVal)
```



Рис. 4, полученная бинаризация изображения при пороговом значении $T = 127$.

Глобальная бинаризация реализована с использованием пороговой функции `cv::threshold` и позволяет задать значение порога вручную.

Визуализация маски

```
cv::Mat overlay_mask(const cv::Mat& img, const cv::Mat& mask, const  
cv::Scalar& mask_color, const double alpha)
```



Рис. 5, наложенная на изображение маска

Для наглядности бинарная маска накладывается на исходное изображение с использованием цветного полупрозрачного слоя.

Генерация эталонных масок

Сформированы три варианта масок



Рис. 6, маска полученная глобальной бинаризацией с порогом 127



Рис. 7, маска полученная глобальной бинаризацией методом ОТСУ



Рис. 8, маска полученная адаптивным пороговым методом бинаризации

Из полученных результатов бинаризации, был выбран последний вариант, как вариант, сохранивший наибольшее количество деталей. После очистки

данной маски ее можно использовать как эталонную.



Рис. 9, эталонная маска

Оценка качества бинаризации

Метрики классификации пикселей

```
BinaryClassificationMetrics calc_binary_metrics(const cv::Mat& predicted_mask,  
const cv::Mat& mask)
```

Каждый пиксель рассматривается как результат бинарной классификации на сравнении с эталонной маской. Рассчитываются следующие величины:

- TP (пиксель верно отнесенный к объекту)
- FP (пиксель неверно отнесенный к объекту)
- FN (пиксель неверно отнесенный к фону)
- TN (пиксель верно отнесенный к фону)

На их основе вычисляются метрики качества:

- TPR (True Positive Rate):
$$TPR = TP / (TP + FN)$$
- FPR (False Positive Rate):
$$FPR = FP / (FP + TN)$$
- Precision:
$$Precision = TP / (TP + FP)$$

- Accuracy:

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$
- Intersection over Union (IoU)

$$\text{IoU} = TP / (TP + FP + FN)$$

Метрика IoU является одной из основных для оценки качества сегментации, так как оценивает степень совпадения выделенной маской области с эталонной.

Анализ зависимости качества от порога

Для анализа качества бинаризации выполнялся перебор порогов в диапазоне [0; 255] с шагом 5. Для каждого значения порога вычислялись все метрики качества на сравнении с эталонной маской, а результаты сохранялись в таблицу. Анализируя таблицу можно понять что:

- при слишком малых значениях порога резко возрастает количество ложноположительных пикселей
- при слишком больших порогах увеличивается число пропусков объекта (FN)
- существует оптимальный диапазон порогов, в котором метрика IoU достигает максимума (уровень яркости 135 - 160)



Рис. 10, оптимальная бинаризация при $T = 145$, $\text{IoU} = 0.901853$

Анализ проблем и ограничений метода

Глобальная бинаризация обладает следующими недостатками:

- высокая чувствительность к освещению
- зависимость от контраста объекта и фона
- снижение качества при наличии шумов

Адаптивные методы и автоматический выбор порога (например, метод Оtsu) частично решают данные проблемы.