



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Кафедра *информационных технологий и вычислительных систем*

Гаврилов Андрей Геннадьевич

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине

«Системы цифровой обработки изображений»

на тему **«Бинаризация изображений»**

Содержание

| | |
|--------------------------------------|---|
| ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ | 2 |
| Критерий Гаврилова | 2 |
| Критерий Отсу | 3 |
| ЛОКАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ | 3 |
| Критерий Ниблека | 3 |
| Критерий Сауволи | 4 |
| Критерий Кристиана Вульфа | 4 |
| Критерий Брэдли-Рота | 4 |
| Задание на лабораторную работу | 6 |

Процесс бинаризации – это перевод цветного (или в градациях серого) изображения в двухцветное. Главным параметром такого преобразования является порог t – значение, с которым сравнивается яркость каждого пикселя. По результатам сравнения, пикселю присваивается значение 0 или 1. Существуют различные методы бинаризации, которые можно условно разделить на две группы – глобальные и локальные. В первом случае величина порога t остается неизменной в течение всего процесса бинаризации. Во втором изображение разбивается на области, в каждой из которых вычисляется локальный порог $t(x, y)$.

Под монохромными изображениями понимается массив байтов, в котором каждый i -й элемент – яркость пикселя с координатами x, y : $i = y \cdot w + x$, где w – ширина изображения.

Цветовые каналы цветных GRB-изображений являются монохромными изображениями.

Перед выполнением бинаризации необходимо привести изображение к градациям серого, усреднив значения цветовых каналов таким образом $I = 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B$, хотя бинаризацию можно проводить для каждого канала по отдельности.

ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Критерий Гаврилова

Входные данные: I – монохромное изображение с размерами w на h , состоящее из пикселей, $I(x, y) \in [0...255]$, $x \in [0, w - 1]$, $y \in [0, h - 1]$.

Выходные данные: B – бинарное изображение размером w на h , $B(x, y) \in 0, 1$, $x \in [0, w - 1]$, $y \in [0, h - 1]$.

Примечание: $B(x, y) \in 0, 1$ имеется в виду двухцветное изображение, где 0 – соответствует черному цвету (0), 1 – белому (255).

Алгоритм

1. Вычислить среднее-арифметическое всех пикселей изображения, которое является порогом.

$$t = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{x,y} I(x, y)$$

2. Сформировать выходное изображение B , пиксели которого формируются по условию

$$B(x, y) = \begin{cases} 0, \text{если } I(x, y) \leq t, \\ 255, \text{если } I(x, y) > t, \end{cases}$$

Критерий Отсу

Входные данные: I

Выходные данные: B

Алгоритм

1. Вычислить нормированную гистограмму входного изображения $N(l)$, где $N(l)$ равно **отношению** количества пикселей с значением l , и размера изображения $w \cdot h$, $l \in [0, 255]$.

2. Для каждого t из диапазона $[0, \max(I)]$ вычисляем:

$$\omega_1(t) = \sum_{i=0}^{t-1} N(i), \quad \omega_2(t) = 1 - \omega_1(t)$$

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} i \cdot N(i)}{\omega_1(t)}, \quad \mu_2(t) = \frac{\mu_T - \mu_1(t) \cdot \omega_1(t)}{\omega_2(t)}, \quad \text{где } \mu_T = \sum_{i=0}^{\max(I)} i \cdot N(i)$$

$$\sigma_b^2(t) = \omega_1(t) \cdot \omega_2(t) \cdot [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

Если вычисленный $\sigma_b^2(t)$ больше, чем имеющийся, то запоминаем его, и соответствующий t , при котором его вычислили.

t соответствующая максимуму $\sigma_b^2(t)$ будет являться глобальным порогом.

3. Сформировать выходное изображение B , все пиксели которого формируются по условию

$$B(x, y) = \begin{cases} 0, \text{если } I(x, y) \leq t, \\ 255, \text{если } I(x, y) > t, \end{cases}$$

ЛОКАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Критерий Ниблека

Входные данные:

1. Входное изображение I

2. Размер окна a .

3. «Чувствительность» k .

Выходные данные: выходное изображение B .

Алгоритм

Для всех пикселей исходного изображения:

1. Для пикселя $I(x, y)$ исходного изображения выделить квадратную область со стороной a – окно, с центром в пикселе $I(x, y)$. При выпадении окна за границы изображения, эта область не учитывается – считаются только пиксели той части изображения, что в окне.

2. Для окна каждого пикселя вычислить математическое ожидание $M(x, y)$ и дисперсию $D(x, y)$. Математическое ожидание будет равняться среднему значению пикселей, попавших в окно. Дисперсию случайной величины X можно вычитать по формуле $D[X] = M[X^2] - (M[X])^2$ (разность математического ожидания квадрата сл. величины и квадрата ее математического ожидания).

3. Из дисперсии вычислить стандартное отклонение $\sigma(x, y) = \sqrt{D(x, y)}$.

4. Вычислить локальный порог для пикселя $t(x, y) = M(x, y) + k \cdot \sigma(x, y)$, $k = -0,2$.

5. Значение пикселя выходного изображения, будет зависеть только от вычисленного порога

$$B(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } I(x, y) \leq t(x, y), \\ 255, & \text{если } I(x, y) > t(x, y), \end{cases}$$

Критерий Сауволя

Отличается от Ниблека другой формулой для вычисления локального порога

$$t = M(x, y) \left[1 + k \left(\frac{\sigma(x, y)}{R} - 1 \right) \right], \quad k = [0.2, 0.5]$$

$R = 128$ для монохромных изображений с 256 градациями цвета.

Критерий Кристиана Вульфа

Локальный порог считается

$$t(x, y) = (1 - a)M(x, y) + am + a \frac{\sigma(x, y)}{R} (M(x, y) - m),$$

Где $a = 0.5$ - «усиление», $m = \min(I)$ – самый тусклый пиксель изображения, $R = \max(\sigma)$ – максимальное стандартное отклонение по всем окнам на изображении.

Критерий Брэдли-Рота

Входные данные:

1. Входное изображение I
2. Размер окна a .
3. «Чувствительность» k .

Выходные данные: выходное изображение B .

Алгоритм

Основная идея состоит в том же, как у алгоритма Ниблека – выделить вокруг каждого пикселя картинка окно, рассчитать среднее значение и применить некую формулу для определения локального порога. Однако в алгоритме оптимизирован процесс подсчета суммы пикселей в окне за счет **интегральных матриц**.

Пример с одномерным массивом: допустим, у нас есть массив $a = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ и массив сумм $b = \{1, 3, 6, 10, 15, 21\}$, в котором каждый i -й это сумма всех элементов $a[j]$, $j \leq i$. Имея такой массив, мы легко можем вычислить сумму элементов любого диапазона $[i, j]$ в a по формуле

$$Sum(i, j) = b[j] - b[i - 1].$$

Такой способ работает без всяких переборov и независимо от размеров области. Однако, нам нужно хранить в памяти еще один массив сумм.

Метод с интегральными матрицами – это обобщение на двумерные массивы.

Интегральная матрица – это матрица, элементы которой строятся по формуле

$$S(x, y) = I(x, y) + S(x - 1, y) + S(x, y - 1) - S(x - 1, y - 1),$$

где $I(x, y)$ – элемент входного изображения, остальные – ранее вычисленные элементы интегральной матрицы. Если элемент выбивается за границы, его значение принимают равным 0.

С использованием интегральной матрицы можно с одинаковой сложностью высчитывать суммы элементов любых прямоугольных областей на исходном изображении.

Допустим, нам нужно вычислить сумму элементов в области P с левым верхним углом в (x_1, y_1) и нижним в (x_2, y_2) . Тогда, с учетом ранее составленной интегральной матрицей S , вычисление будет иметь вид:

$$Sum(P) = S(x_2, y_2) + S(x_1 - 1, y_1 - 1) - S(x_1 - 1, y_2) - S(x_2, y_1 - 1).$$

Возвращаясь к бинаризации изображений, в алгоритме Брэдли-Рота локальный порог определяется следующим образом:

$$B(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } I(x, y) \cdot C(x, y) < Sum(x, y) \cdot (1 - k), \\ 255, & \text{если } I(x, y) \cdot C(x, y) \geq Sum(x, y) \cdot (1 - k) \end{cases}$$

где $C(x, y)$ – кол-во пикселей в окне пикселя $I(x, y)$, $Sum(x, y)$ – сумма пикселей в окне. k – обычно полагают равным 0,15.

Задание на лабораторную работу

1. 25 – реализовать метод Гаврилова,
2. +5 – реализовать метод Отсу,
30+
3. +3 – реализовать метод Ниблека,
4. +3 – реализовать метод Саувопы,
5. +3 – реализовать метод Вульфа
6. +3 – реализовать метод Брэдли-Рота,
7. +3 – входные значения не захардкожены,
45+
8. +10 за качество реализации. (оптимизации вычислений, использование интегральных изображений, работа с байтами изображений, и.т.д.)