

Бинаризация



Светлана Носова
nsa.lector@gmail.com

Бинаризация

- Бинаризация: разбиение всего множества пикселей на два класса (черный и белый) в зависимости от порога T .
- Виды бинаризации (по способу вычисления или задания порога):
 - Точечная (с предустановленным порогом). Порог задается пользователем или фиксирован.
 - Локальная (адаптивная). Порог вычисляется для каждого пикселя в отдельности.
 - Глобальная (на основе гистограммы). Порог вычисляется для всех пикселей изображения.

Глобальная бинаризация. Метод Оцу

- Порог T вычисляется по гистограмме.
- Все множество интенсивностей разделяется на два класса. Порог выбирается таким образом, чтобы “расстояние” между двумя классами было максимальным (т.е. решается задача максимизации функции расстояния). Функция расстояния между классами определена следующим образом:

$$\begin{aligned}\sigma_b^2(t) &= \sigma^2 - \sigma_w^2(t) \\ &= q1(t)[1 - q1(t)] [\mu1(t) - \mu2(t)]^2\end{aligned}$$

$$q1(t) = \frac{\sum_{i=1}^t p(i)}{\sum_{i=t+1}^I p(i)} \quad \text{and} \quad q2(t) =$$

$$\mu1(t) = \sum_{j=1}^t \frac{jp(j)}{q1(t)} \quad \text{and}$$

$$\mu2(t) = \sum_{j=t+1}^I \frac{jp(j)}{q2(t)}$$

Глобальная бинаризация. Метод Капура. Энтропия.

- В нормализованной гистограмме $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ выбирается значение s из интервала $[1, n]$, на основе которого формируются два распределения:

$$A: \frac{p_1}{p_s}, \frac{p_2}{p_s}, \dots, \frac{p_s}{p_s}$$

$$B: \frac{p_{s+1}}{1-p_s}, \frac{p_{s+2}}{1-p_s}, \dots, \frac{p_n}{1-p_s}$$

$$H(A) = - \sum_{i=1}^s \frac{p_i}{p_s} \ln \frac{p_i}{p_s}$$

$$= - \frac{1}{p_s} \left[\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i - (1-p_s) \ln(1-p_s) \right]$$

$$= \ln p_s + \frac{H_s}{p_s}$$

$$H(B) = - \sum_{i=s+1}^n \frac{p_i}{1-p_s} \ln \frac{p_i}{1-p_s}$$

$$= - \frac{1}{1-p_s} \left[\sum_{i=s+1}^n p_i \ln p_i - (1-p_s) \ln(1-p_s) \right]$$

$$= \ln(1-p_s) + \frac{H_n - H_s}{1-p_s}$$

- Соответствующие меры энтропии:
- Максимизируется сумма энтропий $H(A) + H(B)$:

$$\psi(s) = \ln p_s(1-p_s) + \frac{H_s}{p_s} + \frac{H_n - H_s}{1-p_s}$$

Глобальная бинаризация. Метод Киттлера-Иллингворта

- Выбранный порог T делит распределение на два класса.

Соответствующие им распределения вероятностей и характеристики распределения рассчитываются по формулам:

$$P_i(T) = \sum_{g=a}^b h(g)$$

$$\mu_i(T) = \frac{1}{P_i(T)} \sum_{g=a}^b h(g)$$

- Минимизируется функция:

$$\sigma_i^2(T) = \frac{1}{P_i(T)} \sum_{g=a}^b (g - \mu_i(T))^2 h(g)$$

$$J(T) = 1 + 2[P_1(T)\log\sigma_{bg}(T) + P_2(T)\log\sigma_{fg}(T)] \\ - 2[P_1(T)\log P_1(T) + P_2(T)\log P_2(T)]$$

$$\text{where } a = \begin{cases} 0 & i = 0 \\ T+1 & i = 2 \end{cases} \quad \text{and} \quad b = \begin{cases} T & i = 1 \\ n & i = 2 \end{cases}$$

$$T_0 = \arg_{1 \leq t \leq n} \min J(T)$$

Локальная бинаризация. Метод Ниблэка

- Порог рассчитывается для каждого пикселя в отдельности на основе его окрестности.

$$T_{Niblack} = m + k * s$$

$$T_{Niblack} = m + k \sqrt{\frac{1}{NP} \sum (p_i - m)^2}$$

- m - среднее.
- s - стандартное отклонение значений пикселей из окрестности.
- k - коэффициент, рекомендуемое авторами значение 0.2 (зависит от тестовых данных)

Локальная бинаризация. Метод Саувола

- Порог рассчитывается для каждого пикселя в отдельности на основе его окрестности.
$$T_{sauvola} = m * (1 - k * (1 - \frac{S}{R}))$$
- m - среднее.
- S - разброс значений интенсивностей пикселей в окрестности.
- k - коэффициент из диапазона $[0,1]$. Рекомендация авторов $k = 0.5$.
- $R = 128$ - нормализующий коэффициент.

Локальная бинаризация. Метод Бернсена

- Метод средней точки. Среднее между наибольшим и наименьшим значением пикселя в окрестности.

$$T_{Bernsen} = (N_{low} + N_{high})/2$$

Глобально-адаптивная бинаризация. **Singh et al.**

- Локальный порог вычисляется как взвешенная сумма между глобальным и локальным порогом. $L'_{th} = \lambda C_{th} + (1 - \lambda)L_{th}$
-
- Лямбда - параметр, изменяющийся от 0 до 1, может быть вычислен по формуле
$$\lambda = \frac{1}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{|C_{th} - L_{th}|}{C_{max}} \pi \right) \right]$$
-
- C_{max} - разброс значений интенсивностей.
- Удаляет зависимость от повреждений типа “неравномерное освещение”.

Итеративная бинаризация. Нелокальный **p**-Лапласиан. Итеративное удаление фона.

- Модель деградированного изображения (напр. с неравномерной освещенностью) $I(x, y) = T(x, y)B(x, y)$.
- Логарифмическое преобразование $i(x, y) = t(x, y) + b(x, y)$.

Итеративная бинаризация. Нелокальный p-Лапласиан. Итеративное удаление фона.

Algorithm for solving (3)

Input: The acquired image u , iteration number $N = 10$ and convergence parameter ϵ .

Step 1: Initialize $B^0 = \log(u + 1)$, choose $dt > 0, h > 0$ and $p > 1$ and set $n = 0$.

Step 2: Normalize B^0 into $[0, 1]$.

Step 3: $B_i^{n+1} = B_i^n + dt \Delta_{NL}^p(B_i^n)$ for $n = 1, \dots, N$

if $\|B^{n+1} - B^n\| \leq \epsilon$ or $n > N$, go to step 4.

Step 4: Compute $U = \exp(B^0 - B)$.

Output: The binarized image U_B .

Let h and Δt be space and time steps. Let $u_i^n = u(i_1, i_2, n\Delta t)$ with $n \geq 0$.

Equation (3) can be implemented via a simple explicit finite difference scheme

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \sum_{j \in \mathcal{N}_i} J(i-j) |u_j^n - u_i^n|^{p-2} (u_j^n - u_i^n) \quad .$$

$$J(i-j) := \begin{cases} \exp\left(\frac{-\|i-j\|^2}{h^2}\right) & \text{if } \|i-j\| < d, \\ 0, & \text{if } \|i-j\| \geq d. \end{cases}$$

$$U_{B_i} = \begin{cases} 1 & \text{if } U_i > 0, \\ 0 & \text{if } U_i \leq 0. \end{cases}$$

$$|\nabla u|^{p-2} = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x_1} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial u}{\partial x_n} \right)^2 \right]^{\frac{p-2}{2}}$$