

Tarea 1 Métodos de umbralado

Dan Williams Robledo Cruz

Cinvestav Tamaulipas

1. Introducción.

EL umbralado es una técnica de segmentación de imágenes, usada para separar objetos del fondo, utilizando la distribución de los niveles de grises o la textura de los objetos.

La mayoría de las técnicas están basadas en la estadística del histograma de los niveles de gris o un kernel (vecindario). La salida de una operación de umbralado es una imagen binaria cuyos píxeles blancos generalmente representan a los objetos y los píxeles negros el fondo.

Los métodos de umbralado se puede clasificar en 6 categorías.

Base	Descripción
Forma del Histograma	Se buscan los picos, valles y curvaturas del histograma de la imagen.
Agrupamiento	Los niveles de gris de la imagen se agrupan en dos partes correspondientes al fondo y al objeto.
Entropía	Mide la entropía de las regiones correspondientes al fondo y al objeto, usa entropía cruzada entre la imagen original y binarizada.
Atributos del objeto	Busca una medida de similaridad entre la imagen original y la binarizada, por ejemplo medición de momentos.
Métodos espaciales	Utilizan distribución de probabilidad de alto orden o correlación entre los píxeles.
Métodos locales	Adapta el valor de cada píxel en función de las características locales de la imagen.

Tab. 1: Métodos de umbralado

2. Descripción de la practica.

Implementar en Matlab una aplicación capaz de realizar los métodos de umbralado global no parametricos y los métodos de umbralado adaptativo local mostrados en la siguiente **Tabla 2**

Métodos de Umbralado Global	Métodos de Umbralado Local
Prewitt I	Niblack
Prewitt II	Sauvola
Rosenfeld	Wellner
Tsai	White
Kapur	Bernsen
Otsu	Parker
Ridler	Yasada
Kittler I	Eikvil
Kittler II	Palumbo
Ramesh	Kamel

Tab. 2: Métodos de Umbralado

3. Desarrollo.

3.1. Descripción de la aplicación.

Parámetros de entrada.

El parámetro que recibe es una imagen, la cual se cargara a la aplicación, también se deberá seleccionar el método de umbralado a realizar e ingresar los parámetros necesarios que pida cada determinado método.

Interfaz

La aplicación cuenta con una interfaz gráfica, la cual esta dividida en 2 sectores, uno donde mostrara el histograma **(3)** y el segundo se mostrara la imagen de entrada **(1)** y el resultado final **(2)**.

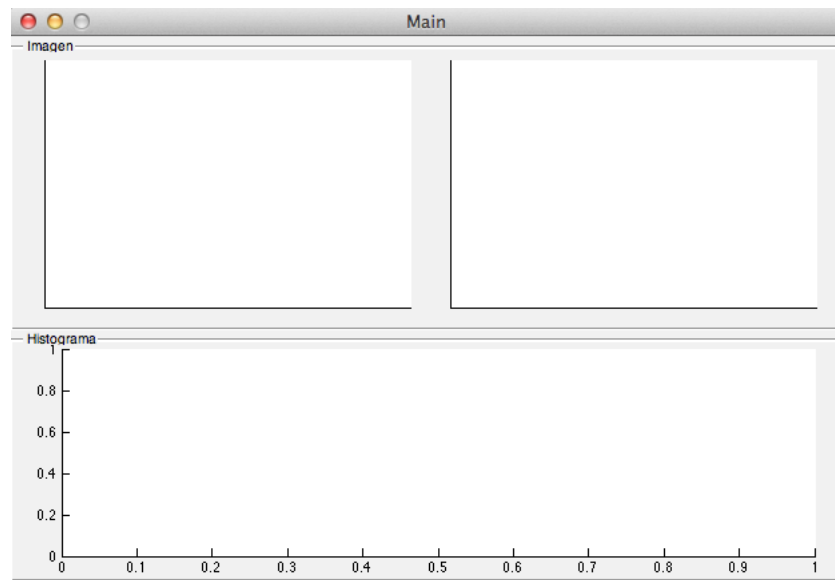


Fig. 1: Interfaz de la Aplicación

3.2. Umbralado Global.

Esta técnica de umbralización supone que la imagen posee un histograma bimodal, y por lo tanto, el objeto puede ser extraído del resto de la imagen mediante una simple operación que compare los valores de la imagen con el valor umbral T .

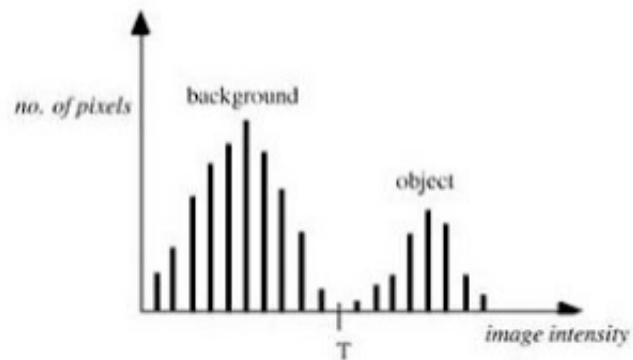


Fig. 2: Histograma Bimodal

Algoritmo de mínimos.**Prewitt**

Suaviza el histograma hasta que solo tenga dos máximos locales utilizando un filtro de 3 puntos, el umbral t el valle entre ambos picos.

Algoritmo de inter-modas.**Prewitt**

Este algoritmo busca los 2 valores máximos de intensidad(i y j), correspondiente con las dos modas dominantes del histograma, el valor de umbral t se calcula como la media de los niveles de gris de ambos picos $t = (i + j)/2$.

Algoritmo de concavidad**Rosenfeld**

Este método se basa en encontrar la concavidad del histograma, el algoritmo consta de 5 pasos:

1. Suavizar el histograma utilizando un filtro promedio de 5 puntos.
2. Construir la envoltura convexa H del histograma y .
3. Buscar los máximos locales (L) de la diferencia puntual $H-y$.
4. Calcular el balance b_j para cada nivel de gris: $b_j = L_j[A_j(A_n - A_j)]$
5. El umbral t se obtiene en el argumento máximo de b_j .

Algoritmo de momentos**Tsai**

Se basa en atributos del objeto, el umbral t se establece cuando la imagen binaria posea los mismos 3 primeros momentos de la imagen en escala de grises.

$$X_0 = \frac{1}{2} - \frac{B_n/A_n + x_2/2}{\sqrt{X_2^2 - 4x_1}}$$

donde:

$$x_1 = \frac{B_n D_n - C^2}{A_n C_n - B_n^2} \quad x_2 = \frac{B_n C_n - A_n D_n}{A_n C_n - B_n^2}$$

Algoritmo de entropías**Kapur**

El método de Kapur considera que el fondo y los objetos provienen de dos fuentes diferentes de señal. Cuando la suma de las entropía de ambas clases alcanza su nivel máximo (máxima entropía) se dice que se ha encontrado el umbral t óptimo.

- Divide el histograma de la imagen en dos distribuciones de probabilidad.

- El umbral t se obtiene cuando la suma de las entropías es máxima.

Algoritmo de inter-medias

1.- Otsu

El método de otsu se basa en agrupación de clases. El umbral t se obtiene cuando la varianza inter-clase (objeto-fondo) es maximizada.

- Posiciona t a la mitad de las medias de ambas clases.
- Las medias de los niveles de gris de ambas clases se definen: $\mu = \frac{B_t}{A_t}$
 $V_t = \frac{B_n - B_t}{A_n - A_t}$
- El valor t se encuentra en el nivel de gris j donde la varianza es maximizada.

2.- Ridler

Es la versión iterativa del método de otsu, es computacionalmente menos costoso.

- Calcular t inicial como el valor medio de los niveles de gris de la imagen.
- Calcula las medias de ambas clases μ_t y v_t , igual que Otsu.
- Define el nuevo valor de umbral como $t^* = (\mu_t + v_t)/2$
- El algoritmo termina cuando $t^* = t$, en caso contrario vuelve al paso 2 a calcular las medias.

Algoritmo de MinError

1.- Kittler I

Se basa en agrupamiento de clases, asume que el histograma es una combinación de dos funciones gaussianas con distribución normal y cuyas medias y varianza son distintas.

- Se definen las siguiente estadísticas:

$$p_t = \frac{A_t}{A_n} \quad q_t = \frac{A_n - A_t}{A_n} \quad \sigma_t^2 = \frac{C_t}{A_t} - \mu_t^2 \quad \tau_t^2 = \frac{C_n - C_t}{A_n - A_t} - v_t^2$$

- El valor t se encuentra en el nivel de gris j donde se minimiza el error.

$$\xi_i = p_j \log \left(\frac{\sigma_j}{p_j} \right) + q_j \log \left(\frac{\tau_j}{q_j} \right)$$

2.- Kittler II

Es la versión iterativa del método kittler I, el cual es menos costoso.

- Calcular t inicial como el valor medio de los niveles de gris de la imagen.
- Calcular las estadísticas del método de Kittler I ($p_t, q_t, \sigma_t, \tau_t$)
- Calcular los 3 términos de la ecuación cuadrática.

$$\omega_o = \frac{1}{\sigma^2} - \frac{1}{\tau^2} \quad \omega_1 = \frac{\mu}{\sigma^2} - \frac{v}{\tau^2} \quad \omega_o = \frac{\mu^2}{\sigma^2} - \frac{v^2}{\tau^2} + \log\left(\frac{\sigma^2 q^2}{\tau^2 p^2}\right)$$

- Calcular el nuevo umbral $t^* = \frac{\omega + \sqrt{\omega_1^2 - \omega_0 \omega_2}}{\omega_0}$
- El algoritmo termina cuando $t^* = t$, en caso contrario vuelve al paso 2 a calcular las estadísticas.

3.- Ramesh

Este método trata de modelar la forma del histograma mediante una aproximación multinivel, el valor t se obtiene al minimizar una función de error entre la aproximación y el histograma de la imagen.

- Se proponen dos funciones de error: minimización de la suma de errores cuadráticos y minimización de la varianza.
- La función de error se define como:

$$E_t = \sum_{i=0}^t (i - \mu_t)^2 + \sum_{i=t+1}^n (i - v_t)^2$$

Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos por el modulo de umbralización global.

Método	Umbral t
Prewitt I	75
Prewitt II	98
Rosenfeld	114
Tsai	126
Otsu	117
Ridler	116
Kittler I	65
Kittler II	63
Ramesh	128
Kapur	122

Tab. 3: Umbrales t de los métodos Globales

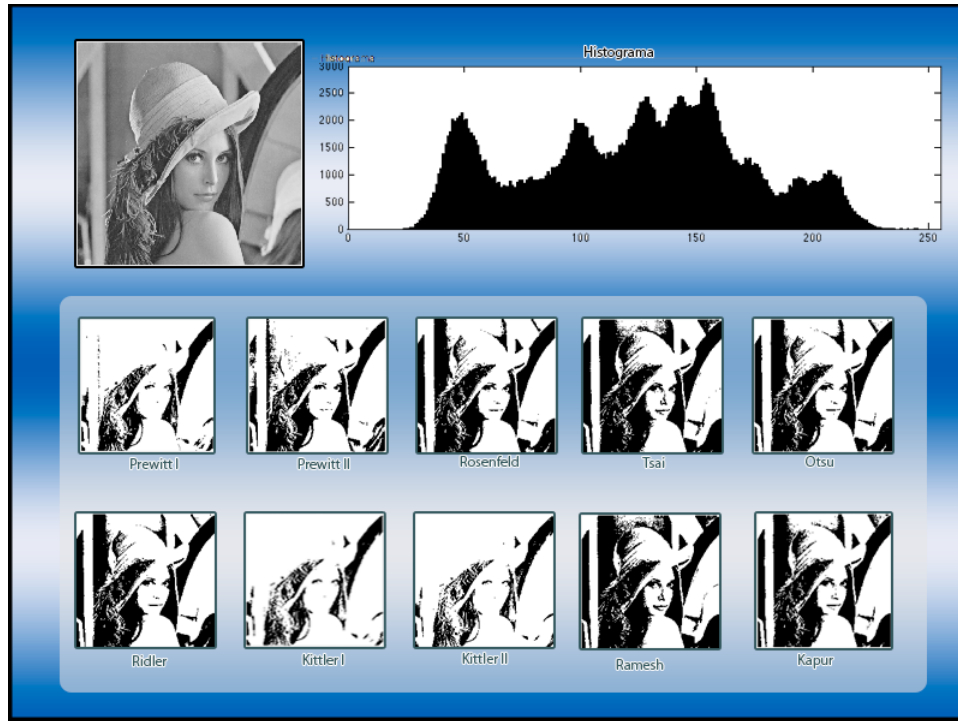


Fig. 3: Resultados

3.3. Umbralado Local

En muchas ocasiones, no se puede obtener un umbral global para un histograma, esto ocurre cuando el fondo no es constante y el contraste de los objetos varía en la imagen.

Para resolver estos problemas, se han propuestos métodos de umbralado adaptativo local, en los cuales se divide la imagen en subimágenes y se calculan los umbrales para cada uno de acuerdo a ciertas propiedades de una vecindad alrededor del píxel en cuestión.

Método de Niblack

El método de Niblack adapta el valor de umbral de acuerdo con la media $m(x,y)$ y desviación estándar $\sigma(x,y)$ locales, los cuales son calculados en una ventana de tamaño $b \times b$.

El umbral para el píxel (x,y) se calcula como

$$T(x,y) = m(x,y) + k * \sigma(x,y)$$

Método de Sauvola

Es una mejora de Niblack, el cual reduce eficientemente el efecto de la mala iluminación en la imagen.

- El umbral para el píxel (x,y) se calcula como

$$T(x, y) = m(x, y) * \left[1 + k * \left(\frac{\sigma(x, y)}{R} \right) \right]$$

Donde $m(x, y)$ y $\sigma(x, y)$ es la media y desviación local, R es el rango dinámico de la desviación estándar y k adquiere valores positivos.

Método de Wellner

El método de Wellner primero suaviza la imagen utilizando un filtro Gaussiano, promedio o mediana utilizando una ventana de tamaño bxb.

- El umbral para el píxel se calcula como:

$$T(x, y) = J(x, y) * \left(1 - \frac{t}{100} \right)$$

Donde $J(x, y)$ es la imagen filtrada y t es un umbral predefinido que escala los valores de gris de la imagen filtrada a una fracción de su original.

Método de White

El método de White compara el nivel de gris de un píxel (x,y) con el valor medio de su vecindad de tamaño bxb.

Si el píxel (x,y) es más oscuro que la media de su vecindad, se clasifica como objeto, en caso contrario como fondo.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } m_{bxb}(x, y) < I(x, y) * w \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

Método de Bernsen

El método de Bernsen determina el umbral para el píxel (x,y) como el valor medio entre el mínimo $I_{min}(x, y)$ y el máximo $I_{max}(x, y)$ locales de los niveles de gris de la imagen original para una ventana de tamaño bxb.

Si el contraste $C(x, y)$ es menor a un umbral t predeterminado, entonces el píxel (x,y) se etiqueta como fondo.

$$C(x, y) = I_{max} - I_{min}(x, y)$$

El umbral para el píxel (x,y) se calcula como:

$$T(x, y) = \frac{1}{2} [I_{max}(x, y) + I_{min}(x, y)]$$

sujeto al valor del contraste:

$$C(x, y) = I_{max}(x, y) - I_{min}(x, y) \leq t$$

Método de Parker

El método de Parker, primeramente encuentra el negativo del gradiente en la dirección del vecino con mayor brillo. Para cada píxel $I(x, y)$ de la imagen original se calcula:

$$D(x, y) = \min_{i=1, \dots, 8} [I(x, y) - I(x_i, y_i)]$$

donde (x_i, y_i) con $i=1, \dots, 8$ son los 8 vecinos conectados al píxel (x, y) .

Después, a partir de $D(x, y)$ se calculan la media y la desviación estándar locales, $M(x, y)$ y $S(x, y)$, respectivamente, para una ventana de tamaño $b \times b$.

```

if  $M(x, y) > m0$  ||  $S(x, y) < S0$ 
     $I(x, y) = 0$ 
else if  $D(x, y) < M(x, y) + k * S(x, y)$ 
     $I(x, y) = 1$ 
else
     $I(x, y) = 0$ 
end

```

Método de Yasuda

El método Yasuda está compuesto de 4 pasos básicos:

1. Expansión del rango dinámico (normalización).
2. Suavizado.
3. Umbralado adaptativo y expansión del rango dinámico.
4. Segmentación.

Expansión del rango dinámico:

$$f_1(x, y) = 255 * \left(\frac{f(x, y) - \min}{\max - \min} \right)$$

donde $f(x, y)$ es la imagen original

$$\max = \max_{1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N} [f(x, y)]$$

$$\min = \min_{1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N} [f(x, y)]$$

Suavizado

$$f_2(x, y) = \begin{cases} f_1(x, y) & \text{si } r(x, y) < T_1 \\ \sum_{(x', y') \in A(x, y)} f_1(x', y') & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde

$$r(x, y) = \max_{(x', y') \in A(x, y)} [f_1(x', y')] - \min_{(x', y') \in A(x, y)} [f_1(x', y')]$$

Umbralado adaptativo y expansión del rando dinamico

La imagen se divide en bloques traslapados de tamaño wxw, para cada (x,y) en el iésimo bloque tenemos:

$$f_3(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{si } \max_b(i) - \min_b(i) < T_1 \text{ y } f_2(x, y) \geq m_b(i) \\ 255 * \left[\frac{f_2(x, y) - \min_b(i)}{m_b(i) - \min_b(i)} \right] & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde

$$\max_b(i) = \max_{(x', y') \in \text{ith bloque}} [f_2(x, y)]$$

$$\min_b(i) = \min_{(x', y') \in \text{ith bloque}} [f_2(x, y)]$$

$$m_b(i) = \sum_{(x', y') \in \text{ith bloque}} [f(x, y)] / w^2$$

Segmentación

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } \min_3(x, y) < T_3 \text{ y } \sigma(x, y) > T_4 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde

$$\min_3(x, y) = \min_{-1 \leq x \leq 1, -1 \leq y \leq 1} [f_3(x - i, y - i)]$$

$$\sigma(x, y) = \left(\frac{\sum_{-1 \leq i \leq 1, -1 \leq j \leq 1} [f_3(x - i, y - j)^2 - m_3(x, y)^2]}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$m_3(i) = \sum_{-1 \leq i \leq 1, -1 \leq j \leq 1} f_3(x - i, y - j) / 9$$

Método de Eikvil

En el método de Eikvil, los píxeles dentro de una pequeña ventana S son umbralados en función de los píxeles agrupados dentro de una ventana mayor L concéntrica a S .

L y S se desplazan en zig-zag por la imagen con pasos iguales al tamaño de S .

1. Para todos los píxeles dentro de L , el umbral de Otsu T es calculado para dividir la región en dos grupos.
2. Se calculan las medias de los niveles de gris, μ_1 y μ_2 , de cada grupo.
3. Si la diferencia $|\mu_1 - \mu_2| \geq t$ entonces los píxeles de S se binarizan con T .
4. Si $|\mu_1 - \mu_2| < t$ entonces los píxeles de S se asignan a la clase de L con la media de los niveles de gris más cercana.

Método de Palumbo

El método de Palumbo consiste en medir el contraste local de 5 vecindades de 3×3 organizadas de acuerdo al siguiente esquema:

- La vecindad central A_1 captura al objeto mientras que el arreglo de las 4 vecindades A_2 alrededor de A_1 capturan el fondo.
- El píxel de interés (x,y) es el píxel central de la vecindad A_1 .

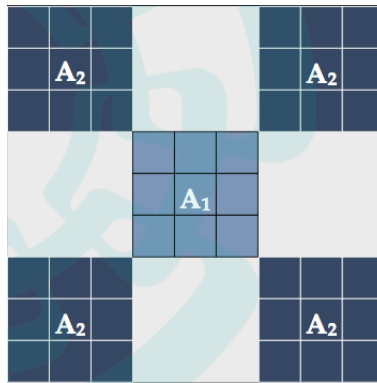


Fig. 4: Vecindarios

Método de Kamel

El método de Kamel procesa cada píxel (x,y) comparando simultáneamente su nivel de gris con las medias locales de los niveles de gris de 4 vecindarios

cuadrados alrededor de (x,y) .

El tamaño de las vecindades está determinado por $w=2b+1$ donde b es el ancho estimado del objeto que se desea detectar.

Matemáticamente, esta técnica se describe como:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } V_{i=0}^3 [L(P_i) \wedge L(P_i^*) \wedge L(P_{i+1}) \wedge L(P_{i+1}^*)] \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Resultados

Umbralado Adaptativo Local					
Método	Niblack	Souvola	Wellner	White	Bernsen
Valores	b=15, k=-0.2	b=15, k=0.2 R=128	t=15, b=15	b=15, w=5	b=15, t=5
Método	Parker	Yasuda	Eikvil	Kamel	Palumbo
Valores	T1=15, T2=15, T3=0.84, T4=0.90, T5=2	w=5, T1=20, T2=20, T3=200, T4=200	t=15	b=3, T0=5	b=15, m0=-1, s0=1, k=-1

Tab. 4: Valores usados para las pruebas

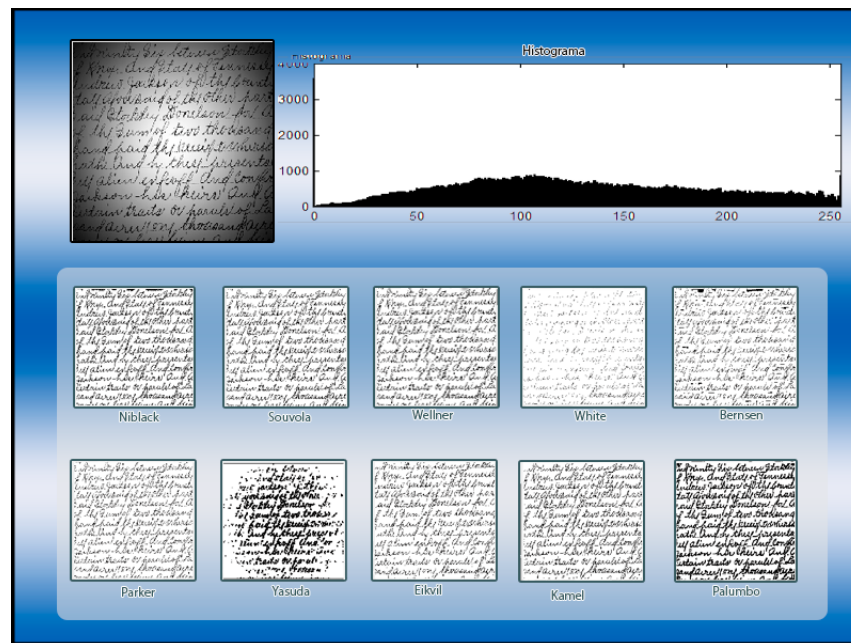


Fig. 5: Resultados