

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

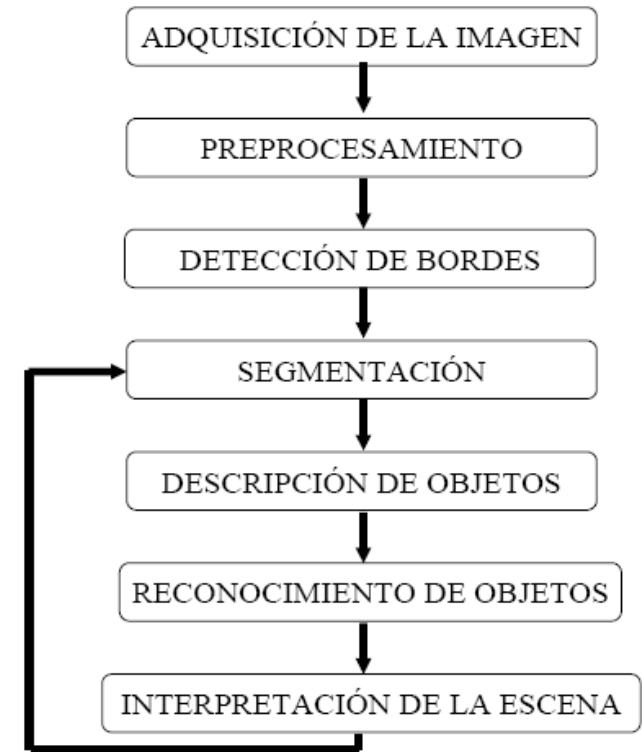
SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES: Introducción

➤ **Segmentación:** proceso que divide una imagen en regiones u objetos cuyos píxeles poseen atributos similares (por ejemplo, niveles de gris, color o textura) ⇒ *División de la imagen en regiones con significado.*

➤ **Objetivo de la segmentación:** Avanzar en la comprensión del contenido de la imagen ⇒ permite extraer los objetos de la imagen para su posterior descripción, reconocimiento e interpretación.

⇒ **Etapas de segmentación dentro de un proceso de Visión Artificial:**

- **Adquisición de la imagen:** muestreo, discretización, almacenamiento digital.
- **Preprocesamiento:** realce, suavizado.
- **Detección de bordes:** imagen gradiente, pasos por cero.
- **Segmentación:** extracción de objetos de la imagen.
- **Descripción de objetos:** representación matemática de los objetos.
- **Reconocimiento de objetos:** clasificación de objetos.
- **Interpretación de la escena.**



La segmentación se basa en tres propiedades:

- **Discontinuidad:** los objetos destacan del entorno y tienen por tanto unos bordes definidos.
- **Similitud:** cada uno de los píxeles de un elemento tiene valores parecidos para alguna propiedad (nivel de gris, textura, proximidad ...).
- **Conectividad:** los píxeles pertenecientes al mismo objeto tienen que ser contiguos, es decir, deben estar agrupados.

Técnicas de segmentación: 3 grupos:

1. Técnicas basadas en la detección de bordes.
2. Técnicas basadas en umbralización.
3. Técnicas basadas en el agrupamiento de píxeles.

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

Tema 4 (VC) Detección de Bordes	Contexto	Introducción	Operadores Primera Derivada	Operadores Segunda Derivada	Extracción de esquinas	Aplicación
------------------------------------	----------	--------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------

TEMA 4.- Detección de bordes

4.1. Introducción

4.2. Operadores primera derivada

4.3. Operadores segunda derivada

4.3.1. Operador Laplaciana

4.3.2. Operador Laplaciana de la Gaussiana

4.4. Extracción de esquinas

DETECCIÓN DE BORDES BASADA EN SEGUNDA DERIVADA

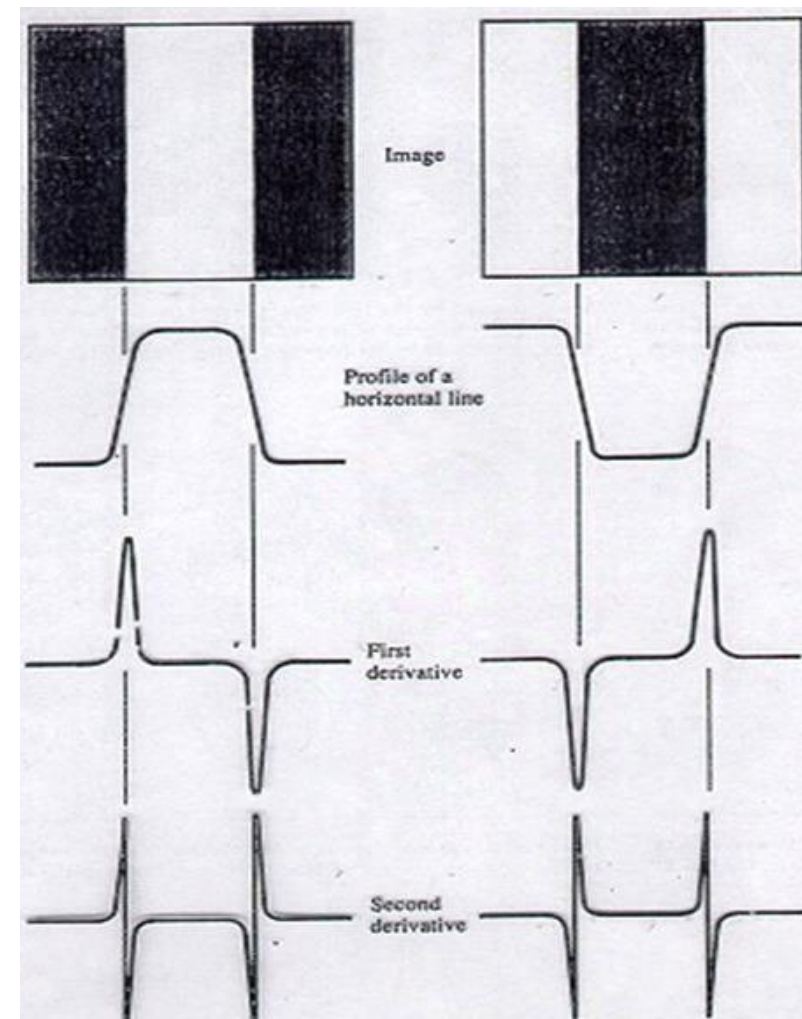
PLANTEAMIENTO

Segunda derivada de una imagen en una determinada dirección:

- Vale cero si los valores de la imagen son constantes o cambian linealmente su amplitud en esa dirección.
- Un cambio de intensidades a lo largo de una determinada dirección en la imagen (borde) produce un máximo en la primera derivada a lo largo de dicha dirección y, consecuentemente, un paso por cero en la segunda derivada.

Operadores segunda derivada:

- Detección de cruces por cero en la segunda derivada.



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera:

Entradas

⇒ Imagen gradiente $G[f(x,y)]$: determinará los píxeles de borde o cercanos a ellos (son aquellos píxeles cuya magnitud del gradiente supere un determinado umbral T).

⇒ Imagen Laplaciana $L[f(x,y)]$: ofrece información sobre si un píxel de la imagen se encuentra al lado oscuro o claro de la frontera en base al signo que genera su aplicación.

Procedimiento

1.- Formar una imagen $s(x,y)$ de tres niveles de acuerdo a:

$$s(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{si } G[f(x,y)] < T \\ + & \text{si } G[f(x,y)] \geq T \text{ y } L[f(x,y)] \geq 0 \\ - & \text{si } G[f(x,y)] \geq T \text{ y } L[f(x,y)] < 0 \end{cases}$$

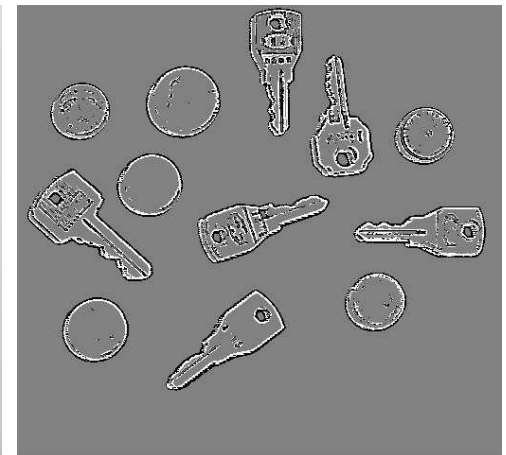
, donde los símbolos “0”, “+” y “-” representan 3 niveles distintos de grises.

Ejemplo: suponiendo un objeto oscuro sobre fondo claro (ver figura de ejemplo), para obtener $s(x,y)$:

→ Los píxeles que no pertenecen al borde son etiquetados con “0” (en la figura, “0” → nivel 128 (gris)).

→ Los píxeles del lado oscuro del borde son etiquetados con “+” (en la figura, “+” → nivel 255 (blanco)).

→ Los píxeles del lado claro del borde son etiquetados con “-” (“+” → nivel 0 (negro)).



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

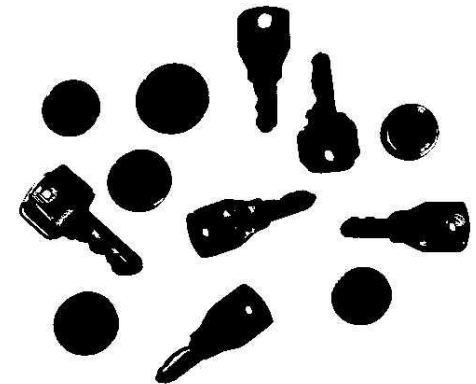
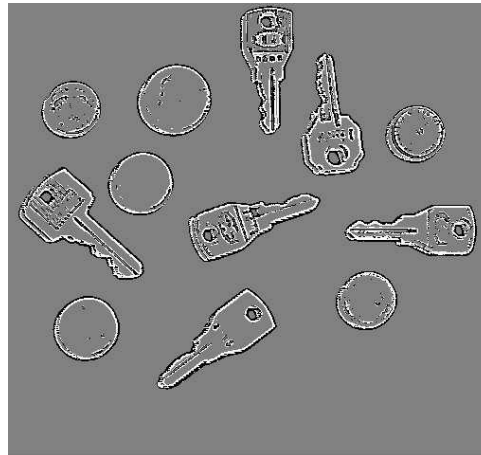
5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Procedimiento

- ⇒ La transición de un fondo claro a un objeto oscuro se caracteriza por un “-” seguido por un “+” en $s(x,y)$.
- ⇒ El interior de un objeto oscuro se compone de píxeles etiquetados con “0” o “+”.
- ⇒ La transición de un objeto oscuro al fondo claro se caracteriza por un “+” seguido de un “-”.
- ⇒ Luego, una fila o columna que contenga una sección del objeto tiene la estructura: $(\dots)(-,+)(0 \text{ ó } +)(+,-)(\dots)$

2.- A partir de la imagen $s(x,y)$, crear una imagen binaria segmentada de la siguiente forma:

- Puntos de objetos → nivel 0 (negro): cualquier secuencia de $(0 \text{ ó } +)$ limitada por $(-,+)$ y $(+,-)$.
- Fondo → nivel 255 (blanco): resto de píxeles que se encuentran en la misma línea de exploración.



SEGMENTACIÓN BASADA EN LA DETECCIÓN DE BORDES

⇒ Persigue el aislamiento de los objetos del resto de la imagen previa identificación de los píxeles que configuran la frontera de éstos. De esta forma, queda definida la forma del objeto y, por tanto, los píxeles que lo integran.

Procedimiento general:

1.- Cálculo de la imagen gradiente (detección de bordes – localizar los lugares donde se produce un cambio significativo de los niveles de intensidad de los píxeles).

De los puntos detectados:

⇒ Correctos: bordes reales de la escena.

⇒ Falsos: puntos que no pertenecen a ningún borde y que no deberían aparecer en la imagen derivada.

⇒ Perdidos: existen en la imagen pero no aparecen en la imagen derivada – interrupciones en la frontera.

2.- Detector de frontera: aplicación de algoritmos que, analizando los valores de la imagen gradiente, determinan las fronteras de los objetos realizando la unión de los píxeles detectados.

⇒ Localiza bordes correctos.

⇒ Rechaza bordes falsos.

⇒ Restaura bordes perdidos.

Tipos de detectores de frontera:

1.- Basados en criterios locales: analizan un entorno de vecindad del píxel dado (*Unión de bordes mediante seguimiento de contorno*)

2.- Basados en criterios globales: analizan la imagen en su conjunto (*Transformada de Hough*)

TEMA 5
– SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Unión de bordes mediante seguimiento de contorno

➤ Se forma el contorno o frontera de un objeto a partir de píxeles *con propiedades similares* en la imagen gradiente:

⇒ Las condiciones habitualmente usadas para establecer la similitud entre píxeles vecinos tienen en cuenta la magnitud y dirección del vector gradiente.

→ Se dice que un píxel con coordenadas (x,y) es similar en magnitud a un píxel vecino (x',y') si:

$$\left| \left| G[f(x,y)] \right| - \left| G[f(x',y')] \right| \right| < T \quad \text{donde } T \text{ es un umbral para la diferencia de magnitud.}$$

→ Se dice que un píxel con coordenadas (x,y) es similar en dirección a un píxel vecino (x',y') si:

$$\left| \angle G[f(x,y)] - \angle G[f(x',y')] \right| < A \quad \text{donde } A \text{ es un umbral para la diferencia de ángulo.}$$

➤ Partiendo de un píxel que pertenece al contorno del objeto a segmentar (la selección de este punto es crítica y se hace teniendo en cuenta el valor del vector gradiente), extender la frontera en la dirección del borde (es decir, en la dirección perpendicular al vector gradiente en el píxel considerado) incorporando píxeles vecinos cuya respuesta al operador gradiente, en magnitud y dirección, sea similar.

- El contorno hay que seguirlo en los dos sentidos del borde ($\pm 90^\circ$ del vector gradiente): el algoritmo avanzará en alguna de estas direcciones incorporando aquellos píxeles que satisfagan la condición de similitud.

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Proceso de incorporación de píxeles al contorno:

1. Seguimiento del borde:

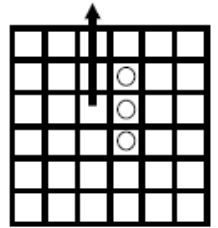
- ⇒ Se consideran candidatos los vecinos del último píxel incorporado en la dirección del borde.
- ⇒ De entre éstos, se selecciona como punto frontera aquel cuyo gradiente sea máximo, siempre y cuando la similitud entre el píxel actual y el candidato está por debajo de los umbrales preestablecidos. Si no se encuentran candidatos:

2. Salto y búsqueda de nuevos píxeles de comienzo:

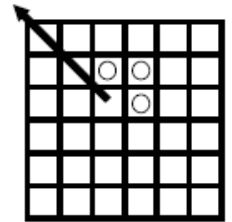
- ⇒ Dejar un hueco de un píxel y buscar, en la dirección del borde, nuevos píxeles que satisfagan la condición de similitud:
 - Si con este procedimiento se encuentra un píxel frontera, los píxeles del hueco en la dirección del borde son también incorporados y se continúa el seguimiento del contorno a partir de este último píxel.
 - Si por el contrario, el procedimiento de búsqueda resulta infructuoso, se inicia el seguimiento del borde en la otra dirección de éste.

• El seguimiento de contorno termina bien cuando no se consigue incorporar nuevos píxeles a la frontera, o bien cuando el punto original de comienzo del algoritmo es reencontrado.

• Para evitar que, como consecuencia del ancho en la respuesta del operador gradiente, en fronteras cerradas se puedan rastrear contornos paralelos muy próximos, los píxeles situados en la dirección normal al contorno se van eliminando conforme el algoritmo incorpora un nuevo píxel.

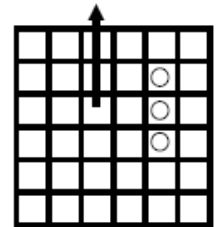


Gradiente a 90°

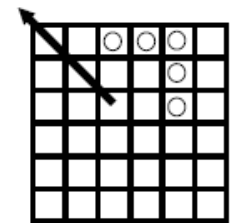


Gradiente a 135°

Gradiente a 90°



Gradiente a 135°



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno

- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Transformada de Hough

➤ Herramienta que permite detectar fronteras de objetos basándose en la información global de la imagen.

Transformada de Hough para detectar líneas rectas: consideraciones

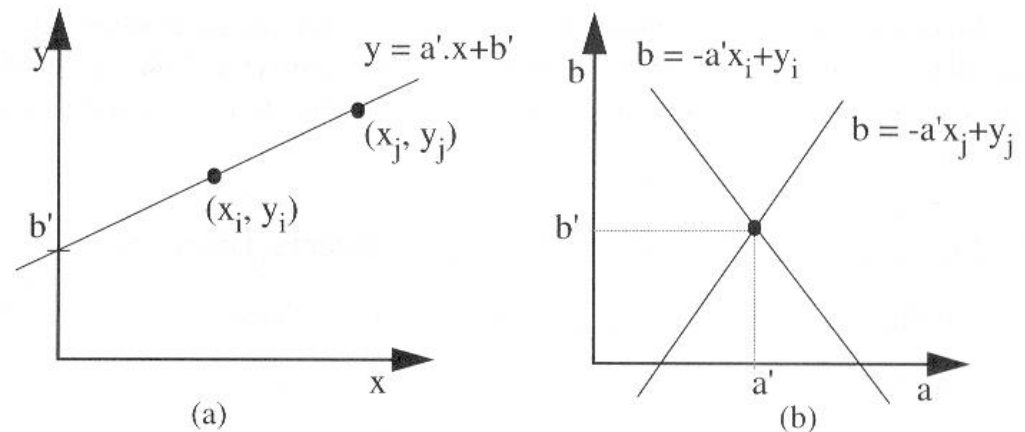
➤ Por un punto (x_i, y_i) , del plano imagen pasan un número infinito de rectas que satisfacen la ecuación $y_i = a x_i + b$ (a y b variables, pendiente y ordenada en el origen de cada recta).

➤ Si realizamos una transformación entre el plano imagen de coordenadas x - y al plano de coordenadas a - b (*espacio de parámetros o de Hough*): $b = -x_i a + y_i$

⇒ En este espacio de parámetros, cada punto (x, y) del plano imagen se convierte en una recta de pendiente “ $-x$ ” y ordenada en el origen “ y ” (representa el lugar geométrico de todas las rectas del plano imagen que pasan por el punto (x, y)).

⇒ Dos puntos (x_i, y_i) y (x_j, y_j) , del plano imagen, por los que pasa una única recta de pendiente a' y ordenada en el origen b' , se corresponderán en el espacio de Hough con dos rectas que se cortan en el punto (a', b') .

⇒ Puntos alineados en el plano imagen se transforman en rectas que se cortan en un único punto (a', b') (parámetros de la recta que los une)



5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Uso de la Transformada de Hough para detectar líneas rectas:

- **Objetivo:** a partir de la imagen de bordes, detectar todas las rectas presentes.
- **Entrada:** imagen binaria de los píxeles que, previsiblemente, forman parte de la frontera (se obtiene la imagen gradiente y se aplica un umbral de corte).

➤ Procedimiento básico:

1. Discretizar el espacio de parámetros en una serie de celdas (celdas de acumulación): $(a_{min}, a_{max}); (b_{min}, b_{max})$.

2. A cada celda (a_i, b_j) , se le asocia un número (acumulador), que es inicializado a cero al comienzo del proceso: $A(i,j) = 0$.

3. Evaluar para cada punto (x_k, y_k) de la imagen de bordes y cada uno de los valores de “a” en el intervalo (a_{min}, a_{max}) , los valores de la ordenada en el origen según la ecuación: $b = -x_k a + y_k$

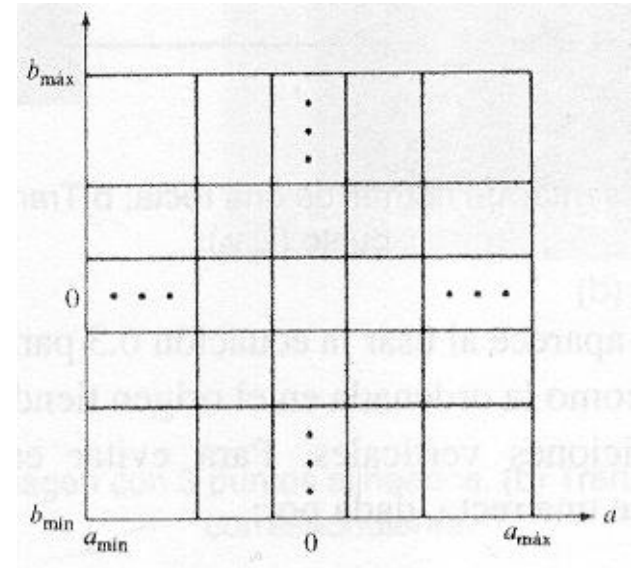
3.1. Redondear los valores de “b” al valor discreto más cercano.

3.2. Si al tomar a_i se obtiene b_j , incrementar en uno el valor del acumulador: $A(i,j) = A(i,j) + 1$

⇒ La idea consiste en ir contando las veces que se repite un par pendiente-ordenada dado para obtener el número de píxeles presentes en cada una de las rectas posibles.

⇒ Al final del proceso, el valor del acumulador asociado a cada celda indica el número de puntos que, salvo errores de discretización, satisfacen la ecuación de la recta correspondiente.

⇒ Las celdas cuya acumulación supere un determinado umbral constituyen el conjunto de rectas detectadas.



5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

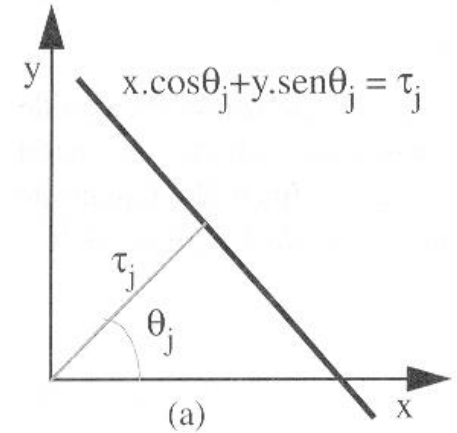
Uso de la Transformada de Hough para detectar líneas rectas:

Problema:

- Al usar $y = a x + b$ para representar una recta, tanto la pendiente como la ordenada en el origen tienden a infinito conforme la recta se acerca a posiciones verticales.

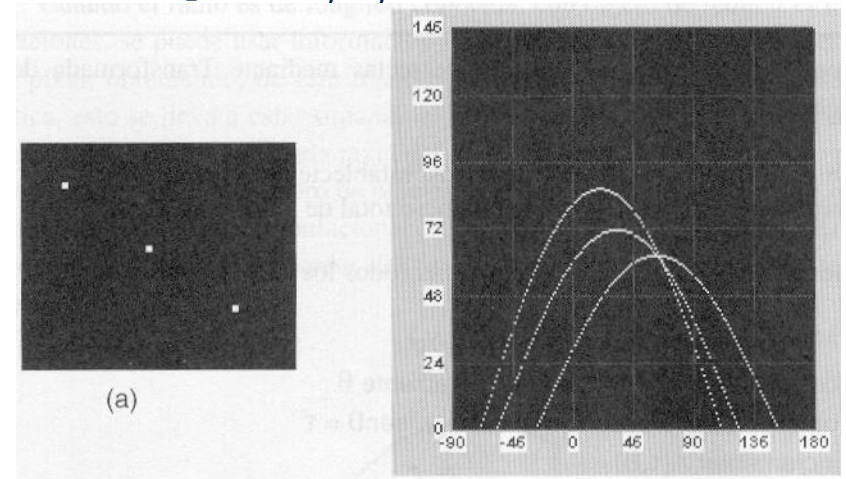
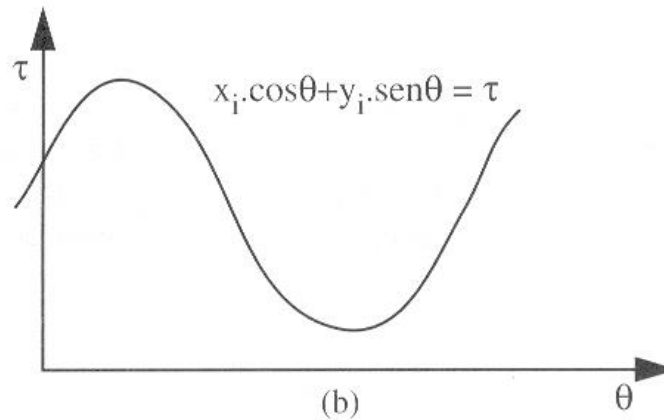
Solución: Usar la representación normal de una recta:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \tau \quad \begin{cases} \tau \equiv \text{distancia de la recta al origen} \\ \theta \equiv \text{ángulo que forma la normal con el eje } x \end{cases}$$



⇒ Un punto (x_i, y_i) en plano imagen se transforma en el plano τ - θ en una curva sinusoidal (lugar geométrico de todas las rectas en el plano imagen que pasan por el punto).

⇒ M puntos colineales pertenecientes a una recta $x \cos \theta_j + y \sin \theta_j = \tau_j$, darán lugar a M curvas sinusoidales que se cortarán, en el espacio de parámetros, en el punto (θ_j, τ_j) .



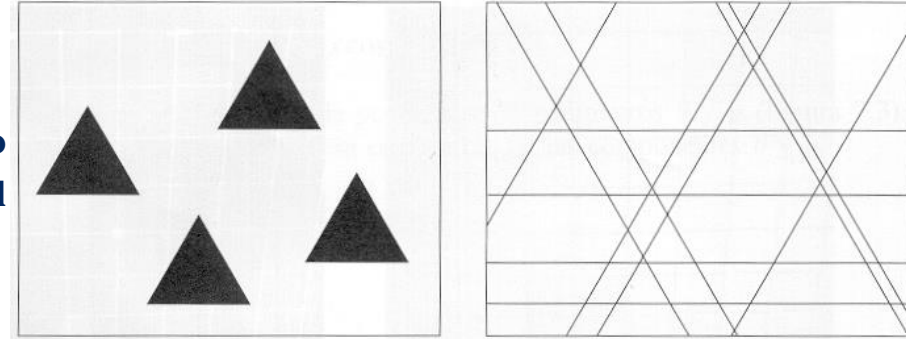
Uso de la Transformada de Hough para detectar líneas rectas: consideraciones

- Puesto que lo habitual es que los puntos utilizados provengan de la umbralización de una imagen gradiente, la posición de éstos puede estar afectada de error (debido a ruido, iluminación, etc.) \Rightarrow Las celdas de mayor acumulación no van a aparecer de forma aislada en el espacio de parámetros, sino que se encontrarán formando parte de agrupaciones de celda con elevados números de acumulación.
- Ventaja uso Transformada de Hough: utiliza toda la información de la imagen por lo que es más inmune a pérdidas parciales de los bordes que los métodos locales.

➤ Principales inconvenientes:

\Rightarrow Las rectas detectadas son de longitud infinita (no se sabe realmente dónde empieza y acaba el segmento de recta presente en la imagen).

\Rightarrow Elevado coste Computacional



❖ Cuanto mayor esté cuantificado o discretizado el espacio de parámetros $\tau-\theta$, mayor será la precisión de las rectas detectadas. Sin embargo, el coste computacional es mayor (si se tienen n puntos de imagen y se divide θ en K partes, como para cada punto y valor de θ hay que obtener el valor de τ , se necesitan nK cálculos).

❖ Se puede reducir notablemente el proceso si para cada punto se restringe el rango de orientaciones θ a un único valor igual a la dirección del vector gradiente (se sabe que la recta que se pretende detectar debe ser más o menos perpendicular a esta dirección).

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Pseudocódigo para la detección de rectas mediante Transformada de Hough.

1. Discretizar el espacio de parámetros, estableciendo valores máximos y mínimos de τ (de $-\tau_{max}$ a τ_{max}) y θ (de -90° a 90°), así como el número total de valores de ambos parámetros.
2. Generar el acumulador $A (\tau, \theta)$; poner todos sus valores a 0.
3. Para todos los puntos de borde (x_i, y_i) :
 - \Rightarrow Calcular la dirección del vector gradiente θ .
 - \Rightarrow Obtener τ de la ecuación $\tau = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta$.
 - \Rightarrow Incrementar $A (\tau, \theta)$.
4. Para todas las celdas del acumulador:
 - \Rightarrow Buscar los valores del acumulador que superen un determinado umbral.
 - \Rightarrow Las coordenadas (τ, θ) de estos acumuladores seleccionados determinan las rectas frontera en la imagen.

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Uso de la Transformada de Hough para detectar circunferencias

➤ La ecuación de una circunferencia:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad \begin{cases} (a, b) \equiv \text{coordenadas del centro de la circunferencia} \\ r \equiv \text{radio de la circunferencia} \end{cases}$$

- El acumulador asociado a una celda de centro (a_i, b_j) y radio r_k será tri-dimensional, de la forma $A(i, j, k)$.
- El procedimiento consiste en para cada uno de los valores discretizados de “a” y “b”, calcular “r” mediante la ecuación de la circunferencia y actualizar el acumulador de la celda asociada.
- Se obtienen circunferencias completas pero, al tratarse de un contorno cerrado, no se tiene el inconveniente de las rectas infinitas del caso anterior.
- La tercera dimensión del espacio de parámetros exige un número de operaciones mucho mayor (coste computacional ↑).

5.2.- Algoritmos de segmentación basada en la detección de bordes. Transformada de Hough.

Uso de la Transformada de Hough para detectar otros tipos de curva

- La transformada de Hough se puede aplicar a cualquier función de la forma:

$$f(x, c) = 0 \quad \begin{cases} x \text{ es un vector de coordenadas} \\ c \text{ es un vector de coeficientes} \end{cases}$$

- El éxito de la técnica depende de la cuantificación de parámetros:

⇒ Poca resolución: máximos pronunciados.

⇒ Mucha resolución: picos menos definidos.

- Hay que tener presente el crecimiento exponencial de las dimensiones del acumulador con el número de parámetros de las curvas. Por ello la aplicación práctica se limita a curvas con pocos parámetros.

Transformada de Hough generalizada

- La transformada de Hough “clásica” se parte de la ecuación analítica del contorno de la figura para poder pasar del espacio coordenado de la imagen al espacio de parámetros.
- En el caso de que no se disponga de la expresión analítica del borde que se desea buscar, se recurre a la transformada de Hough generalizada:
 - ⇒ Procedimiento que se desarrolló para detectar formas que no pudieran expresarse de forma analítica.

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral

- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Binarización mediante detección de umbral

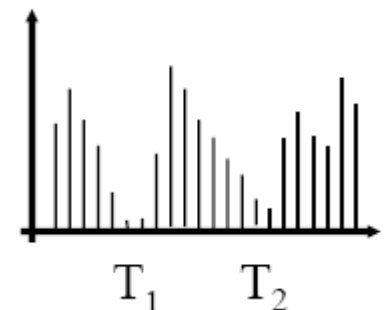
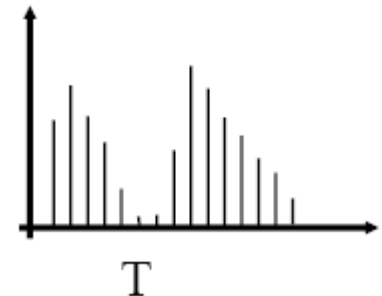
- **Objetivo:** convertir una imagen con varios niveles de gris a una nueva con sólo dos, de manera que los objetos queden separados del fondo.
- La umbralización se basa en que los píxeles de un determinado objeto tienen el mismo nivel de gris, o parecidos \Rightarrow por medio de umbrales, se seleccionan aquellos intervalos de gris que pertenecen a un objeto.
- Se aplican las siguientes fórmulas:

$$\Rightarrow g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases} \quad (\text{objeto claro sobre fondo oscuro})$$

\rightarrow Objeto claro sobre fondo oscuro: se supone que todos los píxeles correspondientes al objeto se encuentran por encima de un determinado umbral.

$$\Rightarrow g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x,y) \leq T \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases} \quad (\text{objeto oscuro sobre fondo claro})$$

$$\Rightarrow g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si } T_1 \leq f(x,y) \leq T_2 \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases} \quad (\text{niveles de gris de los píxeles del objeto comprendidos entre } T_1 \text{ y } T_2)$$



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Binarización mediante detección de umbral: consideraciones

➤ **Problema:** encontrar los valores de gris adecuados como umbrales entre objetos (debido al ruido y que el objeto y el fondo no tienen un único valor de gris, sino un intervalo, se pueden solapar valores).

➤ **De forma genérica:** $T = T [x , y , p(x,y) , f(x,y)]$ { $f(x,y)$: nivel de gris del punto (x,y) ; $p(x,y)$: alguna propiedad local del punto }.

⇒ **Umbral global:** $T = T [f(x,y)]$ (se utiliza cuando hay una clara definición entre los objetos y el fondo)

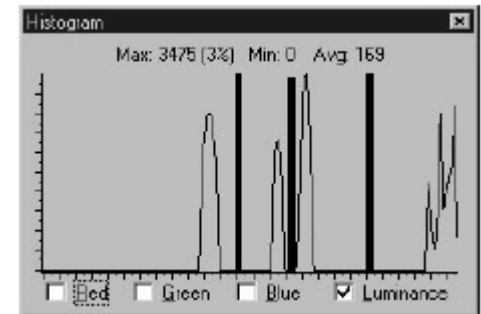
⇒ **Umbral local:** $T = T [p(x,y) , f(x,y)]$

⇒ **Umbral zonal-dinámico:** $T = T [x , y , p(x,y) , f(x,y)]$

→ Dividir la imagen en sub-imágenes.

→ Elegir un umbral para cada sub-imagen.

→ Aplicar a cada región su umbral.

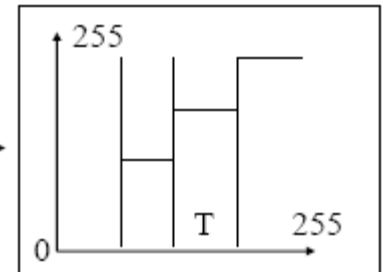


➤ **Umbralización Multiumbral:**

⇒ **Imágenes con N objetos** (identificados por N máximos en el histograma)

⇒ **Cada objeto ocupa un rango en el histograma definido por dos umbrales.**

⇒ **Para diferenciar los objetos, asignar distintas intensidades.**



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

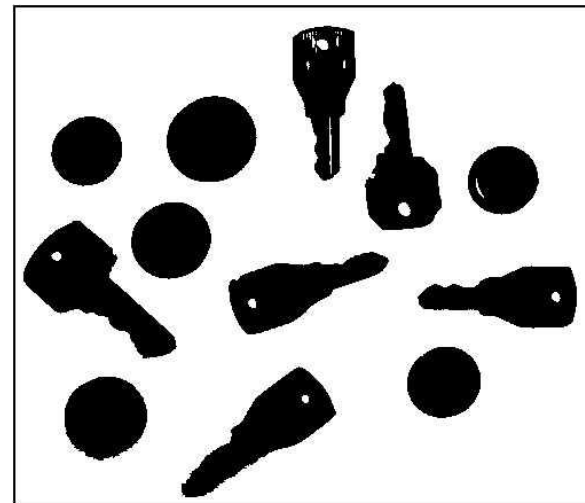
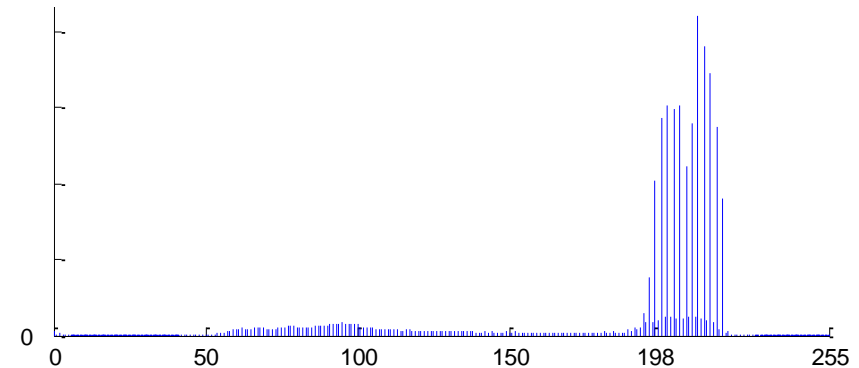
5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Ejemplo umbralización global

- **Imagen original:** contiene una serie de objetos con unos tonos de gris más oscuros que el fondo.
- **Histograma:** se distingue un umbral $T = 198$, que separa los dos modos del histograma.
- **Imagen binarizada** obtenida a partir de:

$$\Rightarrow g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(x,y) \leq 198 \text{ (objetos)} \\ 255 & \text{si } f(x,y) > 198 \text{ (fondo)} \end{cases}$$

(los objetos aparecen en negro, nivel gris cero, y el fondo en blanco, nivel de gris 255).



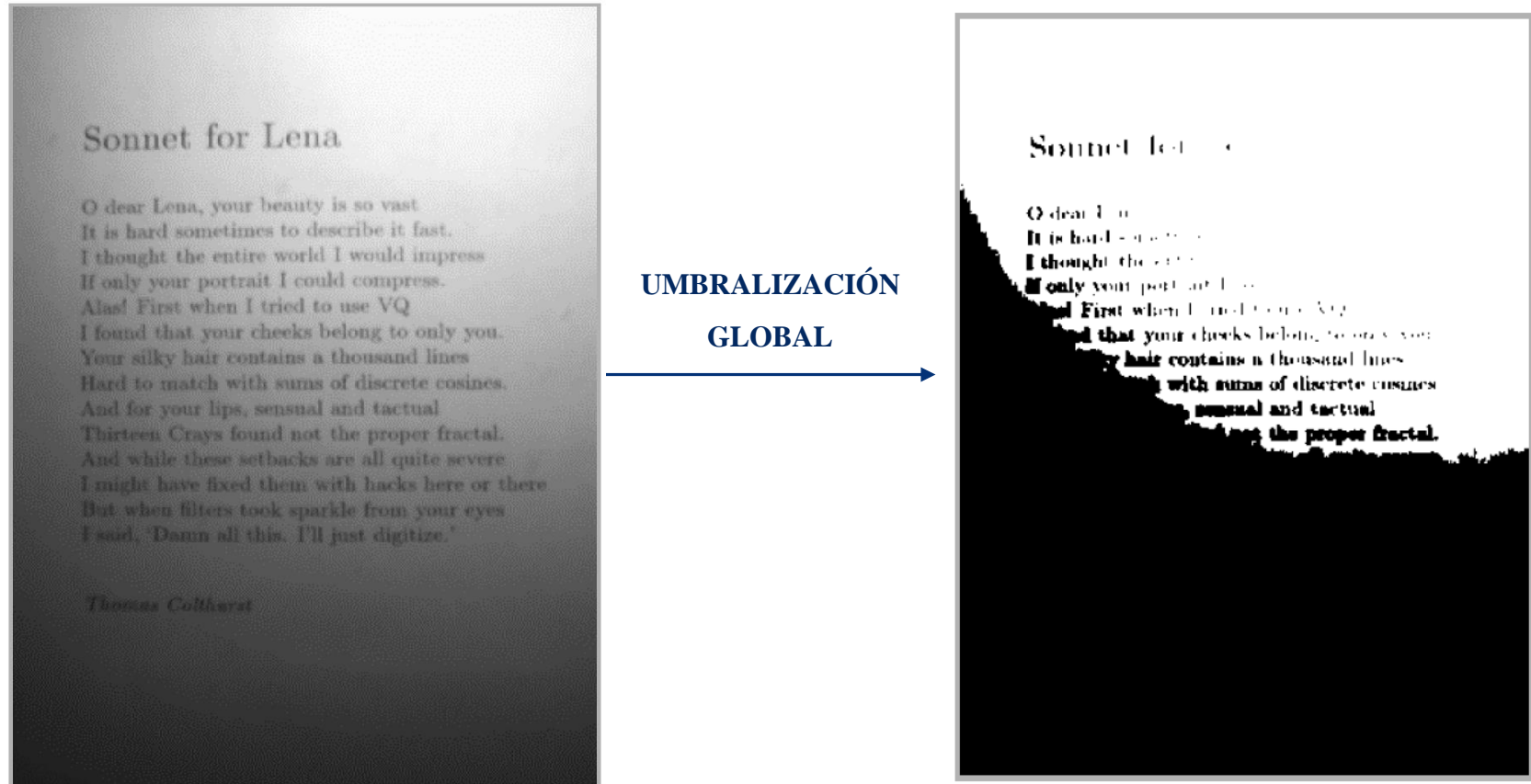
TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Ejemplo umbralización local

➤ Supongamos una imagen donde los valores de intensidad pueden variar en función de la iluminación.

⇒ Umbralización global no ofrece buenos resultados.



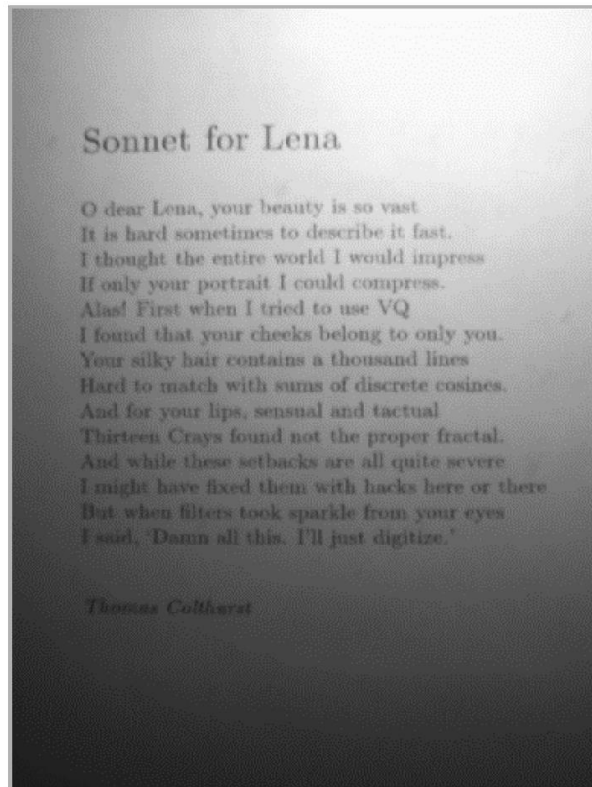
TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Ejemplo umbralización local

➤ Solución: umbralización local:

⇒ Examinar los valores en el entorno de vecindad del píxel a umbralizar y utilizar estadísticos locales como umbrales (media, mediana, media del valor máximo y mínimo...).



Sonnet for Lena

O dear Lena, your beauty is so vast
It is hard sometimes to describe it fast.
I thought the entire world I would impress
If only your portrait I could compress.
Alas! First when I tried to use VQ
I found that your cheeks belong to only you.
Your silky hair contains a thousand lines
Hard to match with sums of discrete cosines.
And for your lips, sensual and tactual
Thirteen Crays found not the proper fractal.
And while these setbacks are all quite severe
I might have fixed them with hacks here or there
But when filters took sparkle from your eyes
I said, 'Damn all this. I'll just digitize.'

Thomas Calhoun

Media-C
Entorno 7x7; C=7

Sonnet for Lena

O dear Lena, your beauty is so vast
It is hard sometimes to describe it fast.
I thought the entire world I would impress
If only your portrait I could compress.
Alas! First when I tried to use VQ
I found that your cheeks belong to only you.
Your silky hair contains a thousand lines
Hard to match with sums of discrete cosines.
And for your lips, sensual and tactual
Thirteen Crays found not the proper fractal.
And while these setbacks are all quite severe
I might have fixed them with hacks here or there
But when filters took sparkle from your eyes
I said, 'Damn all this. I'll just digitize.'

Thomas Calhoun

Media-C
Entorno 75x75; C=10

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Segmentación de objetos por umbralización de nivel de gris:

Objetivo: encontrar los valores de gris adecuados como umbrales (debido al ruido y que el objeto y el fondo no tienen un único valor de gris, sino un intervalo, se pueden solapar valores).

- **Técnicas de selección de umbral:** es posible elegir el umbral directamente, basándose en conocimiento del contenido de la imagen. Si no es así hay que buscar métodos de selección automática. La mayoría de ellos se basan en el histograma:

→ **Técnicas de detección de umbral basadas en histograma**

Si se conoce la proporción de píxeles de cada tipo:

- ✓ **Método del percentil:** se calcula el histograma, y se va aumentando un nivel cada vez, comenzando en cero. Cada umbral se sitúa en el nivel que haya llegado a la proporción requerida.

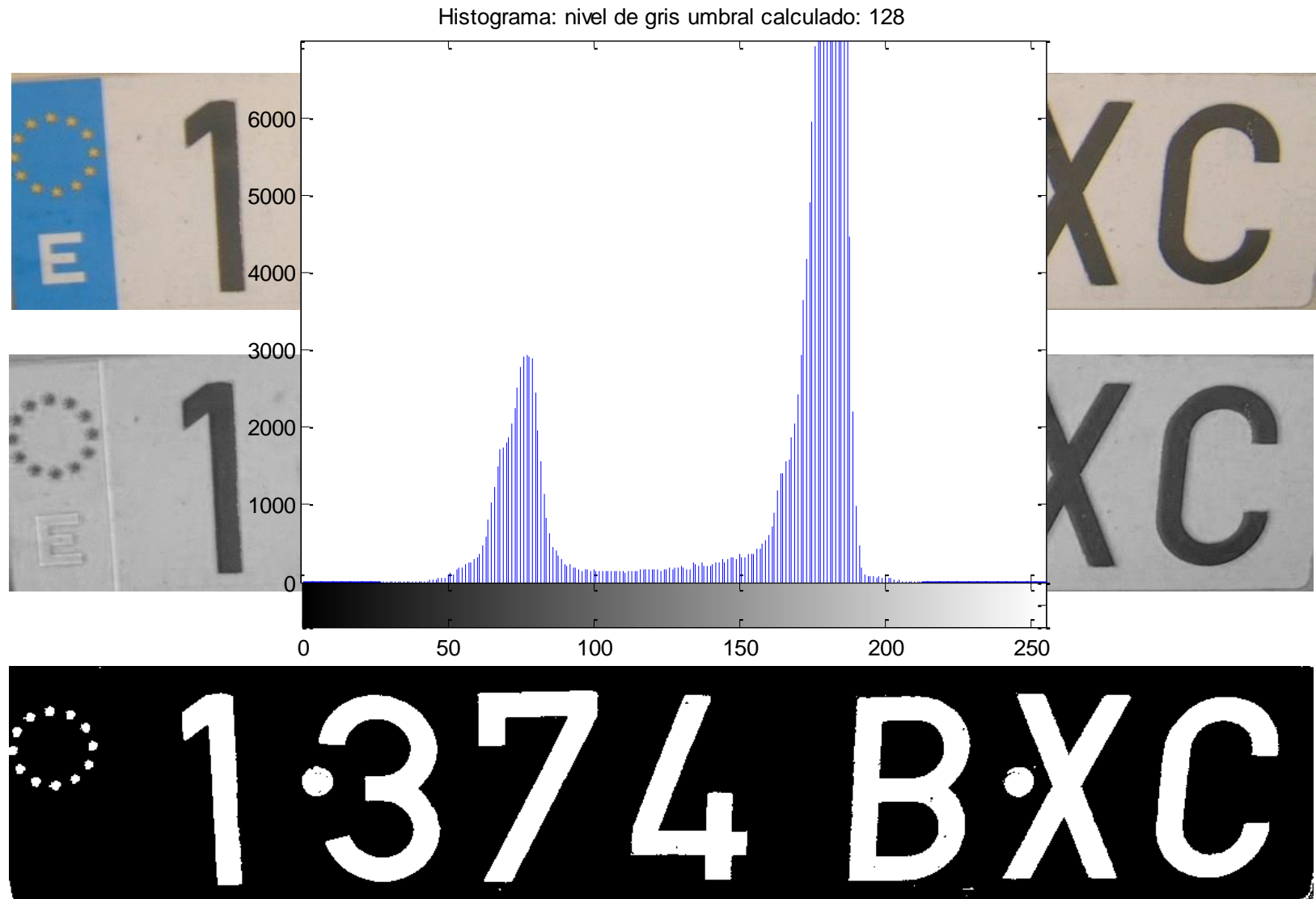
TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

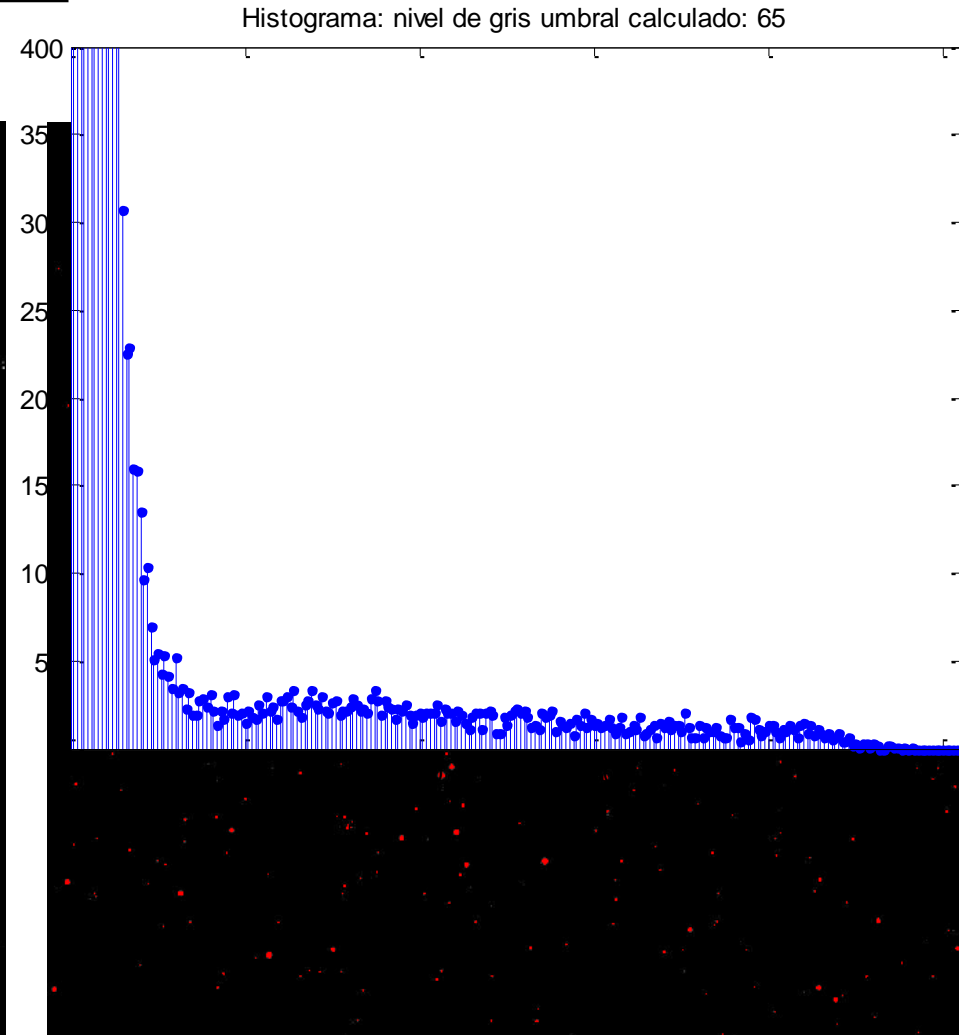
Si el histograma es claramente bimodal:

- ✓ **Estadísticos simples:** nivel de gris medio de la imagen, mediana, valor medio entre el nivel mínimo y máximo...
- ✓ **Métodos de mínimo:** escoger como umbral el nivel de gris correspondiente al mínimo entre los dos picos máximos del histograma,
 - Primero se encuentran los dos picos más altos y después el valor mínimo entre ellos.
 - Nivel de gris del primer pico: corresponde al nivel de gris en el que el histograma alcanza el mayor valor
 - Nivel de gris del segundo pico: multiplicar los valores del histograma por el cuadrado de la distancia al primer pico y tomar el máximo: $\max [(k - f)^2 * h(k)], 0 \leq k \leq 255$
 - ❖ K: nivel de gris considerado; h(k): el valor del histograma en k; f: nivel de gris del primer pico más alto.
 - ❖ Hay que asegurarse que la separación entre los dos máximos sea suficiente para evitar que ambos se encuentren en la misma clase.
 - Problema: método muy sensible al ruido - necesario antes suavizar el histograma, y después se exige además que la separación en niveles entre dos máximos consecutivos sea suficiente.

Ejemplos de binarización: selección automática de umbral. Histograma Bimodal



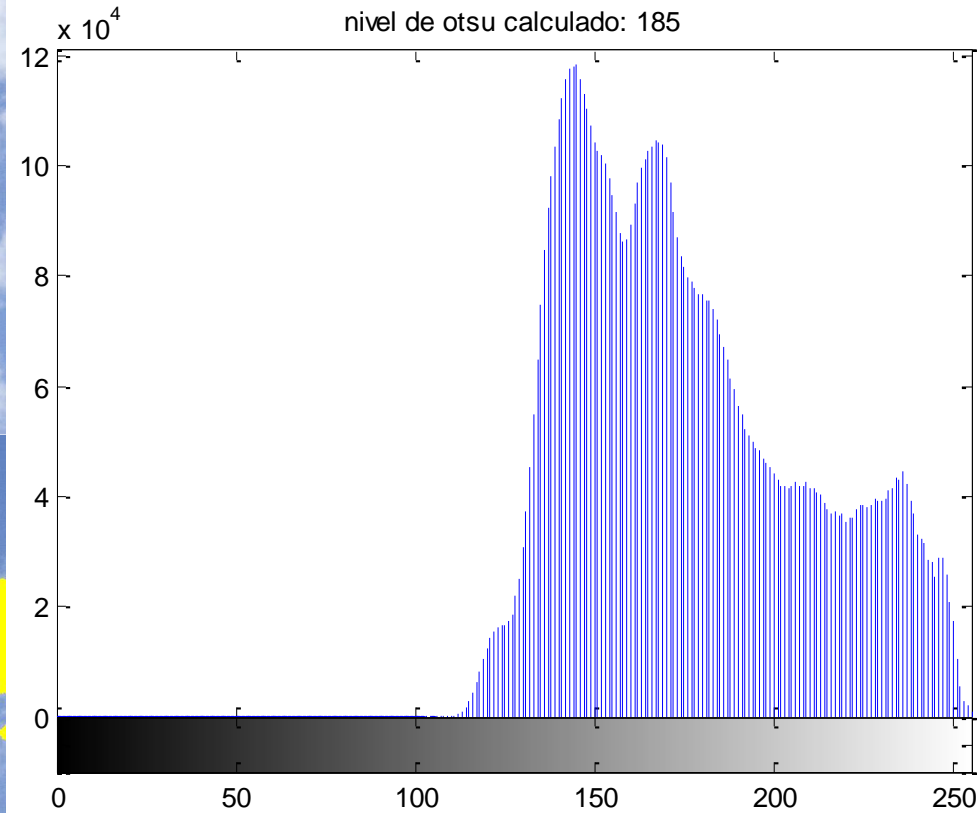
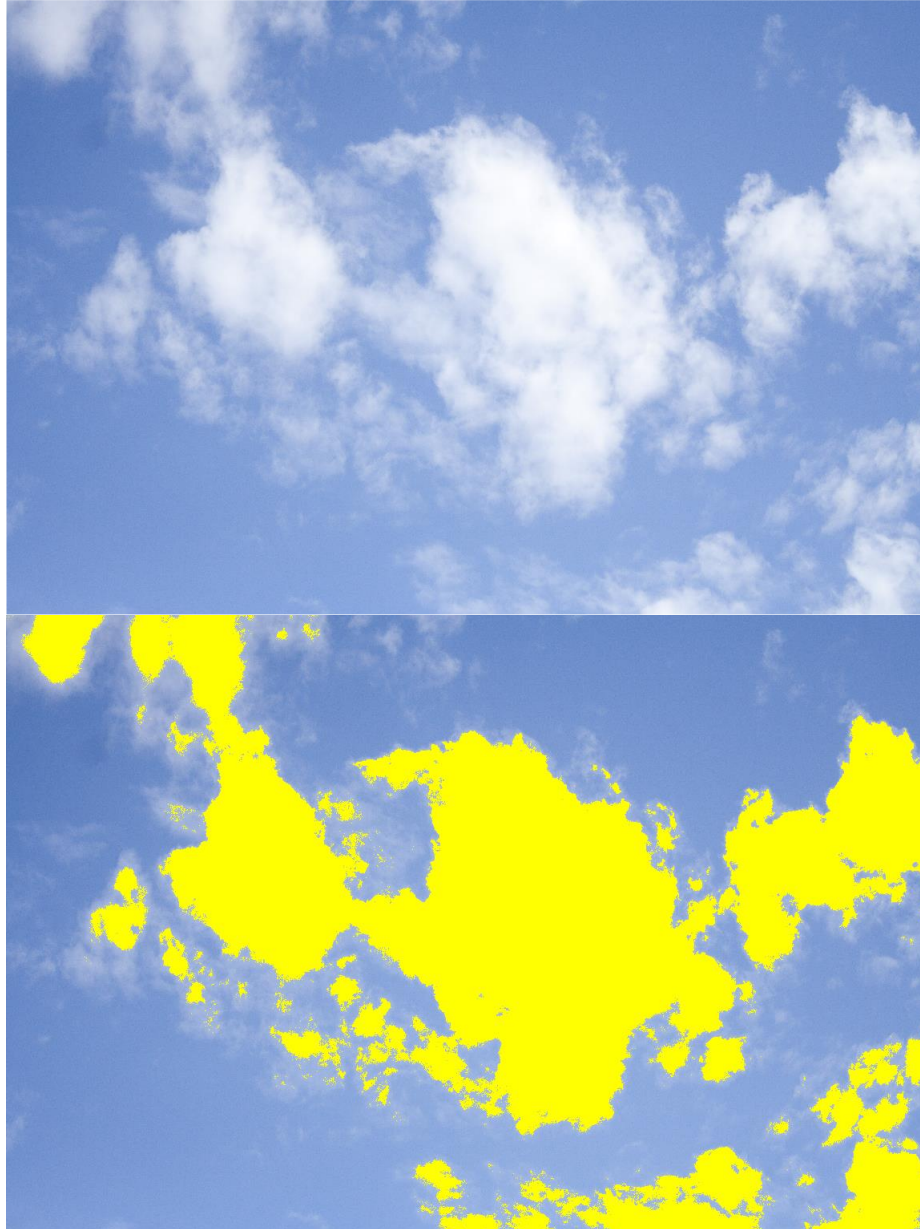
Ejemplos de binarización: selección automática de umbral



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Ejemplos de binarización: selección automática de umbral



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Binarización mediante detección de umbral basadas en histograma

Si el histograma presenta solapamiento objetos/fondo: técnicas de umbralización óptima - los umbrales se obtienen de forma óptima de acuerdo a algún criterio.

✓ Método de Ridler y Calvard (1978) - ISODATA:

1. Estima un valor de umbral inicial T (por ejemplo, media de intensidad).
2. Establecer dos agrupaciones de píxeles: $G1$: píxeles cuyo nivel de gris es menor o igual a dicho valor umbral T ; $G2$: píxeles cuyo nivel de gris es mayor a T .
3. Calcula la media de intensidad $m1$ y $m2$ de los grupos $G1$ y $G2$, respectivamente.
4. Calcula un nuevo valor umbral T : $T = (1/2) * (m1 + m2)$
5. Repite los pasos 2, 3 y 4 hasta que no haya diferencia entre los valores T en sucesivas iteraciones ($\Delta T = 0$) o ésta sea más pequeña que valor predefinido ($\Delta T < \text{valor}$)

Binarización mediante detección de umbral basadas en histograma

Si el histograma presenta solapamiento objetos/fondo: técnicas de umbralización óptima - los umbrales se obtienen de forma óptima de acuerdo a algún criterio.

- ✓ Método de Otsu (1979) – (IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. SMC-9, NO. 1, JANUARY 1979)

Consideraciones generales:

Sea una imagen **I** con **N** píxeles y **L** niveles de gris ($g = 1, 2, \dots L$), cuyo histograma viene dado por **h**

➤ **h(g):** número de píxeles de **I** con nivel de gris **g**

➤ Probabilidad de ocurrencia del nivel de gris **g** en la imagen: $p(g) = \frac{h(g)}{N}$

➤ Valor medio: $\mu = \frac{\sum_{g=1}^L gh(g)}{N} = \sum_{g=1}^L gp(g)$

➤ Varianza:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{g=1}^L (g-\mu)^2 h(g)}{N} = \sum_{g=1}^L (g-\mu)^2 p(g)$$

- ✓ Método de Otsu (1979) – (IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. SMC-9, NO. 1, JANUARY 1979)

Consideraciones generales:

- Si fijásemos un umbral de binarización en un nivel de gris $g = k$, la imagen y su histograma quedarían divididos en dos clases o agrupaciones de píxeles:

C1: píxeles de I cuyo nivel de gris g es menor o igual a k : $[1, 2, \dots, k]$

C2: píxeles de I cuyo nivel de gris es mayor a k : $[k+1, k+2, \dots, 256]$

- Número de píxeles de cada clase: $N1(k) = \sum_{g=1}^k h(g)$; $N2(k) = \sum_{g=k+1}^L h(g)$

- Probabilidad de ocurrencia de un nivel de gris de cada clase: $\omega1(k) = \frac{N1}{N}$; $\omega2(k) = \frac{N2}{N}$

- Nivel de gris medio de cada clase:

$$\mu1(k) = \frac{\sum_{g=1}^k gh(g)}{N1(k)} ; \mu2(k) = \frac{\sum_{g=k+1}^L gh(g)}{N2(k)}$$

- Varianza entre clases ponderada por la probabilidad de ocurrencia (asumiendo que cada clase está representada por su nivel de gris medio):

$$\sigma_B^2(k) = \omega1(k) * (\mu1(k) - \mu)^2 + \omega2(k) * (\mu2(k) - \mu)^2$$

- ✓ Método de Otsu (1979) – (IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. SMC-9, NO. 1, JANUARY 1979)

Caso binarización en dos niveles:

- El Umbral es el nivel de gris que maximiza la varianza entre clases:

$$T = \max_k \left\{ \sigma_B^2(k) \right\} ; \quad k = 1, 2, \dots, L$$

- ✓ Con este umbral, se dispersan lo máximo posible los niveles de intensidad de las dos clases,
- ✓ Si el máximo no es único, se define T como la media de los niveles de gris que proporcionan todos los máximos posibles.

Caso binarización en M niveles:

- En este caso, al existir M clases, existirán M-1 umbrales distintos.
- Generalizando el caso de dos niveles, estos umbrales serán el conjunto de niveles de gris que maximiza la varianza entre clases de la forma:

$$\{T_1, T_2, \dots, T_{M-1}\} = \max_{\{k_1, k_2, \dots, k_{M-1}\}} \left\{ \sigma_B^2(k_1, k_2, \dots, k_{M-1}) \right\} ; \quad 1 < k_1 < k_2 < k_{M-1} < L$$

$$\sigma_B^2(k_1, k_2, \dots, k_{M-1}) = \sum_{i=1}^M \left(\omega_i(k_1, k_2, \dots, k_{M-1}) * (\mu_i(k_1, k_2, \dots, k_{M-1}) - \mu)^2 \right)$$

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

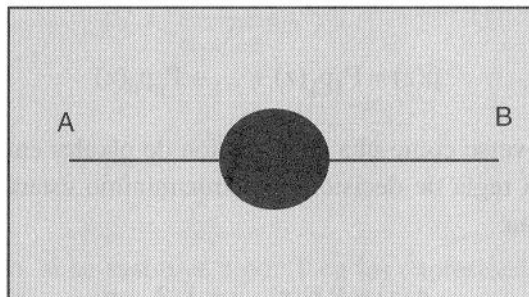
5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Selección de umbral: consideraciones

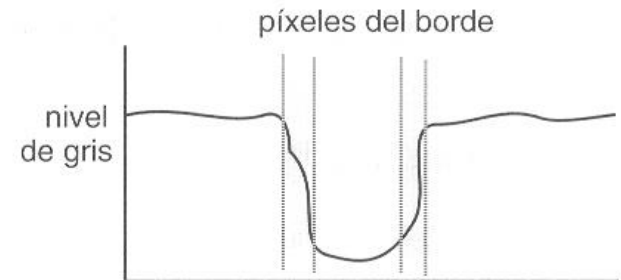
- **Problema:** encontrar los valores de gris adecuados como umbrales entre objetos (debido al ruido y que el objeto y el fondo no tienen un único valor de gris, sino un intervalo, se pueden solapar valores).
- El umbral seleccionado debe ser capaz de identificar correctamente los picos de intensidad de un histograma (la selección es más sencilla si los picos del histograma son altos, estrechos, simétricos y están separados por profundos valles).

Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera

- Considerar sólo aquellos píxeles que estén cercanos o pertenezcan a la frontera entre los objetos y el fondo.
 - ⇒ Los histogramas se hacen menos dependientes del tamaño relativo entre los objetos y el fondo.
 - ⇒ Los niveles de grises de esos píxeles van desde los niveles representativos del fondo a los del objeto y, en la mayoría de los casos, el nivel de gris medio de este histograma proporciona una fiable indicación del umbral global buscado.



Perfil de intensidades a lo largo de la sección A-B



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera:

Entradas

⇒ Imagen gradiente $G[f(x,y)]$: determinará los píxeles de borde o cercanos a ellos (son aquellos píxeles cuya magnitud del gradiente supere un determinado umbral T).

⇒ Imagen Laplaciana $L[f(x,y)]$: ofrece información sobre si un píxel de la imagen se encuentra al lado oscuro o claro de la frontera en base al signo que genera su aplicación.

Procedimiento

1.- Formar una imagen $s(x,y)$ de tres niveles de acuerdo a:

$$s(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{si } G[f(x,y)] < T \\ + & \text{si } G[f(x,y)] \geq T \text{ y } L[f(x,y)] \geq 0 \\ - & \text{si } G[f(x,y)] \geq T \text{ y } L[f(x,y)] < 0 \end{cases}$$

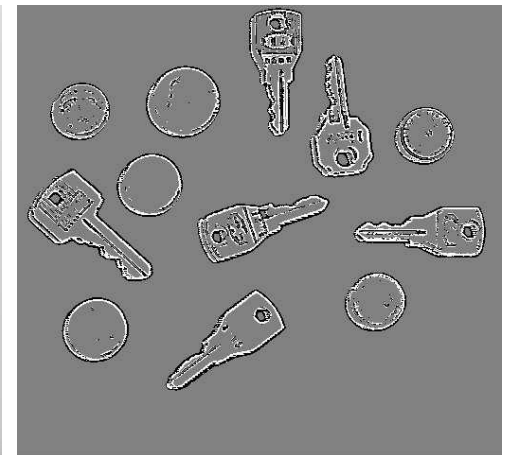
, donde los símbolos “0”, “+” y “-” representan 3 niveles distintos de grises.

Ejemplo: suponiendo un objeto oscuro sobre fondo claro (ver figura de ejemplo), para obtener $s(x,y)$:

→ Los píxeles que no pertenecen al borde son etiquetados con “0” (en la figura, “0” → nivel 128 (gris)).

→ Los píxeles del lado oscuro del borde son etiquetados con “+” (en la figura, “+” → nivel 255 (blanco)).

→ Los píxeles del lado claro del borde son etiquetados con “-” (“+” → nivel 0 (negro)).



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

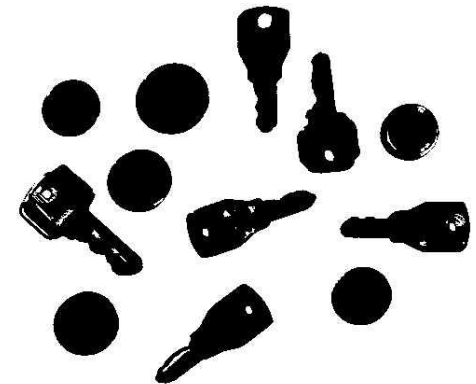
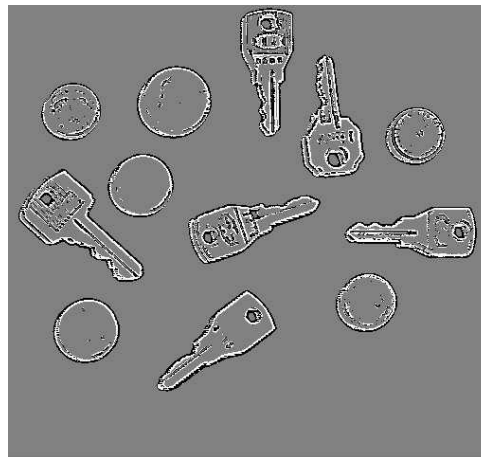
5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Procedimiento

- ⇒ La transición de un fondo claro a un objeto oscuro se caracteriza por un “-” seguido por un “+” en $s(x,y)$.
- ⇒ El interior de un objeto oscuro se compone de píxeles etiquetados con “0” o “+”.
- ⇒ La transición de un objeto oscuro al fondo claro se caracteriza por un “+” seguido de un “-”.
- ⇒ Luego, una fila o columna que contenga una sección del objeto tiene la estructura: $(\dots)(-,+)(0 \text{ ó } +)(+,-)(\dots)$

2.- A partir de la imagen $s(x,y)$, crear una imagen binaria segmentada de la siguiente forma:

- Puntos de objetos → nivel 0 (negro): cualquier secuencia de $(0 \text{ ó } +)$ limitada por $(-,+)$ y $(+,-)$.
- Fondo → nivel 255 (blanco): resto de píxeles que se encuentran en la misma línea de exploración.



TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera

- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

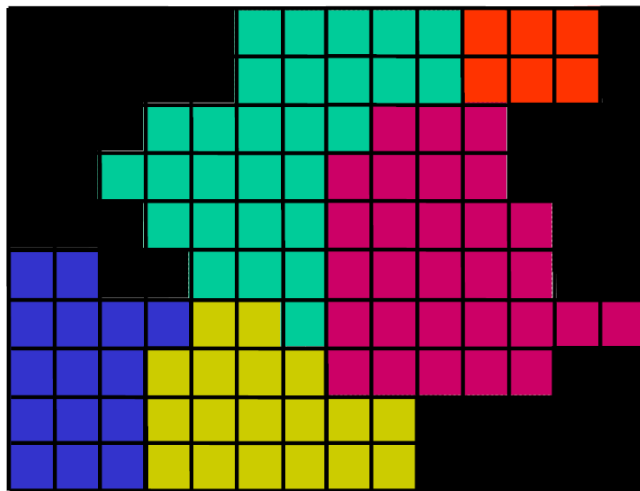
TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Etiquetado

➤ Con la umbralización los objetos han sido separados del fondo, pero no han sido distinguidos entre sí (todos tienen el mismo nivel de gris alto) \Rightarrow Etapa de Etiquetado (*“labelling”*): a cada objeto se le asigna una etiqueta, un nivel de gris distinto.

➤ **Objetivo:** crear un mapa de ocupación de regiones (o plano de etiquetado), un conjunto de etiquetas de regiones relacionadas con la imagen, $f(x,y)$, que las diferencie.



Imagen

1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4
1	1	1	2	2	2	2	2	5	5	5	4	4	4
1	1	2	2	2	2	2	5	5	5	5	4	4	4
1	1	1	2	2	2	2	5	5	5	5	5	4	4
6	6	1	1	2	2	2	5	5	5	5	5	4	4
6	6	6	6	7	7	2	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	7	7	7	7	5	5	5	5	5	8	8
6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8

Mapa de ocupación o plano de etiquetado

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

➤ **Idea básica:** píxeles vecinos de acuerdo a alguna clase de conectividad pertenecen al mismo objeto y deben ser etiquetados de la misma forma.

→ **Entrada:** imagen binaria donde los “unos” representan los píxeles de los distintos objetos presentes en la imagen.

→ Asumiendo *conectividad-4*, con un orden de exploración de izquierda a derecha y de arriba-abajo se recorre la imagen.

→ Cuando se encuentra el primer píxel que esté a nivel alto se le asocia la etiqueta (“*label*”) 1 para identificarlo como primer objeto.

→ Se examinan sus vecinos: aquellos que también estén a nivel alto recibirán la misma etiqueta.

→ Cuando un píxel no sea vecino de uno etiquetado pero esté a nivel alto se le asocia la siguiente etiqueta, 2, y así sucesivamente.

➤ **Ejemplo:** imagen *a* con regiones segmentadas y resultado final tras el etiquetado (imagen *b*):

$$a \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; \quad b \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & A \end{bmatrix}$$

→ El píxel *A* tiene un píxel etiquetado con 1 a la izquierda y con 2 por encima, y conecta a las regiones 1 y 2.

→ Todos los píxeles etiquetados con 1 y con 2 pertenecen realmente a la misma región y deben ser etiquetados de la misma forma.

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Algoritmo iterativo de etiquetado

→ **Entrada: Imagen simple binaria:** $a \equiv \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

1.- Paso de inicialización:

→ **A cada píxel que esté a nivel alto le asocia una etiqueta distinta:** $b \equiv \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 0 & 3 & 4 & 0 \\ 0 & 5 & 6 & 0 & 7 & 8 & 0 \\ 0 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 0 \end{bmatrix}$

2.- Primera pasada de arriba-abajo:

→ **Recorrer la imagen, empezando por el primer píxel (extremo superior izquierda), de izquierda a derecha y de arriba abajo.**

→ **Para cada píxel etiquetado, seleccionar la etiqueta mínima de sus vecinos distintos de cero en la misma línea o en la previa.**

$$c \equiv \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3.- Primera pasada de abajo-arriba:

→ **Proceder de la misma forma que en 2, pero empezando por el último píxel (extremo inferior derecha) y recorriendo la imagen de derecha a izquierdas y de abajo a arriba.**

$$d \equiv \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

4.- Repetir pasos 2 y 3 iterativamente hasta que no se produzcan cambios de etiqueta.

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

5.3.- Segmentación mediante umbralización. Etiquetado.

Algoritmo iterativo de etiquetado: pseudocódigo

→ Imagen binaria *I* de *NLINEAS*, cada una con *NPIXELES* y la etiqueta *ETIQUETA*.

Funciones:

→ *NUEVAETIQUETA*: genera una nueva etiqueta con valor entero cada vez que es llamada.

→ *VECINOS*: devuelve el conjunto de los vecinos ya etiquetados de un determinado píxel en su misma línea o en la línea previa.

→ *ETIQUETAS*: cuando se le proporciona el conjunto de los píxeles ya etiquetados, devuelve el conjunto de sus etiquetas.

→ *MIN*: cuando se le proporciona un conjunto de etiquetas devuelve la mínima etiqueta.

Procedimiento iterar

“inicialización de cada píxel de valor 1 a una única etiqueta”

```
for L=1 to NLINEAS
  for P=1 to NPIXELES
    if I(L,P) == 1
      then ETIQUETA(L,P) = NUEVAETIQUETA()
    else ETIQUETA(L,P) = 0
  endfor
endfor
```

“Iteración de arriba-abajo seguida por pasos de abajo-arriba”

Repetir hasta que la variable CAMBIO sea FALSO

“Paso de arriba-abajo”

CAMBIO = FALSO

for L=1 to NLINEAS

for P=1 to NPIXELES

if ETIQUETA(L,P) ≠ 0

then

M = MIN (ETIQUETAS(VECINOS((L,P)) ∪ (L,P)))

if M ≠ ETIQUETA(L,P)

then CAMBIO = VERDADERO

ETIQUETA(L,P) = M

endif

endif

endfor

endfor

“Paso de abajo-arriba”

for L=NLINEAS to 1 (por -1)

for P=NPIXELES to 1 (por -1)

If ETIQUETA(L,P) ≠ 0

then

M = MIN (ETIQUETAS(VECINOS((L,P)) ∪ (L,P)))

if M ≠ ETIQUETA(L,P)

then CAMBIO = VERDADERO

ETIQUETA(L,P) = M

endif

endif

endfor

endfor

Fin Iterar

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Segmentación basada en regiones: consideraciones

➤ Técnicas basadas en la búsqueda de regiones directamente:

⇒ Principio: píxeles vecinos tienden a tener propiedades similares si pertenecen a un mismo objeto.

⇒ Criterios de similitud: basados en conjugar propiedades de conectividad y homogeneidad.

➤ Segmentación de la imagen: proceso que divide a R (siendo R una región que representa la imagen completa) en n subregiones, R_1, R_2, \dots, R_n , tal que:

- $\cup R_i = R$: la unión de todas las regiones obtenidas tras la segmentación debe ser la imagen completa.
- $R_i, i = 1, 2, \dots, n$, es una región conectada: los píxeles de una región están conectados.
- $R_i \cap R_j = \emptyset \quad \forall i, j \quad i \neq j$: las regiones han de ser disjuntas.

Si $P(R_i)$ es un predicado lógico definido sobre los puntos del conjunto R_i , basado en alguna medida de similitud:

- $P(R_i) = \text{VERDADERO}$ para $i = 1, 2, \dots, n$: los píxeles de una región segmentada deben satisfacer unas determinadas propiedades.
- $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$ $i \neq j$, para regiones adyacentes: las regiones R_i y R_j son distintas según el criterio del predicado P .

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

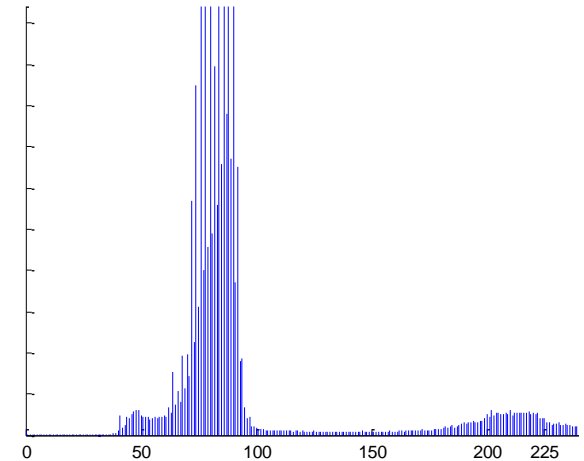
- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles: procedimiento básico

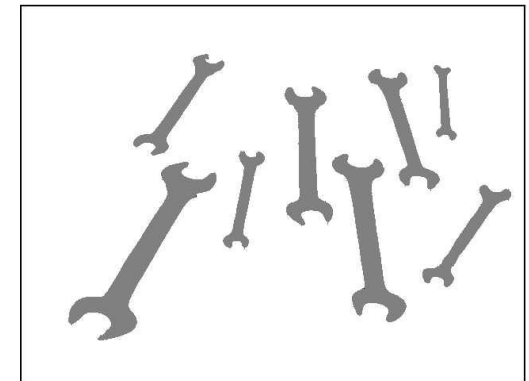
- **Inicialización:** elegir un conjunto de píxeles iniciales, puntos “semilla”, uno o varios por región.
- **Progreso:** al conjunto de puntos semilla se le añaden píxeles vecinos que poseen propiedades similares, como por ejemplo, nivel de gris, textura, color ... (las semillas “*crecen*” por adición de píxeles vecinos similares).
- **Finalización:** en general, una región deja de crecer cuando no existan más píxeles que satisfagan el criterio de inclusión en esa región.

Inicialización: selección de semillas

➤ La colocación de las semillas se suele basar en la naturaleza del problema y requiere algún tipo de información previa de las regiones que se quiere segmentar.



Ejemplo: se sabe que la escena tiene 8 objetos; con esta información se trazan dos líneas de exploración de forma que entre las dos intersectan los 8 objetos de interés; a partir del histograma, se determina que las semillas se situarán allí donde las líneas de exploración encuentren una región de intensidad similar al segundo lóbulo del histograma (el correspondiente a los objetos de interés).



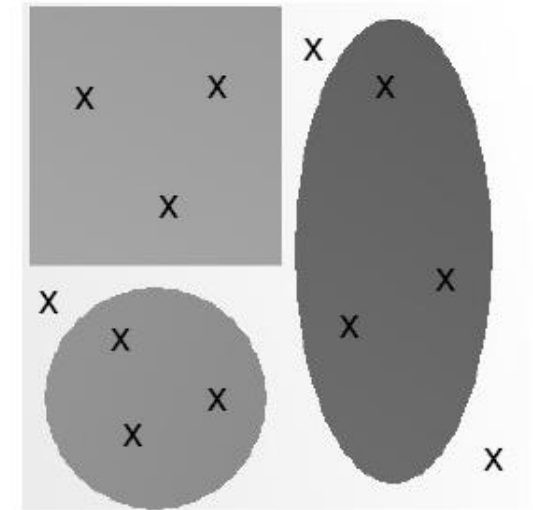
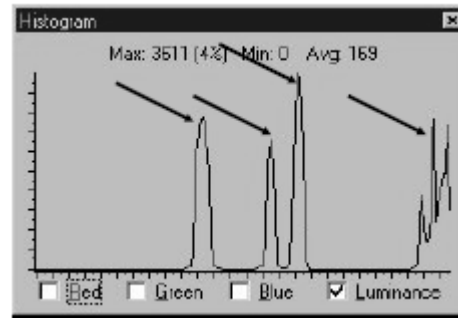
5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Inicialización: selección de semillas

➤ Automatización de la selección de semillas:

⇒ Elegir como semillas, píxeles cuyo nivel de gris corresponda a picos del histograma (más de una semilla por región).

⇒ Se necesitarán unir las regiones con características similares.



Progreso: comprobación para el crecimiento

➤ Comenzando por cada semilla escogida, se examina si los píxeles continuos satisfacen la propiedad o predicado P asociado para cada semilla:

⇒ Ejemplo de Predicado P → diferencia en valor absoluto entre la intensidad de dicho píxel y la semilla sea menor que un umbral T:

$$|f(x, y) - f(s_{x_i}, s_{y_i})| < T$$

➤ Si un píxel satisface la propiedad, pertenecen a la misma región que la semilla escogida.

➤ Esto se comprueba para los 8 vecinos de cada semilla, para después comparar cada uno de los vecinos de los píxeles que se hayan asignado a alguna región.

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Progreso: ejemplo

➤ Para la siguiente imagen, seleccionando:

→ Puntos semillas: **píxeles con niveles de gris 1 y 7.**

→ Propiedad empleada para añadir un píxel a una región:
diferencia entre dos píxeles sea ≤ 3

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 5 & 6 & 5 \\ 2 & 0 & 7 & 6 & 6 \\ 0 & \underline{1} & 6 & \underline{7} & 7 \\ 1 & 1 & 5 & 8 & 7 \\ 0 & 6 & 7 & 0 & 5 \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a & a & b & b & b \\ a & a & b & b & b \\ a & \underline{a} & b & \underline{b} & b \\ a & a & b & b & b \\ a & b & b & b & b \end{bmatrix}$$

Problemas fundamentales

➤ Colocación inicial de las semillas y elección de las propiedades para la inclusión de píxeles en cada región.

➤ Dependencia del resultado final de donde caigan las semillas y del umbral que se utilice para determinar cuándo un píxel pertenece o no a una región.

➤ Formulación de una regla de parada: se puede llegar a un punto muerto donde queden píxeles por clasificar pero las regiones no puedan crecer más, por lo que es necesario volver a lanzar más semillas.

→ ¿Cuántas y dónde se eligen las semillas iniciales?.

→ ¿Cuál es el criterio de semejanza?.

→ ¿Cómo se fija el umbral?

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Crecimiento de regiones: ejemplo de implementación

➤ Usando un plano de etiquetado de región (PER):

→ Del mismo tamaño que la imagen original.

→ Se le asigna valor 1 si el punto de la imagen es de la región, y 0 en caso contrario.

→ Inicialmente contiene ceros excepto un 1 que se corresponde con el punto semilla.

→ Idea general: aplicar iterativamente a todos los píxeles hasta que no se puedan añadir más píxeles:

```

IF      PER(u,v) = 0
      AND PER(u-n, v-m) = 1 para algún n,m = -1 to 1
      AND |f(u-n, v-m) - f(u,v)| < T (un umbral predefinido)

THEN
      PER(u,v) = 1
    
```

32	15	13	11	12	10	13	9
12	12	11	11	13	11	8	10
15	13	10	10	12	14	16	9
14	12	18	17	11	14	20	19
13	11	16	17	9	11	18	17
13	11	16	17	9	11	17	19
12	10	18	16	10	11	16	20
15	12	17	19	11	10	18	22

Imagen



		1					

Plano de Etiquetado de Región

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

División y fusión de regiones (“split and merge”)

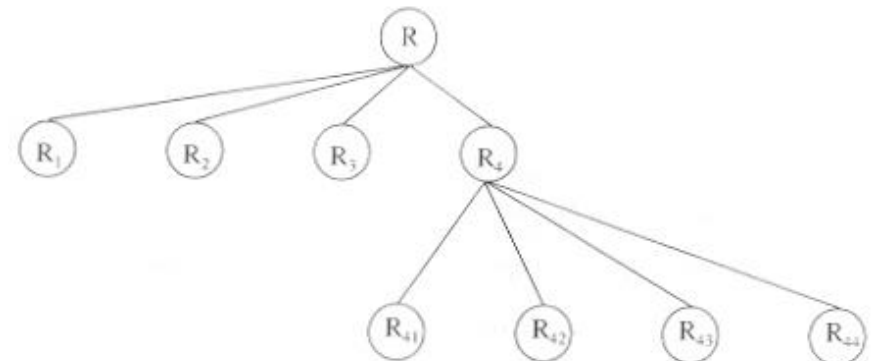
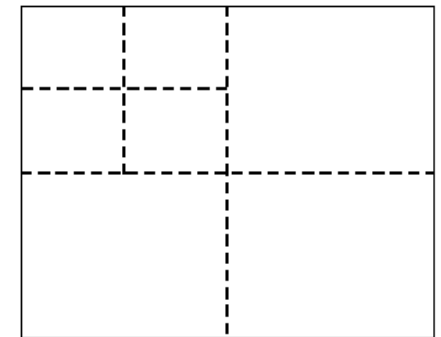
→ Técnica de segmentación que consiste en dividir inicialmente la imagen en un conjunto de regiones arbitrarias y disjuntas, para después fusionar y/o subdividir estas regiones con objeto de obtener una imagen segmentada en regiones satisfaciendo todas las propiedades comentadas (ver comienzo punto 6.4).

Fundamentos.

➤ Establecer un predicado lógico o propiedad P que todos los píxeles de una región han de satisfacer.

➤ Proceso de división:

1. **Inicio:** Toda la imagen se supone homogénea, es decir inicialmente hay una única región R que corresponde a la imagen completa.
2. **Comprobación:** si esta región no satisface la propiedad seleccionada, $P(R)$ es *falso*, la imagen se divide en cuatro cuadrantes.
3. **Repetición:** se repite el paso 2 para cada una de las subimágenes (si P es falso para algún cuadrante, se subdivide ese cuadrante en subcuadrantes, y así sucesivamente).
4. **Finalización:** el proceso continúa hasta que todas las regiones son homogéneas (para cualquier región R_i de la imagen, $P(R_i)$ es verdadero).



5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

División y fusión de regiones (“split and merge”)

→ Si usásemos sólo la división, en la partición final de la imagen habría regiones adyacentes con idénticas propiedades que deberían ser considerada como una única región → Se hace necesaria la inclusión de un algoritmo de unión.

➤Proceso de fusión:

→Se fusionan sólo regiones adyacentes cuyos píxeles combinados satisfagan el predicado P , esto es, fusionaremos dos regiones adyacentes R_i y R_j sólo si $P(R_i \cup R_j) = \text{verdadero}$.

Algoritmo “Split and merge”:

1. Considerar una región inicial R , constituida por la imagen completa.
2. Seleccionar un predicado P . (Ejemplo: todos los píxeles tengan la misma intensidad).
3. Dividir en cuatro cuadrantes disjuntos aquellas regiones R_i para las que $P(R_i)$ es *falso*.
4. Fusionar las regiones adyacentes R_i y R_j para las cuales $P(R_i \cup R_j) = \text{verdadero}$.
5. Si existen más regiones para fusionar y o dividir, ir a 3, si no, parar.

→ La segmentación llega a término después de un número finito de iteraciones. Por ejemplo, una imagen de 512x512 píxeles lleva un máximo de 9 iteraciones (el tamaño de los bloques resulta ser $2^n \times 2^n$ píxeles con $n = 9, 8, \dots, 1, 0$).

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Ejemplo

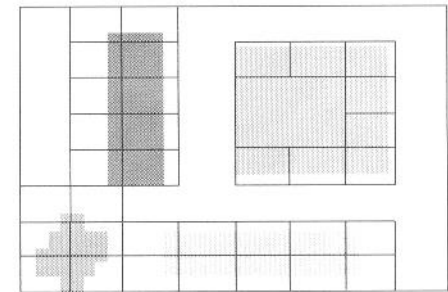
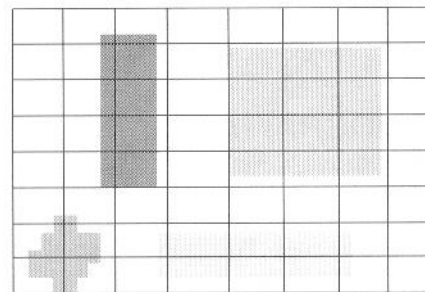
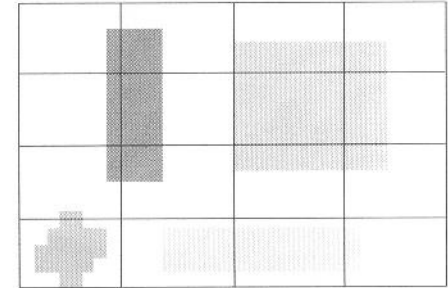
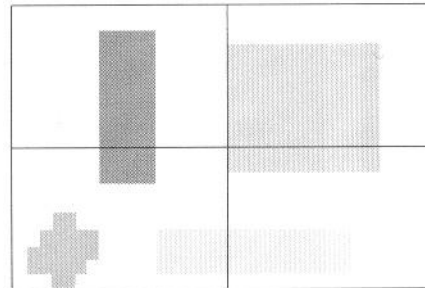
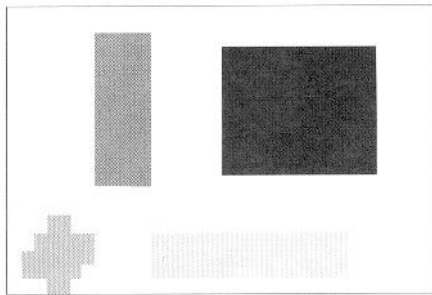


Imagen con objetos y fondo de intensidad constantes. Ejemplo de división y fusión para el siguiente predicado: $P(R_i)$ es *verdadero* si todos los píxeles de R_i tienen el mismo valor de intensidad.

Consideraciones:

→ Predicados utilizados: la variación de intensidad de los píxeles de cada región no sea superior a un determinado umbral.

$$\text{Media: } \mu_{R_i} = \frac{1}{\text{nº de píxeles de la región}} \sum_{R_i} f(x, y)$$

$$\text{Desviación típica: } \sigma_{R_i} = \sqrt{\frac{1}{\text{nº de píxeles de la región}} \sum_{R_i} [f(x, y) - \mu]^2} < T$$

TEMA 5 – SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES –

5.1.- Introducción

5.2.- Segmentación basada en la detección de bordes

- Unión de bordes mediante seguimiento de contorno
- Unión de bordes mediante Transformada de Hough

5.3.- Segmentación mediante umbralización

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral basada en los píxeles de la frontera
- Etiquetado

5.4.- Segmentación basada en regiones

- Crecimiento de regiones mediante adición de píxeles
- División y fusión de regiones
- Otras posibilidades de segmentación

5.4.- Segmentación basada en regiones: crecimiento de regiones, división y fusión de regiones.

Otras posibilidades de segmentación

➤ Color:

→ Basándonos en el modelo de color RGB se pueden extraer de la imagen aquellas regiones en las que predomine una determinada componente de color.

➤ Movimiento:

→ El procedimiento básico consiste en detectar cambios entre dos imágenes obtenidas en dos instantes de tiempo distintos.

→ Detectando estos cambios se obtiene información sobre la forma de los objetos.