

## MEJORAMIENTO DE IMAGEN

### Dominio Espacial

Objetivo en el mejoramiento de imagen: procesar una imagen tal que el resultado sea mas conveniente, para una aplicación especifica.

La mayoría de las técnicas de mejoramiento son orientadas al problema.

### Categorías de mejoramiento de imágenes

- **En el dominio espacial**

Se refieren al plano de la imagen misma, las técnicas se basan en la manipulación directa de pixels en la imagen.

- **En el dominio frecuencial**

Se basan en la modificación de la transformada de Fourier de una imagen.

A veces se usan técnicas combinando ambos dominios.

### Métodos en el dominio frecuencial

Su fundamento es el Teorema de Convolución. Sea  $g(x,y)$  una imagen formada por la convolución de una imagen  $f(x,y)$  y un operador  $h(x,y)$  lineal e invariante con la posición)

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y)$$

Por lo tanto en el dominio de frecuencia

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v)$$

G, H y F son las transformaciones de Fourier de g, h y f.

En la terminología de la teoría de sistemas lineales,  $H(u,v)$  se conoce como función de

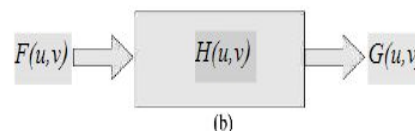
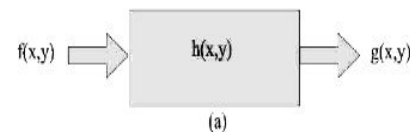
transferencia del proceso. En una aplicación típica de mejoramiento de imagen, se conoce  $f(x,y)$  y el objetivo, después de obtener  $F(u,v)$ , es seleccionar  $H(u,v)$  tal que la imagen

$$g(x,y) = \mathcal{Z}^{-1}[H(u,v)F(u,v)]$$

deseada

exhiba alguna característica realizada de  $f(x,y)$ .

En la figura,  $h(x,y)$  caracteriza un sistema cuyo fin es producir una imagen de salida  $g(x,y)$  a partir de una imagen de entrada  $f(x,y)$ .



### Técnicas en el Dominio Espacial

Dominio Espacial: conjunto de pixels que componen una imagen.

#### Métodos en el dominio espacial:

procedimientos que operan directamente en estos pixels.

Una función de procesamiento de imagen en el dominio espacial se puede representar como:

$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

$f(x,y)$  = Imagen original

T = Es un operador sobre f, definido en una vecindad de  $(x,y)$

$g(x,y)$  = Imagen procesada

Vecindad de  $(x,y)$ : área de sub-imagen cuadrada o rectangular centrada en  $(x,y)$ .

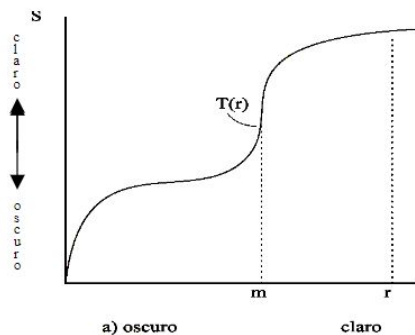
El centro de la sub-imagen se mueve de pixel a pixel.

La forma más simple del operador  $T$  es cuando la vecindad es de  $1 \times 1$ ; en este caso  $g(x,y)$  depende solo del valor de  $f$  en  $(x,y)$  y  $T$  es un operador de transformación del nivel de gris, es decir:

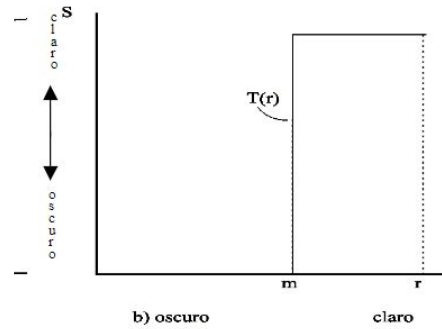
$$s = T(r)$$

$s$  y  $r$  son variables que denotan el nivel de gris en  $f$  y  $g$  en un punto  $(x,y)$ , respectivamente.

Ejemplos



Produce una imagen de mayor contraste que la original al oscurecer los niveles de gris bajo  $m$  y aclarar los niveles arriba de  $m$  en la imagen original.



Presenta el caso límite en que se produce una imagen de dos niveles de gris (binaria).

Máscaras

- Vecindades, o subimagen, alrededor de  $(x, y)$  (incluyendo el mismo punto)
- Arreglo 2-D pequeño en el cual los valores de los coeficientes determinan la naturaleza del proceso.

### Filtrado Espacial

El tipo de operación en una máscara altera el valor de un pixel en función de los valores de los píxeles que le rodean.

El uso de máscaras espaciales se conoce usualmente como filtrado espacial.

# TRANSFORMACIONES DE INTENSIDAD SIMPLE

## Negativo de una Imagen

Comúnmente usadas para el realce de características de imágenes médicas.

### Función de transformación

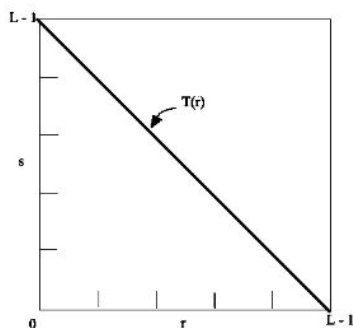
$$s = T(r)$$

donde:

Invierte el orden de negro a blanco; la intensidad de la imagen de salida, decrece cuando la intensidad de la imagen de entrada aumenta.

(Transformación de los oscuros a los claros)

Si no nos interesa mucho la velocidad, podemos hacer el tratamiento de imágenes en el dominio de la frecuencia,



L es el número de niveles de gris.

## Ensanchamiento de contraste

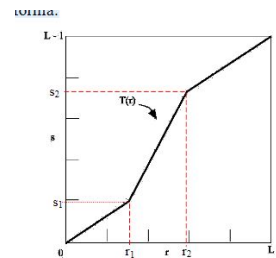
Poco contraste ocasionado por:

- Iluminación deficiente
- Falta de rango dinámico en el sensor

- Incorrecta selección de la apertura de la lente durante la captación de la imagen

Técnica: Consiste precisamente en aumentar el rango dinámico de los niveles de gris de la imagen

Función:



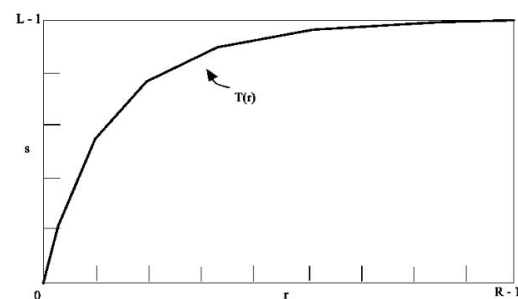
## Compresión del intervalo dinámico

A veces el intervalo dinámico de una imagen procesada excede por mucho la capacidad del dispositivo de despliegue.

Esto ocasiona que solo las partes mas brillantes de la imagen sean visibles.

Transformación para comprimir el intervalo dinámico.

$$s = C_m * \log(1+r) \quad C = \text{cte. de escala}$$



## Rebanado [seccionado] de niveles de gris

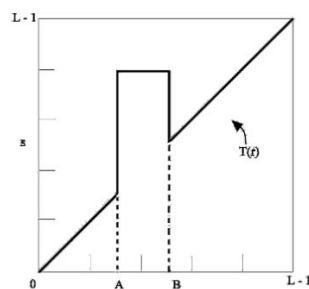
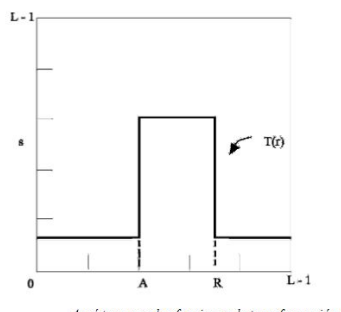
Objetivo: resaltar un intervalo específico de niveles de gris.

Aplicaciones:

- Resaltar masas de agua en imágenes satelitales
- Realzar fracturas en imágenes de rayos X.

Hay varias formas para lograr el rebanado de niveles, pero la mayoría son variaciones de dos formas básicas:

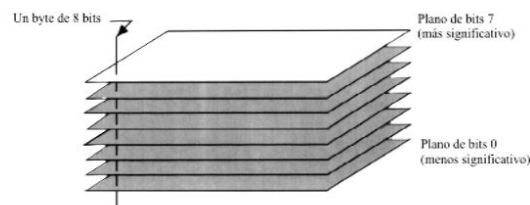
1. Una es desplegar un valor alto para los niveles de gris en el intervalo de interés y un valor bajo para los restantes (Imagen binaria)
2. Se presenta un mayor brillo para el intervalo deseado de niveles pero preserva el fondo y las tonalidades de gris en la imagen.



## Rebanado de planos de Bits

Se destaca la contribución que realizan a la imagen determinados bits.

Cada píxel de una imagen viene representado por 8 bits. Supongamos que la imagen está compuesta por ocho planos de un bit, que van desde el plano 0 para el bit menos significativo hasta el plano 7 para el bit más significativo.

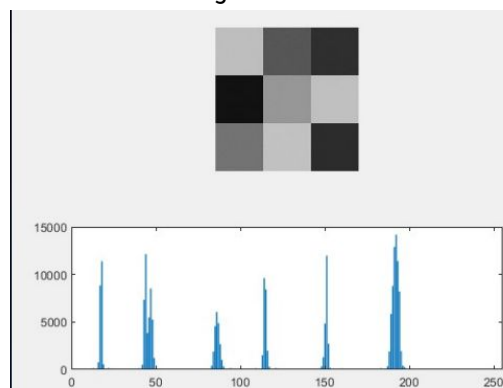


## Procesamiento de histograma

### Histograma

- Representación mediante una gráfica de barras de la distribución de frecuencia de los valores de intensidad de luz.
- Gráfica de  $p(r_k)$  vs.  $r_k$ . Da información útil acerca de posibilidad de mejoramiento de contraste.

Se cuentan cuantos pixels de la imagen tienen el mismo tono de gris.



### Función del Histograma

$$p(r_k) = nk / n$$

$r_k$  =  $k$  ésimo nivel de gris

$nk$  = número de pixels en la imagen que tiene ese nivel de gris

$n$  = número total de pixels en la imagen

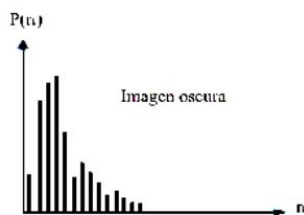
Cuando el número total de pixels de un tono de gris se divide sobre el número total de pixels de la imagen se obtiene una función de probabilidad de ocurrencia de cada tono de gris  $r_k$ . Que nos permite visualizar una apariencia general de los tonos de la imagen

Histograma de una imagen con niveles de gris en  $[0, L-1]$

La función da una estimación de la probabilidad de ocurrencia del nivel de gris  $r_k$ .

- Gráfica: proporciona una descripción global de la apariencia de una imagen.

### Imagen Oscura



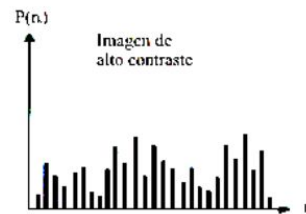
### Imagen Brillante



### Imagen de Bajo contraste



### Imagen de alto contraste



### Determinación de contrastes

#### ALTO CONTRASTE

Los tonos de gris de la imagen están distribuidos en todo el intervalo dinámico de 0 a 255 posible de la imagen, como se observa en el histograma

#### BAJO CONTRASTE

El intervalo de grises de la imagen está muy concentrado hacia ciertos tonos.

- Imagen Oscura

Los tonos de gris están concentrados en la parte baja del histograma, números cercanos al 0.

- Imagen Brillante

Los tonos de gris están concentrados en la parte alta del histograma, números cercanos al 255.

### Aplicación

Permite determinar el contraste de una imagen, de esta forma podemos inferir que clase de procesamiento usar para obtener una mejora en la asignación de los tonos de grises.

### Equalización de Histograma (o linealización del Histograma)

Técnica para obtener un histograma uniforme.

Implica un incremento en el intervalo dinámico de los pixels lo cual tiene un efecto considerable en la apariencia de una imagen.

La forma discreta para ecualizar:

$$S_k = T(r_k) = \left( \frac{1}{n} \sum_{j=0}^k n_j \right) \cdot 255$$

$$k = 0, 1, \dots, L-1$$

$$0 \leq r_k \leq 255$$

$$0 \leq S_k \leq 255$$



### Mejoramiento Local

Se usa para realzar detalles sobre áreas pequeñas.

Procedimiento de ecualización de histograma de forma local.

Se define una vecindad cuadrada o rectangular alrededor de un pixel.

En cada posición, se calcula el histograma de los puntos en la vecindad y se obtiene una función de ecualización

Esta función mapea el nivel de gris del centro de la vecindad.

### Filtro no lineal

Hace un filtrado estadístico de orden n en una vecindad de una imagen.

#### Tipos de filtros estadísticos de orden

Filtros de mínimos, máximos y mediana.

Función: atenuación del ruido de una imagen evitando la difuminación de los bordes" (causada por filtros lineales).

Preservar la agudeza de los mismos.

### Tipos de ruido en la imagen

Considerar una imagen ruidosa  $g(x, y)$  formada por la adición de ruido  $\eta(x, y)$  a una imagen original, es decir:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y) \dots (1)$$

donde se supone que en cada punto  $(x, y)$  el ruido no está correlacionado y tiene un valor promedio de cero.

Existen distintos modelos de ruido, según las funciones de densidad de probabilidad que sigan sus intensidades  $n(x, y)$

#### Ruido Gaussiano

Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas. La intensidad de todos los píxeles se ve afectada.

#### Ruido uniforme

Toma valores en un determinado intervalo de forma equiprobable. Se da en un menor número de situaciones reales.

#### Ruido impulsivo (sal y pimienta)

Se produce normalmente en la cuantificación que se realiza en el proceso de digitalización

### Filtro de mediana

Ordenamiento de los valores de gris de los píxeles de una vecindad de menor a mayor. Se selecciona la mediana de estos valores y sustituirla en el dato del pixel central que se está procesando.

Funciona ordenando los valores en cada punto de una vecindad de menor a mayor, para posteriormente obtener un valor en base a la lista ordenada.

#### VENTAJAS

- Atenuación efectiva contra patrones de ruido impulsivo (Sal y pimienta)

- Preserva bordes de la imagen
- Elimina efectos engañosos de la imagen
- No se necesitan tener varias imágenes ruidosas

#### DESVENTAJAS

- No se cumplen algunas operaciones como:

$$\text{mediana}(f+g) \neq \text{mediana}(f) + \text{mediana}(g)$$

- Pierde detalles (puntos, líneas finas).
- Redondea las esquinas de los objetos

### Promediado de Imágenes

Objetivo: reducir los efectos de ruido al sumar una serie de imágenes ruidosas,  $\{g(x, y)\}$

El origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen (errores en los sensores), como en el de transmisión (debido a interferencias en el canal de transmisión)

Una imagen  $g(x, y)$  formada por el promedio de  $M$  imágenes ruidosas diferentes

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i(x, y)$$

origina que

$$E\{\bar{g}(x, y)\} = f(x, y)$$

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)}^2 = \frac{1}{M} \sigma_{\eta(x, y)}^2$$

$E\{g(x, y)\}$  es el valor esperado de  $g(x, y)$ ;  $\sigma_{g(x, y)}$  y  $\sigma_{\eta(x, y)}$  son las varianzas de  $g$  y  $\eta$  en  $(x, y)$ .

La desviación estándar en cualquier punto de la imagen promedio es

$$\sigma_{\bar{g}(x, y)} = \frac{1}{\sqrt{M}} \sigma_{\eta(x, y)}$$

Estas ecuaciones indican que, a medida que  $M$  crece, la variación de valores de los pixels en cada punto  $(x, y)$  decrece. Esto significa que  $g(x, y)$  se aproxima a  $f(x, y)$  a medida que el

número de imágenes ruidosas usadas en el proceso de promediado crece.

### Filtrado espacial

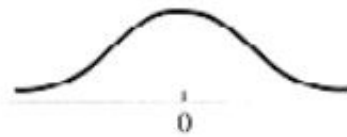
Uso de máscaras espaciales para el procesamiento de imágenes

Filtros espaciales: máscaras.

La mecánica del filtrado espacial consiste en mover el centro de la máscara de pixel a pixel en una imagen.

En cada punto  $(x, y)$ , la respuesta de la máscara es calculada usando un operador predefinido.

### Filtros pasa bajos



Atenúan o eliminan componentes de alta frecuencia (bordes, contornos, etc.) Y dejan intactos los elementos de bajas frecuencias (cambios suaves de gris, fondo, etc).

Componentes de altas frecuencias: caracterizan bordes y otros detalles agudos en una imagen.

Resultado: hace borrosa la imagen.

Se usan para reducir ruidos y para puentear pequeños huecos en líneas o curvas.

Al reemplazar el valor de cada píxel en  $f(x, y)$  por el promedio de los niveles de grises en la vecindad definida por la máscara de filtro da como resultado una imagen  $g(x, y)$  con una reducción de nitidez.

Máscara (orden 3)

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Para un filtro pasa bajas de orden n se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$\frac{1}{N * N} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

N

$$R = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (z_i)$$

$M = N * N$

### Limites de la imagen

Podemos aplicar la máscara añadiendo un marco de ceros de la anchura adecuada. Esto puede tener efectos no deseados (p.ej., de difuminación en los límites de la imagen).

### Procedimiento

Consiste en sumar los productos entre los coeficientes de la máscara del filtro y las intensidades de los pixels bajo la máscara en un punto específico de la imagen.

Denotando los niveles de gris de los pixels, bajo la máscara  $z_1, z_2, \dots, z_9$ , la respuesta de una máscara lineal es:

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9$$

### Filtro de mediana

Elimina ruido de imágenes. Utiliza máscaras cuadradas o rectangulares de ordenamiento y no requiere tener varias imágenes ruidosas.

Para obtener el valor del pixel central de la imagen filtrada, se ordenan los valores de gris

de la imagen incluidos por la máscara en orden ascendente o descendente y se selecciona el valor de en medio de gris como el nuevo valor para el pixel donde se encuentra centrada la máscara

### Filtros agudizantes

Objetivo: resaltar detalles finos en una imagen o realzar detalles que han sido borrados ya sea por error o como efecto natural.

### Filtro espacial pasa altos básico

Atenuan o eliminan los componentes de baja frecuencia, responsables de la variación gradual o algunas características (contraste global e intensidad promedio)

Resultado: reducción de estas características y aparente realce de bordes y otros detalles finos.

consiste en dejar pasar las componentes de altas frecuencias, mientras que las de baja frecuencia las atenúa.

En el procesamiento digital de imágenes hay dos maneras de aplicar un filtro pasa altas de realce a una imagen, puede ser por

#### 1. Mascara

condición importante en la máscara es que la suma de todos sus valores sea cero, esta es una condición muy importante.

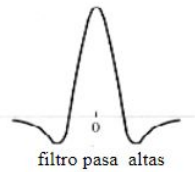
se usa una máscara de la forma

$$\frac{1}{9} * \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{máscara } 3 \times 3 \text{ pasa altas}$$

#### 2. Diferencia

$$PasaAltas = ImagenOriginal - PasaBajas$$





## Filtro High-boost (alto realce)

Una imagen filtrada con un filtro PA se puede obtener como la diferencia entre la imagen original y la versión filtrada PB:

$$PA = \text{original} - PB$$

Se obtiene el filtro HB, multiplicando la imagen original por un factor de amplificación, A.

Es decir:

$$HB = A(\text{original}) - PB$$

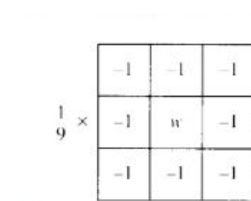
$$= (A - 1) \text{ original} + \text{original} - PB$$

$$= (A - 1) \text{ original} + PA$$

- Si  $A = 1$ , se tiene un filtro PA estándar.
- Cuando  $A > 1$ , parte de la imagen original se agrega nuevamente al resultado del filtro PA, lo cual restaura parcialmente los componentes de baja frecuencia perdidos en la operación de filtrado PA

Resultado : la imagen se parece más a la original, con un grado relativo de realce de bordes que dependen del valor de A.

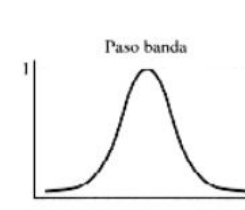
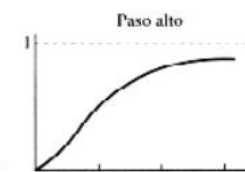
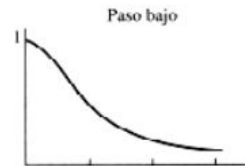
Máscara



donde:  $w = 9A - 1$  con  $A \geq 1$

## Filtros en el dominio de la frecuencia

El dominio frecuencial se basa en la modificación de la transformada de Fourier de una imagen.



## Filtros derivativos

El promedio de pixels de cierta región en una imagen, tiende a ser borrosa la imagen.

Promedio es análogo a la integración, pues consiste en una suma de la contribución de cada pixel a la imagen final.

Esto implica que se espera que la diferenciación tenga el efecto opuesto (agudice la imagen)

La aproximación de esta derivada esta dada por el vector gradiente.

## Vector Gradiente

Sea  $f$  una función escalar definida sobre un subconjunto  $U$  en el espacio  $R^n$ . Definimos a  $n=2$  y a  $f$  como la función de la imagen.

El módulo del gradiente representa que tanto cambia nuestra función en sus valores para una vecindad cercana a un punto dado.

$$\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \hat{j}$$

Es la base de varios métodos de aproximación o diferenciación.

La norma nos indicará que tan “uniformes” o que tanto cambia una imagen para una vecindad de pixeles seleccionada (máscara).

En el caso que nos compete, se puede simplificar dicha operación poniéndolo en términos de los valores de una máscara específica.

Para la implementación y cálculo del gradiente se utilizan máscaras o filtros que representan o equivalen a dichas ecuaciones.

En este caso, calcular el gradiente sobre toda una imagen con las condiciones de que  $dx=dy=1$  consiste en convolucionar la imagen con unas máscaras del tipo:

$$\Delta x = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \Delta y = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Es decir, se hace la diferencia, o el delta de un pixel de prueba tanto para el eje x como para el y, tal y como nos lo pide el cálculo del gradiente. Dichas deltas serán las componentes del vector gradiente, al cual después de obtener su magnitud obtendremos el valor deseado.

### Operador Roberts

Solo marca dos puntos en cada mascara, es más simple y funciona bastante bien para imágenes binarias.

```
mrx=[1 0;
      -1 0];
```

```
mry=[1 -1;
      0 0];
```

- Marca los puntos de borde.
- No da información sobre la orientación de estos.

### Operador de Prewitt

A diferencia de las máscaras anteriores, esta es impar de 3x3. identificado por las máscaras

```
mpx=[-1 -1 -1;
      0 0 0;
```

```
      1 1 1];
```

```
mpy=[-1 0 1;
      -1 0 1;
```

```
      -1 0 1];
```

Toma como centro de la máscara nuevamente al valor z5. En el operador Prewitt se involucran a los vecinos de filas / columnas adyacentes para proporcionar mayor inmunidad al ruido.

### Operador de Sobel

Similar al de Prewitt, pero con cambios en los pesos de la máscara.

```
msx=[-1 -2 -1;
      0 0 0;
```

```
      1 2 1];
```

```
msy=[-1 0 1;
      -2 0 2;
```

```
      -1 0 1];
```

En ambos casos el operador de la máscara horizontal representa el componente y el

operador vertical el componente de nuestro vector gradiente. El operador Sobel, se supone que es más sensible a los bordes diagonales que el de Prewitt aunque en la práctica hay poca diferencia entre ellos.

## Segmentación de imágenes

El objetivo de la segmentación es dividir una imagen en regiones para facilitar su análisis.

Aplica técnicas que están basadas en encontrar las regiones directamente.

Técnicas más comunes:

- Crecimiento de regiones
- División y fusión de regiones

Para los métodos de análisis de imágenes, el primer paso consiste en segmentar las imagen.

- Subdivide una imagen en sus regiones u objetos constituyentes.
- El nivel al que se lleva la subdivisión depende del problema (la segmentación debería detenerse cuando los objetos de interés hayan sido aislados)

Los algoritmos de segmentación ( en imágenes monocromáticas) se basan en una de dos propiedades básicas.

- Discontinuidad

El mecanismo es particionar una imagen basándose en los cambios considerables de nivel de gris.

Las principales áreas de interés son:

- Detección de puntos aislados
- Detección de líneas y bordes en una región de la imagen.

Hay 3 tipos básicos de discontinuidad: puntos, líneas y bordes.

La forma más común de buscar discontinuidades es pasar una máscara (kernel) a través de la imagen.

Procedimiento: implica calcular la suma de productos de los coeficientes con los niveles de gris contenidos en la región abarcada por la máscara.

- Similitud

Se basa en el umbralizado, crecimiento de región y en la división y unión de regiones

## Detección de puntos

Proceso directo usando la máscara:

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | -8 | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

Se puede decir que se ha detectado un punto en la posición donde se centra la máscara si:  $R/T$

Donde :  $R = w_1 z_1 \dots w_i z_n$

El método se basa en la idea de que el nivel de gris de un punto aislado será muy diferente de los niveles de gris de sus vecinos. Solo diferencias que son lo bastante grandes (dependiendo de T) para ser considerados puntos aislados.

## Detección de líneas

El siguiente nivel de complejidad involucra la detección de líneas en una imagen. Considera las máscaras de la siguiente figura:

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| 2  | 2  | 2  |
| -1 | -1 | -1 |

Horizontal

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | 2  |
| -1 | 2  | -1 |
| 2  | -1 | -1 |

$+45^0$

|    |   |    |
|----|---|----|
| -1 | 2 | -1 |
| -1 | 2 | -1 |
| -1 | 2 | -1 |

Vertical

|    |    |    |
|----|----|----|
| 2  | -1 | -1 |
| -1 | 2  | -1 |
| -1 | -1 | 2  |

$-45^0$

Si la máscara se moviera alrededor de una imagen, respondería con más fuerza a las líneas (un píxel de grosor) orientadas en el mismo sentido que las líneas. Con un fondo constante, la respuesta máxima se produciría cuando la línea pasara por la fila central de la máscara.

Los coeficientes en cada máscara suman cero, lo que indica una respuesta cero de las máscaras en áreas de nivel de gris constante, esta es una propiedad importante en la gran mayoría de técnicas de segmentación que detectan discontinuidades como puntos, líneas o bordes en general.

### Detección de bordes

- Un borde es la frontera entre dos regiones con propiedades de nivel de gris relativamente distintas.
- Suponemos que las regiones son suficientemente homogéneas, la transición entre dos regiones se puede determinar solo basándose en las discontinuidades del nivel de gris.
- La mayoría de las veces se basan en el cálculo de un operador derivatorio local

### Por gradiente

Se fundamenta en los filtros derivativos. El gradiente total se obtiene de la suma de los resultados de aplicar cada operador individualmente, después de obtener el valor absoluto en cada caso se compara con un valor umbral T.

### FUNDAMENTOS

Tomando a R como la representación de la región de la imagen completa.

Se puede ver a la segmentación como un proceso en el que R es dividido en subregiones  $R_1, R_2 \dots R_n$ , etc.

Donde se debe cumplir:

$$a) \bigcup_{i=1}^n R_i = R$$

Una imagen puede verse como la unión de las diferentes regiones  $R_i$  correspondientes a objetos o a zonas uniformes dentro de la misma.

Los píxeles de cada región comparten similitud entre si y están conectados.

La segmentación debe ser completa y cada píxel debe encontrarse en una región.

b)  $R_i$  es una región conexa para toda  $i=1,2,\dots,n$ .

Requiere que los píxeles estén conectados unos con otros.

Para que un píxel este conectado con otro ambos deben ser adyacentes y tener un nivel de gris que cumpla un criterio de similitud en su tono.

Pueden ocuparse los primeros 4 u 8 vecinos al píxel, para así verificar que están conectados y que forman parte de la misma región por similitud.

$$c) R_i \cap R_j = \emptyset \text{ Para toda } i \text{ y } j, \text{ con } i \neq j$$

Las regiones deben estar disociadas. Por lo que si  $R_i$  y  $R_j$  son regiones distintas, no pueden compartir píxeles.

d)  $P(R_i) = \text{verdadero}$  para  $i=1, 2, \dots, n$

$P(R_i)$  es un predicado lógico definido sobre los puntos en  $R_i$ .

El predicado (P) o enunciado que establece el o los criterios de similitud que deben existir en los píxeles pertenecientes a una región  $R_i$ .

$P(R_i) = \text{verdadero}$  si todo los píxeles en  $R_i$  tienen el mismo nivel de gris

e)  $P(R_i \cup R_j) = \text{falso}$  para  $i \neq j$

Las regiones  $R_i$  y  $R_j$  son diferentes en el sentido del predicado P, es decir, la región formada por la unión de dos regiones distintas no puede cumplir el predicado P.

## Crecimiento de Region

Procedimiento en el que grupos de píxeles o subregiones se agregan a regiones mayores basados en un criterio predefinido P.

1. Se comienza con un grupo de píxeles "semilla" seleccionados y de estos crecen regiones al agregar a cada pixel semilla aquellos píxeles vecinos que tienen propiedades similares. Como:
  - nivel de gris
  - textura
  - color
2. Se buscan los píxeles que cumplan con el predicado P.

## Umbralización.

- Método básico para diferenciar un objeto del fondo de la imagen.
- Óptimo si el histograma de una imagen posee dos picos o mas,( podemos separar zonas o regiones)

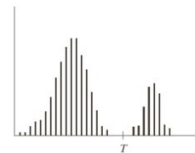
→ El umbral será aquel valor que se encuentra en el valle entre estas regiones(minimo local)

### Caso 1

Objeto claro sobre un fondo oscuro (o viceversa).

Caso más sencillo, basta elegir un umbral dentro de los niveles de grises, en donde el histograma tenga un valle.

Todos los niveles de grises menores al umbral seleccionado se convertirán en negro y todos los mayores en blanco( blanco=1, o sea 255 en escala de grises, y negro=0).

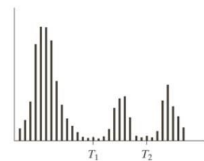


$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x, y) > T \\ 0 & \text{si } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

### Caso 2

Dos objetos claros sobre un fondo oscuro.

La imagen segmentada vendría dada por:



$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{si } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{si } T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{si } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

**Regla:** si el histograma tiene n valles, se genera una imagen segmentada con n+1 niveles de gris

## Transmisión de la luz

La luz se transmite a través del espacio en ondas, con crestas y valles. Sus efectos se perciben a distancia y no se necesita forzosamente de ningún medio material para transmitir las ondas. Además, las ondas se propagan en todas direcciones (largo, alto y ancho)

## Características de la radiación luminosa

Al igual que la radiación electromagnética, presenta características físicas fundamentales:

- Longitud de onda, mm (distancia entre dos ondas consecutivas)
- Velocidad de propagación (300 km/s)

La luz se propaga en línea recta (sobre el eje de las ondas luminosas).

## Ojo humano: órgano y receptor de la luz

### Ojo humano

- Órgano con el cual se sensa la luz y el color.
- Transforma la energía luminosa en energía nerviosa, la cual va del nervio óptico al cerebro.

El ojo se puede comparar con una cámara fotográfica.

- Objetivo: está compuesto por la córnea, el humor acuoso y el cristalino.
- Diafragma: iris
- Película fotosensible: retina

### Retina

Está dotada por fotorreceptores: conos y bastones, quienes realizan la transformación de la luz.

- Bastones

Son sensibles a la luz pero no tanto al color. Perciben la mayor o menor claridad con la que están iluminados los objetos.

- Conos

Sensibles al color pero a la luz ni tanto. Por lo que aprecian los colores.

**Visión fotópica:** visión de la luz del día. Aquí intervienen los bastoncillos y conos.

**Visión escotópica:** visión nocturna o con poca luz, intervienen esencialmente los bastoncillos, no se distingue color.

En el centro de la retina, existe una mancha amarilla con una gran cantidad de conos comparado con los bastones.

### Fovea central

está dentro de la mancha, es un punto de 0.025 mm. Contiene únicamente conos y su sensibilidad a la estimulación luminosa es máxima.

Punto ciego: punto de entrada del nervio óptico, ya que no es sensible a impresiones luminosas por su ausencia de fotorreceptores.

### Formación de imágenes

El campo visual humano está limitado por unos 130° en sentido vertical y 180° en sentido horizontal.

De los objetos iluminados parten haces luminosos que atraviesan la córnea, pasan por el cristalino donde se refractan y llegan a la retina, formandose una imagen invertida y reducida. Pasando el nervio óptico el cerebro se encarga de su interpretación. Para mayor nitidez los rayos deben converger en la fovea central.

### Adaptación

Capacidad del ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de mis objetos.

Esto se realiza en el movimiento de cierre y apertura( análogo a lo que hace el diafragma de la cámara)

Si la iluminación es muy intensa, la pupila se contrae reduciendo la luz que llega al cristalino (muy alta, 2 mm). Si es escasa se dilata(muy baja, 8mm)

El ajuste de un local iluminado a uno oscuros, tarda 30 min. Cuando se pasa de oscuro a luminoso tarda segundos.

### **Acomodación**

Capacidad de ajuste a las diferentes distancias de los objetos y obtener una imagen nítida.

Se logra variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción de los músculos ciliares.

Si el objetivo está cerca del ojo, la curvatura es mayor, que cuando están lejos. Esto se logra en las camperas variando la distancia entre el objetivo y película.

Está capacidad disminuye con la edad por el endurecimiento cristalino.

### **Agudeza Visual**

Capacidad de reconocer por separado con nitidez y precisión objetos muy pequeños y próximos entre si

La visión se delimita mayormente por la fóvea.

La agudeza visual máxima es de uno, se va disminuyendo conforme a la edad, ya que en endurecimiento hace que se pierda elasticidad y no enfoca la imagen.

### **Sensibilidad del ojo a las radiaciones luminosas**

La luz de Día está comprendida en el espectro electromagnético. Las longitudes de onda percibidas por el ojo humano van de 380 nm(rojo) hasta 780 nm(violeta).

Las diferentes radiaciones de la luz blanca, se captan los diversos colores con diversas intensidades, ya que la sensibilidad de los conos es diferente para cada color.

Curva de sensibilidad del ojo de las radiaciones monocromáticas de longitud de onda  $\lambda$ : gráfico de la sensibilidad relativa del ojo humano. Usualmente es una curva acampanada.

El ojo es más sensible para  $\lambda=555$  nm(Amarillo verdoso). La mínima son los colores rojo y violeta.

### **Efecto de purkinje**

En la visión escotópica, el máximo se desplaza a longitudes de ondas menores.

Las radiaciones de menor longitud de onda, producen una mayor intensidad de sensación con baja iluminación.

Las longitudes alta tiene un efecto contrario.