

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 1 de 19

Índice

1	Concepto:.....	2
2	Relaciones geométricas entre pixeles	2
	2.1 Vecindad:.....	2
	2.2 Contorno:.....	2
	2.3 Conectividad:.....	2
	2.4 Distancia:.....	3
3	Clasificación de las operaciones.....	3
	3.1 Objetivos.....	3
	3.2 Dominio de la operación.....	4
	3.3 Alcance la operación	4
4	Técnicas de manipulación de pixeles.....	4
	4.1 Complementación o efecto negativo	5
	4.2 Ampliación de contraste	5
	4.3 Binarización	6
	Clipping	6
	4.4 Umbralización	7
	4.5 Slice	7
	4.6 Logaritmo.....	8
	4.7 Operaciones Aritméticas de Pixeles	8
	4.8 Operaciones lógicas	9
	4.9 Incorporación de ruido a la imagen	9
5	Filtros espaciales	9
	5.1 Sin convolución.....	9
	5.1.1 Normalización:.....	9
	5.1.2 Filtro de media.....	10
	5.1.3 Filtro de moda:.....	10
	5.1.3 Filtro de mediana:.....	10
	5.2 Filtrado de frecuencias	11
	5.2.1 Con convolución.....	11
	5.3 Suavizado	12
	5.4 Gradientes y derivadas.....	12
	5.5 Detección de puntos y líneas.....	14
6	Histograma.....	15
	6.1 Cálculo del histograma:.....	16
	6.2 Aplicación del histograma:.....	16
	6.3 Segmentación pseudoautomática	16
7	Operaciones geométricas	17
	7.1 Interpolación	17
	7.2 Interpolación bilineal:.....	17
	7.3 Desplazamiento	18
	7.4 Cambio de escalas	18
	7.5 Zoom y unzoom:	19
	7.6 Giros:	19
8	Bibliografía	19

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 2 de 19

1 **Concepto:**

Se definirá el concepto de imagen no desde su enfoque como percepción visual sino, pragmática y simplemente, desde su interpretación para la adquisición a través de cámaras digitales y el tratamiento por medio de computadoras. En ese sentido se considera como imagen a una función bidimensional de la intensidad de luz de cada punto con coordenadas (x,y) sobre un plano.

Esta es la definición de imagen monocromática, y el valor de $f(x,y)$ recibe el nombre de nivel de gris dentro de una escala:

$f(x,y) = 0$..ausencia de luz

$f(x,y) = L$..máxima luminosidad (por razones prácticas este valor no es infinito)

negro $\leq f(x,y) \leq$ blanco

$0 \leq f(x,y) \leq L$

Para realizar la representación de una imagen usamos matrices en memoria donde tenemos:

m filas

ncolumnas

pnº de bits para la cuantificación de niveles de gris.

Cada punto de la matriz es un pixel (acrónimo del inglés picture element), el número de pixeles $M \times N$ define la resolución, la cuantificación 2^p de posibles valores de gris definen la profundidad de la imagen, estos valores definen la calidad de la imagen. La matriz resulta de un tamaño dado por:

$M \times N \times P$ bits

y por comodidad usaremos matrices cuadradas de $M=N$.

2 **Relaciones geométricas entre pixeles**

2.1 Vecindad:

Un pixel de coordenadas (x,y) tiene una relación de vecindad horizontal con los dos pixeles de coordenadas (x-1,y) , (x+1,y).

De vecindad vertical con los dos pixeles de coordenadas (x,y-1) , (x,y+1) y de vecindad diagonal con los cuatro pixeles de coordenadas (x-1,y-1); (x+1,y-1); (x-1,y+1) y (x+1,y+1).

2.2 Contorno:

El contorno de orden cuatro ($C4(p)$), esta determinado por los cuatro pixeles de vecindad horizontal y vertical. El de orden ocho ($C8(p)$) está dado por los cuatro horizontales y verticales, y los cuatro de vecindad diagonal.

2.3 Conectividad:

Es una relación importante entre pixeles que se utiliza para establecer los límites de los objetos dentro una imagen y la pertenencia o no de un pixel a un área determinada dentro de la imagen.

Para saber si dos pixeles (p y q) están conectados se emplean en general, tres criterios, que pueden ser aplicados en forma independiente o simultánea.

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.

Revisión 4
Página 3 de 19

- Distancia: Si existe proximidad física, es decir que la distancia (D) entre ellos no supere un valor umbral. $D(p,q) < k$.
- Vecindad: Si existe entre ellos una relación de vecindad de orden 4 u 8.
- Profundidad: Si sus niveles de gris satisfacen un determinado criterio de gris G.

La forma mixta: 2 pixeles p y q con valores de G son m-adyacentes si

a) q está en $V_4(p)$, ó

b) q está en $ND(p)$ y el conjunto $V_4(p)$ INTERSECCIÓN $V_4(q)$ **no** tiene valores de G.

Nota esta conectividad se define para evitar la ambigüedad que se produce en conectividad 8

2.4 Distancia:

Sean los pixeles: p y q de coordenadas: (x,y) y (s,t) respectivamente entonces, se define:

Distancia Euclídea (DE):

$$DE(p,q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2}$$

Distancia Manhattan (D4):

$$D4(p,q) = |x-s| + |y-t|$$

Distancia Checkboard (D8):

$$D8(p,q) = \max (|x-s|, |y-t|)$$

DE	D4	D8
2	2	2 2 2 2 2
1,4 1 1,4	2 1 2	2 1 1 1 2
2 1 0 1 2	2 1 0 1 2	2 1 0 1 2
1,4 1 1,4	2 1 2	2 1 1 1 2
2	2	2 2 2 2 2

3 Clasificación de las operaciones

Las operaciones que se realizan sobre una imagen se pueden clasificar por:

3.1 Objetivos

a) Restauración:

El objetivo es contrarrestar la degradación de la imagen por el ruido en la captura, por lo gral. a través de filtros con un objetivo concreto.

b) Mejora:

Acentúa o realza las características de la imagen para su análisis: bordes, texturas, contrastes o brillos. No agrega información a la imagen.

c) Segmentación:

Desglosa los componentes de la imagen para extraer de ella aquellos que contiene la información buscada para su posterior análisis.

Se emplea la segmentación por niveles de grises, para diferenciar objetos claros de oscuros.

Segmentación por regiones, diferencia regiones cerradas entre si

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 4 de 19

d) **Análisis:**

La fase de análisis implica el estudio de las características de la imagen con el fin de extraer una información adicional contenida de forma poco evidente en la imagen.

e) **Compresión / Codificación:**

La compresión minimiza el volumen necesario de la imagen a base de eliminar la información redundante.

La codificación transforma la representación de la imagen de acuerdo a un propósito definido. Puede codificarse para enviar una imagen por línea o, para hacerla ilegible a un intruso. (Esta codificación puede aumentar el tamaño de la imagen).

3.2 Dominio de la operación

- a) Dominio de coordenadas espaciales.
- b) Dominio en el espacio de frecuencias (espaciales).

3.3 Alcance la operación

- a) Operaciones de píxeles, donde sólo se trabaja con el valor de un único pixel a la vez, en cada paso de la operación.
- b) Operaciones de área o entorno, en contraposición a la anterior, utiliza varios píxeles del entorno para definir el resultado de la operación.
- c) Modificación del histograma. A partir de la información sobre la frecuencia de aparición de los diferentes niveles de gris de una imagen, se emplean tablas para reconvertir sus valores durante la operación.
- d) Operaciones geométricas, como rotación, desplazamiento zoom etc.
- e) Operaciones de transformación.

4 **Técnicas de manipulación de píxeles.**

Las operaciones de píxeles toman el valor de luminancia de un pixel y se le aplica una transformación deseada. Entonces si teníamos un valor de pixel:

$f(x,y) \in [0, L]$ con $L=255$ en nuestro caso, y se aplica la función dando como resultado $v(x,y)$, esto es:

$$v(x,y) = f(x,y) \quad [0,L]$$

Esta función, llamada de transferencia, mapea los niveles de gris de la imagen original a los niveles de gris de la imagen resultado.

En todas las funciones se usa:

```

unsigned char origen [ ] [256], destino [ ] [256];
int size, umbral, inf, sup, nivel, back, ventana, matriz [[9]
temp, xo, yo, vent, suma, ii, jj , modo, matr[];
float valor, sig, vm, cte, incrx, incry, factor, ejex, ejey, beta;

```

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 5 de 19

4.1 Complementación o efecto negativo

Sustituye el valor de luminancia en cada punto por el de su complemento.

Efecto: Se logra el negativo digital de la imagen.

Función:

$$v(x,y) = L - u(x,y)$$

donde $u(x,y)$ es la imagen original y $v(x,y)$ la imagen resultado.

void complementa (origen destino , size)

Recibe: la imagen de origen y la matriz donde estará el resultado, y el tamaño de la matriz.

Devuelve: en la matriz destino tendremos la imagen complementada.



Imagen original (Lena.bmp) Negativo

4.2 Ampliación de contraste

Aplica una función transferencia con pendiente distinta de 1 y se pueden distinguir tres regiones : pixeles oscuros [0 , a) , pixeles intermedios [a , b) y pixeles brillantes [b , L]

Efecto: mejora el aspecto de la imagen con la ampliación del contraste

Función: Aplica una pendiente de transformación mayor que 1 en la zona de brillo intermedio a costa de reducir la pendiente en la zona de claros y oscuros. Esta puede tener mas de tres regiones.

$$VL = L$$

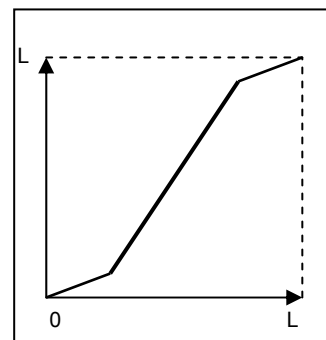


Imagen original (Lena.bmp) Con contraste mejorado

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 6 de 19

4.3 Binarización

Genera una imagen en dos tonos (blanco y negro) a partir de otra con múltiples niveles de gris. Es un caso particular de la ampliación de contraste en la que $m = 0$ y $L = 255$.

Efecto: La imagen resultante queda en dos niveles de gris que por lo gral. es blanco y negro permitiendo luego realizar una segmentación más fácil, detección de bordes, formas, etc.

Función:
$$\begin{aligned} \text{Si } u(x,y) < m & \implies v(x,y) = 0 \\ \text{si } u(x,y) \geq m & \implies v(x,y) = VL = L \end{aligned}$$

void binariza (origen, destino, size , umbral)

Recibe: La matriz imagen de origen y destino, el tamaño y el valor umbral (m) para la binarización.

Devuelve: En la matriz destino queda la imagen en forma binaria.



Imagen original (Lena.bmp) Binarizada

Clipping

Es como la binarización pero permite un número reducido de niveles de gris

Efecto: Amplia drásticamente el contraste



Imagen original (Lena.bmp) Con contraste realzado por clipping

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 7 de 19

4.4 Umbralización

Resalta el contenido de la imagen salvo una porción (alta o baja) de los niveles de intensidad que se elimina de la imagen. Dicha región termina o comienza en el valor umbral.

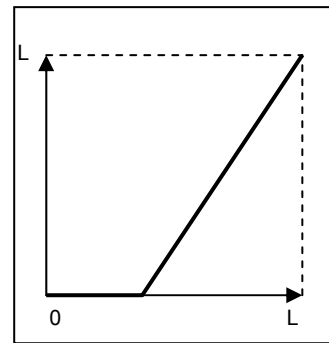


Imagen original (Lena.bmp) Umbralizada

4.5 Slice

Resalta una franja de nivel de gris que se deja en su valor primario o a un nivel máximo L_n , mientras que los restantes valores de luminosidad se dejan a cero o a su valor previo respectivamente.

Efecto:

Función: void slice (origen, destino, size, inf, sup, nivel, back)

Recibe: las matrices de imagen origen y destino, el tamaño, Inf y sup son los niveles de gris que delimitan la franja de gris que delimitan la franja de slicing.

Nivel corresponde al nivel de gris que tomaran todos los pixeles que estén dentro de la franja. Back decide el nivel de gris de los valores ajenos a la franja, así si back=0 se ponen a 0, y si back≠0 conservan su nivel de gris.

Devuelve: en la matriz destino la imagen transformada.

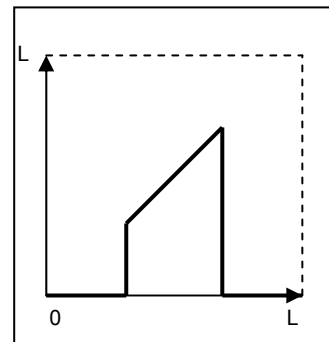
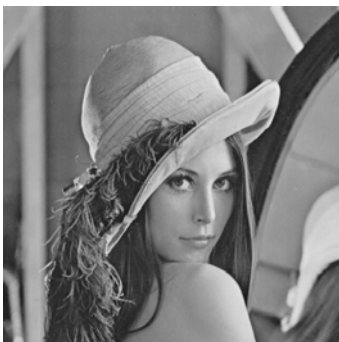


Imagen original (Lena.bmp) Slice

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 8 de 19

4.6 Logaritmo

Se aplica el logaritmo a los niveles de gris transformando la intensidad y el contraste.
 Efecto: Realza el contraste de la zona de niveles bajos de gris frente a un empobrecimiento de la correspondiente a los niveles altos.

Función: $v(x,y) = k * \log_{10}(1 + u(x,y))$

void logaritmo (origen, destino, size, valor)

Recibe: la matriz imagen de origen y destino, con su tamaño size. Y además valor representa la constante k y este parámetro debe elegirse para que $v(x,y) \leq L$, entonces :

$$\text{valor} = LN / \log(1 + \text{Max}(u(x,y)))$$

donde LN es el valor máximo de la matriz de salida.

Devuelve: la imagen transformada en destino.

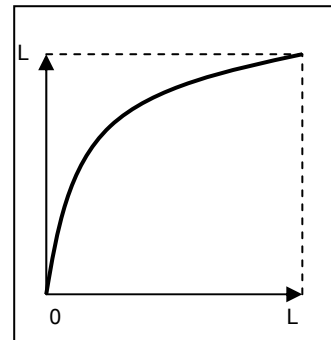


Imagen original (Lena.bmp) Contraste logarítmico

4.7 Operaciones Aritméticas de Pixeles

Suma $v(x,y) = u(x,y) + k$ incrementa linealmente la luminancia de cada pixel

Resta $v(x,y) = u(x,y) - k$ disminuye linealmente la luminancia de cada pixel

Producto $v(x,y) = u(x,y) \cdot k$ incrementa proporcional mente la luminancia de cada pixel

Logaritmo $v(x,y) = K \cdot \log(1 + u(x,y))$ aumenta el contraste de las zonas oscuras en detrimento de las zonas claras

Exponencial $v(x,y) = K \cdot \exp(u(x,y) - 1)$ aumenta el contraste en las zonas claras en detrimento de las zonas oscuras.

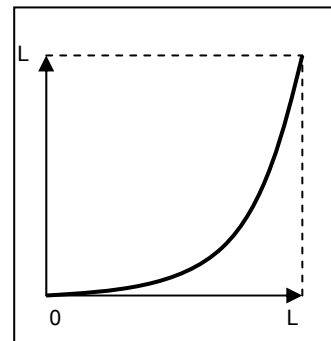
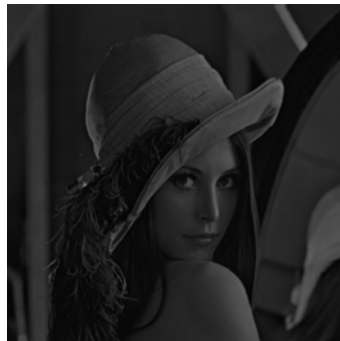


Imagen original (Lena.bmp) Contraste exponencial

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 9 de 19

4.8 Operaciones lógicas

AND $v(x,y) = u(x,y) \text{ and } k(x,y)$ extracción de los bits que en la imagen máscara k estén en "1".

OR / XOR $v(x,y) = u(x,y) \text{ OR } k(x,y)$ borra los bits que se indique en la máscara

NOT $v(x,y) = \text{NOT} \{ u(x,y) \}$ complementa el pixel.

La imagen $k(x,y)$ tiene las mismas dimensiones que la imagen original $u(x,y)$.

4.9 Incorporación de ruido a la imagen

Se utiliza para simular el efecto del ruido aleatorio sobre la imagen a procesar para el estudio de métodos que permitan eliminar el efecto indeseable de las interferencias.

Efecto: Agrega un ruido aditivo aleatorio .

Función: $R(i, j) = 2 \cdot \sigma \cdot (Rnd + Rnd + Rnd) + Vm - 3 \cdot \sigma$
 void ruido (origen , destino , size , sig , vm)

Donde Rnd es una función generadora de números aleatorios entre 0 y 1.

Recibe: La matriz de la imagen origen, la de destino, el tamaño en size. Donde sig es la desviación típica gaussiana correspondiente a la distribución de probabilidad del ruido. Y vm es su valor medio.

Devuelve: en la matriz destino devuelve la imagen con el nivel de ruido predefinido en sig (σ).

Se agrega un caso de ruido particular, llamado "salt & pepper".



Lena con "salt & pepper"

Lena con ruido Gausiano

5 Filtros espaciales

Los métodos de mejora basados en el dominio de las frecuencias modifican indirectamente la luminancia de cada pixel, utilizando como factor de ponderación los valores de los otros pixeles de la imagen o del entorno del punto.

5.1 Sin convolución

5.1.1 Normalización:

Consiste en aplicar un mapa de transformación de luminancias que haga corresponder a los valores mínimo y máximo de la imagen original los valores mínimo y máximo del rango permisible de luminancia (0 y L)

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 10 de 19

Función: $\text{Pix } ij = Lx \cdot (\text{Pix } ij - L_{\min}) / L_{\max} - L_{\min}$

void normaliza (origen, destino, size)

La imagen original tiene como extremos de luminancia (L_{\min} , L_{\max}) y la idea es transformar sus extremos a (0, L).

5.1.2 Filtro de media

Se sustituye el pixel central por la media aritmética de los pixeles de su entorno (incluido el mismo).

Efecto: difuminación de la imagen, suavizado. Sirve para eliminar los ruidos aleatorios.

Función: Toma como entorno una ventana cuadrada de $N_v \times N_v$ centrada en el punto y aplica :

Donde S_v representa el tamaño en pixeles del lado de la semiventana, definida como la parte entera de la mitad del tamaño de la ventana, en pixeles. (La ventana con un valor impar).

void media (origen , destino , size , ventana)

Recibe: la matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size. Y además el tamaño de la ventana en ventana.



Imagen original (Lena.bmp) Filtrada con filtro de media (7x7)

5.1.3 Filtro de moda:

Se sustituye el valor de cada pixel por aquel que más veces aparece en su entorno considerado.

Efecto: Aun en discusión, algunos dicen que difumina y elimina progresivamente el fondo, pero depende de la imagen.

5.1.3 Filtro de mediana:

Análogo al filtro de media, sustituyendo el valor de cada pixel por el de la mediana de los valores de su entorno. Donde la mediana es el valor central del array de valores ordenados.

Efecto: Elimina los puntos aislados (del ruido) pero sin difuminar tanto los bordes y otros detalles abruptos (correspondientes a las altas frecuencias de la imagen).

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 11 de 19



Lena con “salt & pepper” Luego filtrada con filtro de mediana

5.2 Filtrado de frecuencias

Las frecuencias espaciales determinan la variación local de la luminosidad en el entorno del pixel. Así las bajas frecuencias corresponden a las zonas con pequeños cambios de luminancia, mientras que las altas frec. tienen que ver con las zonas donde hay cambios bruscos.

Puede utilizarse el filtro de media (paso bajo). En el filtro de media la frec. de corte está determinada por el tamaño de la ventana. Entonces se puede obtener un filtro pasa banda al restar el resultado de un filtro de media de un ventana grande con uno de ventana más pequeña. Y restando a la imagen real el resultado de un filtro paso bajo obtengo un filtro paso alto.

Unsharp masking: Resta a una imagen una fracción de la misma luego de un filtro paso bajo.

Efecto: Resalta y acentúa bordes en procesos litográficos.

Función: $v(x,y) = u(x,y) - [g(x,y) \cdot u(x,y)]$

Donde u es la imagen original, g es la función de unsharp
void unsharp (origen, destino, size, ventana, cte)

Recibe: La imagen original en origen, el tamaño de la imagen en size, el tamaño de la ventana en ventana, y la constante de suavizado en cte.

Devuelve: el resultado en destino.

5.2.1 Con convolución.

Con el teorema de la convolución podemos obtener el filtro deseado, al multiplicar la transformada de Fourier por la transformada de Fourier del filtro deseado (matriz de dos dimensiones).

La convolución

En el caso de las imágenes tenemos que la respuesta a una delta (m,n) , por ser bidimensional, es la salida que presenta el sistema cuando a la entrada se aplica un punto lineal (de luminancia infinita y anchura nula). A esta función de respuesta se la conoce como PSF (point spread function). Así la convolución se define para el caso bidimensional y discreto, reemplazando las integrales por sumatorias.

$$y(m,n) = h(m,n) \bullet f(m,n) = \sum \sum h(m-m',n-n') f(m',n')$$

con la sumatorias definidas para $m'= 0$ a 255 y $n'= 0$ a 255

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 12 de 19

Efecto: El teorema de convolución indica un filtrado directo en frecuencias (espaciales), de acuerdo con la equivalencia entre convolución en el dominio espacial y producto en el dominio de frecuencias:

$$g(x,y) = h(x,y) \bullet f(x,y) \iff G(w1,w2) = H(w1,w2) \cdot F(w1,w2)$$

Donde f, h, y g representan las señales de entrada, respuesta al impulso y salida, F, G y H sus transformadas de Fourier.

Función: Realiza un producto ponderado de la matriz de convolución con el entorno de un pixel, para cada pixel de la imagen. (matriz de 3x3).

$$Pix = P's = \sum \sum (K_i \cdot P_i) / \sum (K_i) \quad \text{con las sumatoria sobre } i= 1 \text{ a } 9$$

void convol (origen, destino, size, matriz, ventana)

Recibe: La imagen original en origen, el tamaño de la imagen en size, el tamaño de la ventana en ventana, y la máscara de convolución en matriz.

Devuelve: En destino se halla el resultado de la convolución.

5.3 Suavizado

El filtro de media calcula la media del entorno de un pixel y sustituye el valor de este por el de la media. Este mismo efecto se logra convolucionando la imagen con la máscara:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$$Pix = P's = (\sum P_i / 9) \quad \text{con las sumatoria sobre } i= 1 \text{ a } 9$$

Efecto: Difumina los cambios bruscos de luminancia

Si al pixel central se le da un peso mayor que a los restantes el efecto de suavizado se hace menos brusco.

$$K_5 = m \quad m > 1$$

5.4 Gradientes y derivadas

Efecto: Realzan los bordes, magnifican los cambios abruptos en la luminancia.

Función: Para diferenciar una imagen se aplica el gradiente. Sea la función bidimensional: f(x,y) se define el gradiente g(x,y) en el punto (x,y) como el vector:

$g(x,y) = G [f(x,y)] = df/dx \ i + df /dy \ j$
y en el caso discreto, sacando el modulo obtengo:

$$G [f(x,y)] = \{ [f(x,y) - f(x+1,y)]^2 + [f(x,y) - f(x,y+1)]^2 \}^{1/2}$$

y otra forma es la del gradiente Roberts, con diferencias cruzadas:

$$G [f(x,y)] = \{ [f(x,y) - f(x+1,y+1)]^2 + [f(x+1,y) - f(x,y+1)]^2 \}^{1/2}$$

Toma valores altos en aquellas zonas de bordes y valores bajos en las zonas con valores de gris casi constantes.

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.

Revisión 4
Página 13 de 19

void gradiente (origen, destino, size, modo, umbral)

Recibe: la matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size. Mientras que usa de parámetros a modo y umbral para determinar si, en el caso de que el valor numérico del gradiente en un punto sea menor que cierto umbral, se debe usar el valor del gradiente (modo 0), el valor de la imagen original (modo 1), un valor nulo (modo 3 y 4). O si el gradiente es mayor que el umbral se pone 255 (modo 2 y 4). O sea el modo 4 pone 0 ó 255.

Para aplicar la convolución a la operación gradiente se parte del entorno de 3x3, y puede dividirse en dos componentes: Gx y Gy :

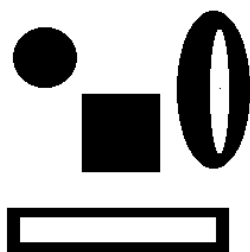


Imagen original



Convolucionada con Gx

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Matriz Gx

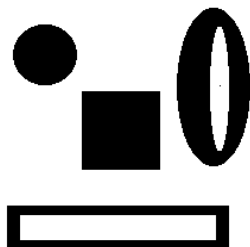


Imagen original



Convolucionada con Gy

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Matriz Gy

$$G_x = (X_3 + 2X_6 + X_9) - (X_1 + 2X_4 + X_7)$$

$$G_y = (X_7 + 2X_8 + X_9) - (X_1 + 2X_2 + X_3)$$

Las máscaras reciben el nombre de Operadores Sobel. Para obtener el gradiente euclideo $G = (G_x^2 + G_y^2)^{1/2}$

El operador Laplaciano: Se define con la derivada de segundo orden.

$$L[f(x,y)] = d^2f / dx^2 + d^2f / dy^2$$

En términos discretos es: $L[f(x,y)] = x_2 + x_4 + x_6 + x_8 - 4x_5$
y puede implementarse con la convolución con la matriz:

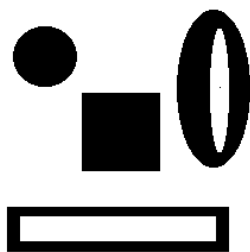
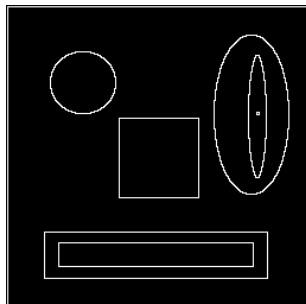


Imagen original



Convolucionada con laplaciano

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Matriz Laplaciano

Tiene ventaja sobre el gradiente cuando la imagen no tiene variaciones de intensidad abruptas, pero es más sensible al ruido, ya que también resalta los puntos aislados. Para atenuar el efecto del ruido puedo usar la mascara (b)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

5.5 Detección de puntos y líneas

Para la detección de puntos se puede usar la máscara de convolución del operador laplaciano (b) . Solo en el caso de que el pixel central tenga un valor diferente de los de su entorno, la convolución arrojará un valor sustancial.

Para aislar líneas se deben utilizar operadores sensibles a cambios de intensidad ortogonales a las mismas. Las máscaras de convolución son:

a) E-O

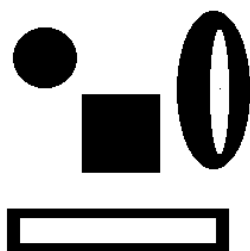
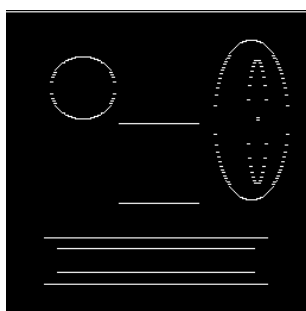


Imagen original



Convolucionada con matriz E-O

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Matriz E-O

b) N-S

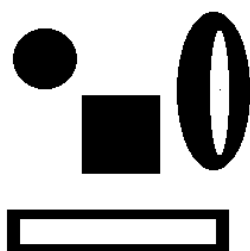
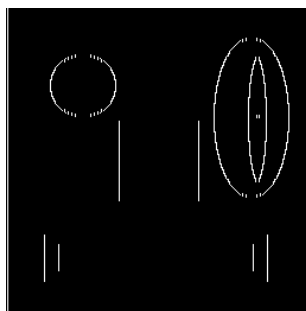


Imagen original



Convolucionada con matriz N-S

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Matriz N-S

c) NO-SE

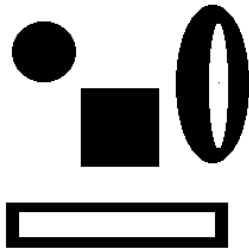
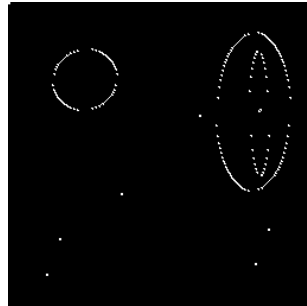


Imagen original



Convolucionada con matriz NO-SE

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

Matriz NO-SE

d) NE-SO

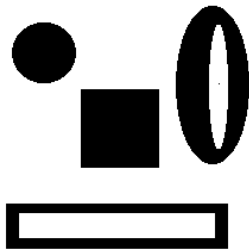
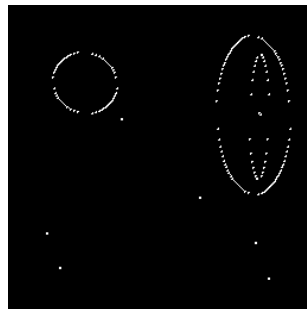


Imagen original



Convolucionada con matriz NE-SO

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

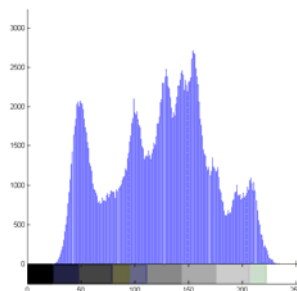
Matriz NE-SO

6 *Histograma*

Se define histograma de una imagen con la curva que en ordenadas representa cada uno de los posibles niveles de gris (0 - L), y en abscisas la frecuencia relativa de aparición del mismo en la imagen.



Imagen original (Lena.bmp)

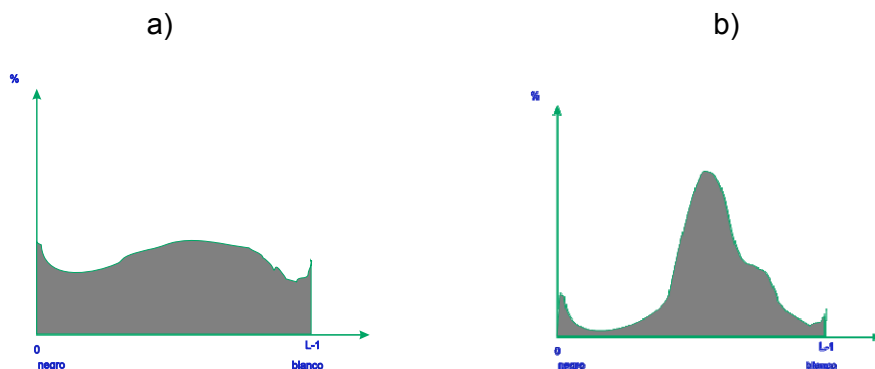


Histograma

El histograma ofrece una idea rápida de cuán distribuidos se encuentran los niveles de gris en la imagen, aspecto relacionado con el contraste. Así por ejemplo podemos ver el histograma de una imagen con los niveles de gris distribuidos en forma uniforme (a), y de otra con una concentración de los niveles de gris entorno a un pequeño rango de

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 16 de 19

valores (b). Por lo que el contraste es mejor en la (a) pues los niveles de gris están más distribuidos y es más fácil diferenciar unos de otros.



6.1 Cálculo del histograma:

Se cuenta el número de apariciones de cada uno de los niveles de gris y luego saco el porcentaje normalizando con el máximo.

void histograma (imagen, tam , matr)

Recibe: la matriz imagen en imagen con su tamaño en tam.

Devuelve: en matr un vector que tiene en el subíndice el valor de nivel de gris , y para cada subíndice la cantidad de veces que aparece ese nivel (en porcentaje).

6.2 Aplicación del histograma:

Ecuación: En un histograma muy polarizado en torno a un valor central , y si tiene poco contraste esta desaprovechando el margen dinámico, entonces con la ecuación modificamos la luminancia de los pixeles para distribuirlos en forma más uniforme.

Efecto: Mejora el contraste en los histogramas muy concentrados. Con un histograma plano.

Función: Si se llama u a los valores de luminancia. Se puede asumir que es una variable aleatoria con densidad de probabilidad $pu(u)$ y función de distribución de probabilidad $Fu(u)$. Y $h(u)$ es lo que da el histograma para el nivel de gris u . Con $u = x_i$

$$pu(x_i) = h(x_i) / \sum h(x_k) \text{ con la sumatoria definida para } k= 0 \text{ a } L-1$$

Para que los valores de salida también tengan $L-1$ niveles.

$$v_k = \sum pu(x_i) \text{ con la sumatoria definida para } i= 0 \text{ a } k$$

void ecualiza (origen, destino, size).

Recibe: la matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size.

Devuelve: en destino la imagen ecualizada.

6.3 Segmentación pseudoautomática

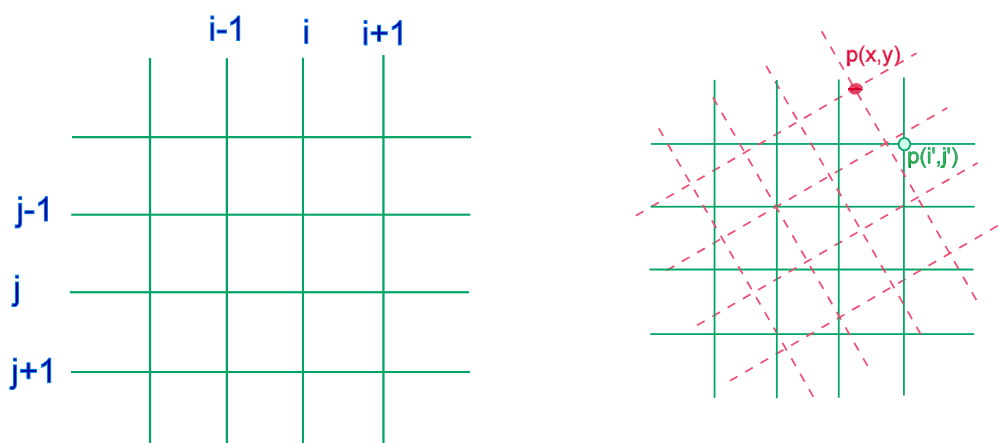
Segmentar mediante la umbralización consiste en separar parte de la imagen que se encuentra entre dos niveles de gris (umbrales). Así podemos por ejemplo apartar las partes oscuras de las brillantes. Pero si queremos segmentar objetos de su entorno, el

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 17 de 19

problema reside en determinar los umbrales. Se puede ver dos niveles de gris dominantes en un histograma de una imagen, la idea es encontrar el umbral T para separar los puntos del objeto los que tengan mayor o igual luminancia que T , de los puntos del fondo (todos los que no lo alcancen).

7 Operaciones geométricas

En principio, no modifica la información, sólo el aspecto visual, como podría observarse desde otro punto de vista. Magnificar o reducir simula acercarse o alejarse, desplazar o rotar es hacer lo mismo con el punto de observación. Como la imagen en memoria se guarda en forma matricial discreta, pues no hay valores de luminancias entre los valores discretos de coordenadas que corresponden a los pixeles. Como vemos en a) la rejilla original donde las intersecciones son los pixeles, al transformar la imagen (en este caso la rotación) vemos que los pixeles de la rejilla transformada (punteada) no coinciden con los de la rejilla destino.



La rejilla destino es la continua y la rejilla de origen es la punteada, se debe encontrar el valor del pixel en la original $p(x,y)$ que aplicándole la transformación se obtenga la grilla continua $p(i',j')$. Para esta operación se usa interpolación.

7.1 Interpolación

Puede considerarse como el cálculo del valor de luminancia de un pixel en una posición cualquiera, como una función de los pixeles que le rodean (posiciones enteras de la grilla de origen), se pueden emplear distintos criterios tales como asignarle el valor del pixel más cercano de entre los cuatro que lo rodean, o usando alguna función de distancia asignarle la luminancia media asociada a los dos pixeles mas cercanos. En este caso tomaría el valor medio de $p(i,j)$ y $p(i,j+1)$. Otra manera es realizar la interpolación bilineal.

7.2 Interpolación bilineal:

Asigna al pixel en cuestión un valor medio ponderado de las luminancias de los cuatro pixeles que le rodean. Los factores de ponderación vienen dados por las distancias entre el pixel y los del entorno.

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.

$$\begin{aligned}
 a_1 &= (1 - dx / \Delta x) \cdot (1 - dy / \Delta y) = (1 - dx) \cdot (1 - dy) \\
 a_2 &= dx / \Delta x \cdot (1 - dy / \Delta y) = dx \cdot (1 - dy) \\
 a_3 &= (1 - dx / \Delta x) \cdot dy / \Delta y = (1 - dx) \cdot dy \\
 a_4 &= dx / \Delta x \cdot dy / \Delta y = dx \cdot dy
 \end{aligned}$$

Para Δx y Δy iguales a la unidad.

El valor del pixel interpolado es :

$$p(x,y) = a_1 \cdot p(x_i,y_j) + a_2 \cdot p(x_{i+1},y_j) + a_3 \cdot p(x_i,y_{j+1}) + a_4 \cdot p(x_{i+1},y_{j+1})$$

Por lo gral. (x,y) no es un valor entero, pero se redondea al entero más próximo.

Los pasos a seguir en una transformación geométrica son:

1) Para cada pixel destino ubicado en (x',y') se calcula la ubicación del pixel origen aplicando la función inversa, es decir en un zoom se parte de un pixel de la imagen expandida y se busca el que le corresponde en la imagen reducida.

2) Se interpola el valor del pixel en $p(x,y)$, donde la parte entera: $(\text{ent}(x), \text{ent}(y))$ sirve para hallar los factores ponderados.

3) El valor hallado de $p(x,y)$ es el mismo en $p(x',y')$ del destino.

Función de interpolado bilineal:

$$\begin{aligned}
 p(x,y) &= a_1 \cdot p(\text{ent}(x),\text{ent}(y)) + a_2 \cdot p(\text{ent}(x)+1,\text{ent}(y)) + a_3 \cdot p(\text{ent}(x),\text{ent}(y)+1) + \\
 &+ a_4 \cdot p(\text{ent}(x)+1,\text{ent}(y)+1)
 \end{aligned}$$

7.3 Desplazamiento

Efecto: Se produce el desplazamiento de la imagen en X_d e Y_d , conservando el aspecto.

Función: Reemplaza cada pixel por el correspondiente a sus coordenadas mas el desplazamiento incrx , incry .

`void shift (origen, destino, size, incrx, incry)`

Recibe: la matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size. El desplazamiento en incrx , incry que puede tener parte decimal, y en este caso también se aplica la interpolación bilineal.

7.4 Cambio de escalas

De la imagen original se toma un fragmento (de k a $k+n$) y se amplía hasta ocupar el tamaño deseado (tam puntos). Esto corresponde a un facto de aumento

$$\text{fac} = \text{tam} / (n+1)$$

Efecto: Amplia o reduce la imagen.

Función: Primero calcula la coordenada de la rejilla origen para cada uno de los tam puntos de la escala, y calculo el valor del pixel $p(x_{\text{orig}},y_{\text{orig}})$ por interpolación.

$$X_o = X_{\text{orig}} = X_{\text{mag}} \cdot n / (\text{tam} - 1) + k_x$$

$$Y_o = Y_{\text{orig}} = Y_{\text{mag}} \cdot n / (\text{tam} - 1) + k_y$$

$$n = \text{tam} / \text{fac} - 1$$

$$k_x = X_{\text{cent}} - n / 2$$

$$k_y = Y_{\text{cent}} - n / 2$$

`void magnifica (origen, destino, size, xo, yo, factor)`

<h1>GIAR</h1>	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires Introducción a la Inteligencia Artificial	Fecha de creación 01/06/2009 01:14:00 a.m.
	<h2>Tratamiento Digital de Imágenes</h2> <p>N.Starópoli, L. Di Matteo, C. Verrastro, J.C. Gómez</p>	Fecha Última Rev. 07/06/2009 05:18:00 p.m.
		Revisión 4 Página 19 de 19

Recibe: La matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size. Siendo xo e yo el centro del cuadrado a ampliar, y factor el factor de escalado (mayor a 1 amplia, menor a 1 reduce).

7.5 Zoom y unzoom:

Cuando el cambio de escala se hace en un factor de 2, y la imagen resultante tiene el doble de tamaño que la original se duplican el tamaño de todos los pixeles de la imagen. Esto evita el interpolado. También en la reducción de la imagen a la mitad (Factor = 0.5) se puede hacer eliminando una de cada dos filas, y de cada fila eliminar uno de cada dos pixeles, lo que evita el trabajo del interpolado.

Efecto: el zoom duplica el tamaño de la imagen, y el unzoom reduce a la mitad el tamaño de la imagen.

Función:

```
void zoom ( origen, destino, size )
void unzoom ( origen, destino, size )
```

Recibe: La matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size.

7.6 Giros:

Simula la rotación de la cámara de captura o la rotación del objeto. Se necesitan los parámetros: centro de rotación y ángulo de giro ó centro de giro, radio de giro y posición angular inicial.

Para cada pixel de la rejilla destino, calcula el pixel origen que le dio lugar como las coordenadas calculadas, por lo gral. , no serán valores enteros, se calculara el valor de luminancia del pixel por interpolación (bilineal)

Función:

```
void giro (origen, destino, size, beta, ejex, ejey )
```

Recibe: La matriz imagen de origen y de destino, con su tamaño en size. Siendo beta el ángulo de giro, y el centro de giro esta dado por ejex y ejey.



8 Bibliografía

1. Tratamiento digital de imágenes. Alberto Domingo Ajenjo. ANAYA Multimedia
2. Tratamiento digital de imágenes. Rafael C. Gonzalez y Richard E. Woods. Adison Wesley.