



PERCEPCIÓN COMPUTACIONAL

Tema 4: PERCEPCIÓN VISUAL II

SUAVIZADO Y REALZADO

Gonzalo Pajares Martinsanz

Dpt. Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

Facultad de Informática.- Universidad Complutense de Madrid



Transformaciones radiométricas

- **Suavizado**
- **Histograma: realzado**
- **Filtrado homomórfico**
- **Matching de histogramas**
- **Correcciones radiométricas**

Suavizado: promediado del entorno de vecindad

Núcleo del filtro:

$$h \equiv \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtrado

$$f(i, j) = \frac{1}{P} \sum_{(m,n) \in S} g(m, n)$$



Suavizado: ejemplo

$$\begin{bmatrix} 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & \bullet 1 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \end{bmatrix} \Rightarrow (\text{suavizado}) \Rightarrow \begin{bmatrix} 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & \bullet 7 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

$$h \equiv \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



Suavizado: ejemplo

Tema3j.m

fspecial

$h = \text{fspecial}(\text{'average'}, \text{size})$

imagen original



imagen ruidosa

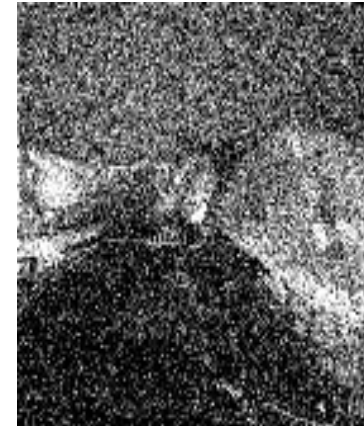


imagen suavizada $h = \text{promedio}$

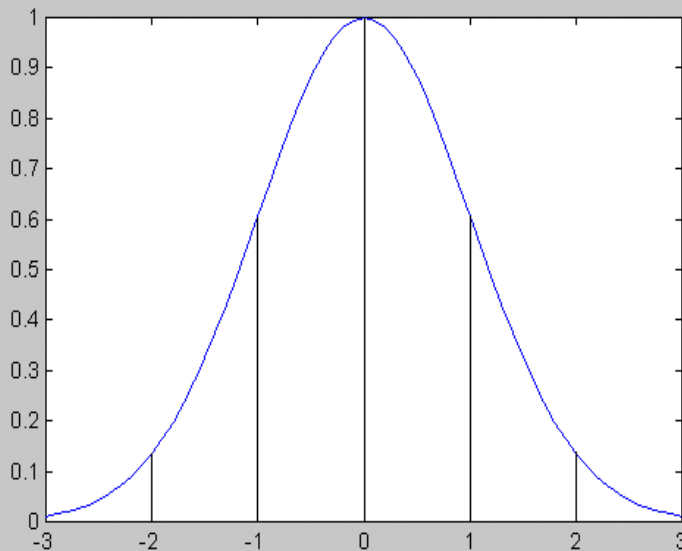
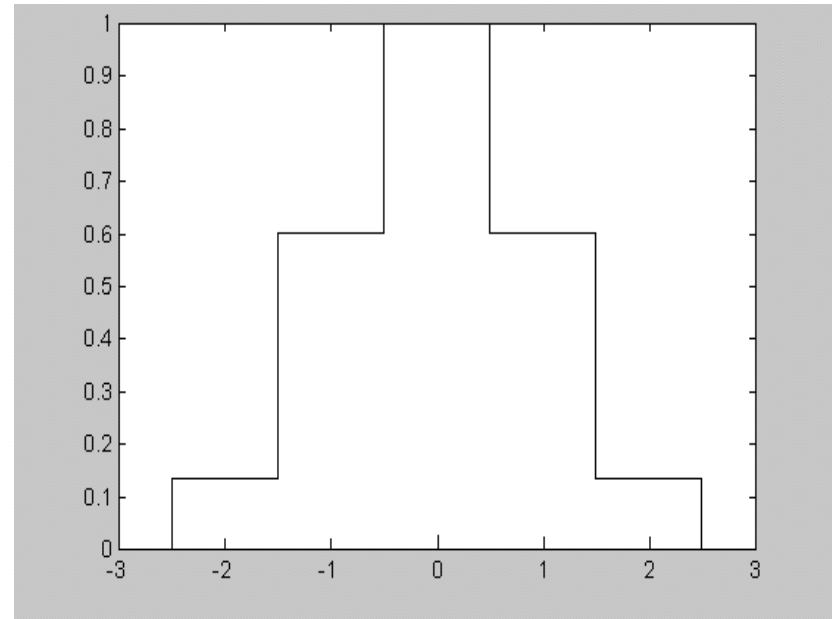


$$h \equiv \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



Suavizado: filtrado gaussiano

$$G(i,j) = e^{-(i^2+j^2)/2\sigma^2}$$

**a****b**

- (a) Gaussiana 1-D y muestras reales para una máscara discreta de 5x5;
(b) Gráfica del correspondiente núcleo entero

Suavizado: filtrado gaussiano

Tema3k.m



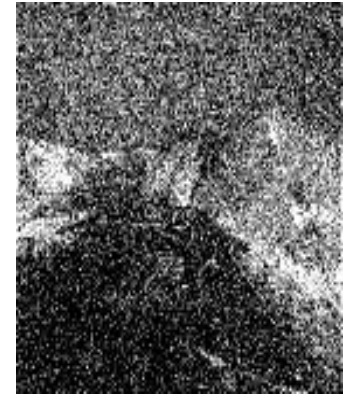
fspecial

$h = \text{fspecial}(\text{'gauss'}, \text{size}, \text{sigma})$

imagen original



imagen ruidosa



núcleo gaussiano

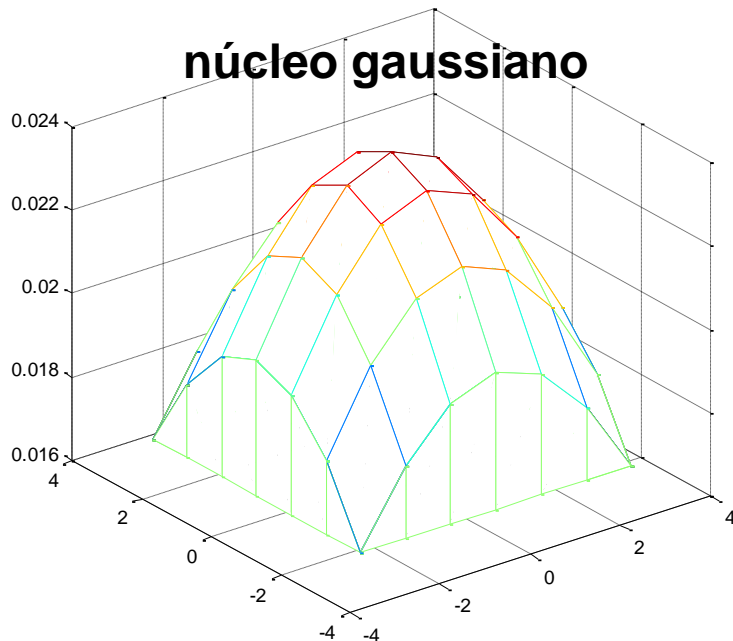
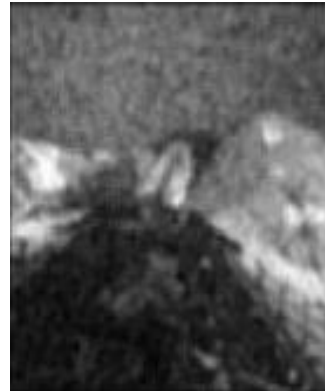


imagen suavizada $g = \text{gaussiana}$

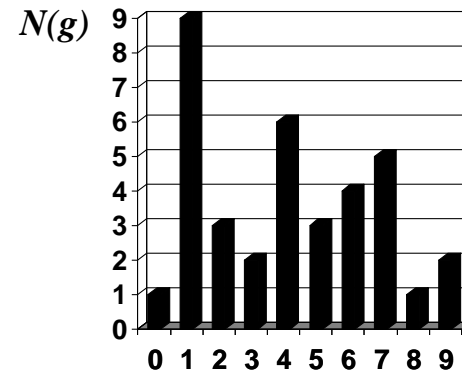


El histograma de la imagen

$$P(g) = \frac{N(g)}{M}$$

0	3	3	4	4	4
1	1	1	4	4	5
1	1	1	4	5	5
1	1	1	7	6	6
2	2	7	7	6	6
8	2	7	7	9	9

(a)



Niveles de gris

(b)

(a) Imagen con 10 niveles de gris del 0 al 9

(b) su histograma

El histograma de la imagen

Tema3l.m

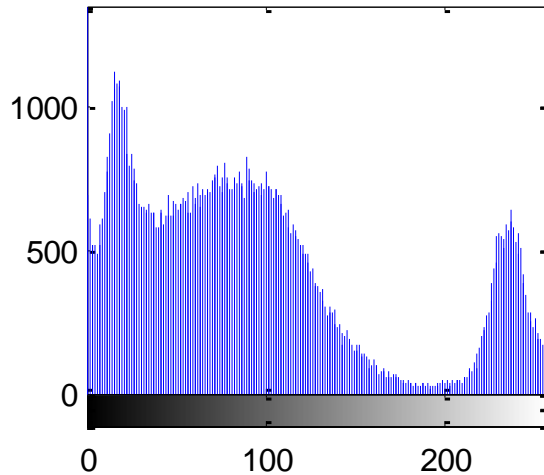
Imagen Izda de un par stereo



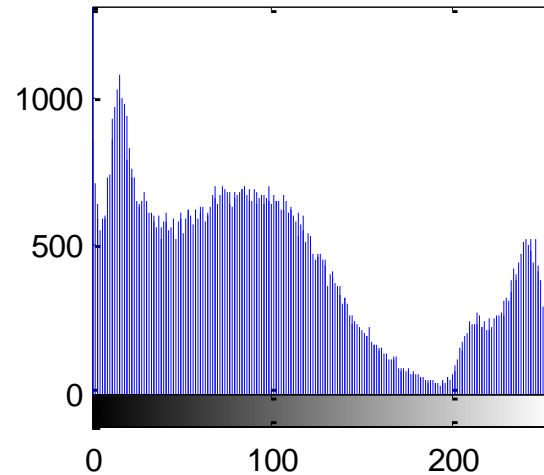
Imagen Dcha de un par stereo



Histograma Izda de un par stereo



Histograma Dcha de un par stereo



El histograma de la imagen: algunas propiedades estadísticas

Media:

$$\bar{g} = \sum_{g=0}^{L-1} gP(g) = \sum_i \sum_j \frac{I(i,j)}{M}$$

Varianza:

$$\sigma^2 = \sum_{g=0}^{L-1} (g - \bar{g})^2 P(g)$$

Asimetría:

$$a = \sum_{g=0}^{L-1} (g - \bar{g})^3 P(g)$$

Entropía:

$$e = - \sum_{g=0}^{L-1} P(g) \log_2 [P(g)]$$



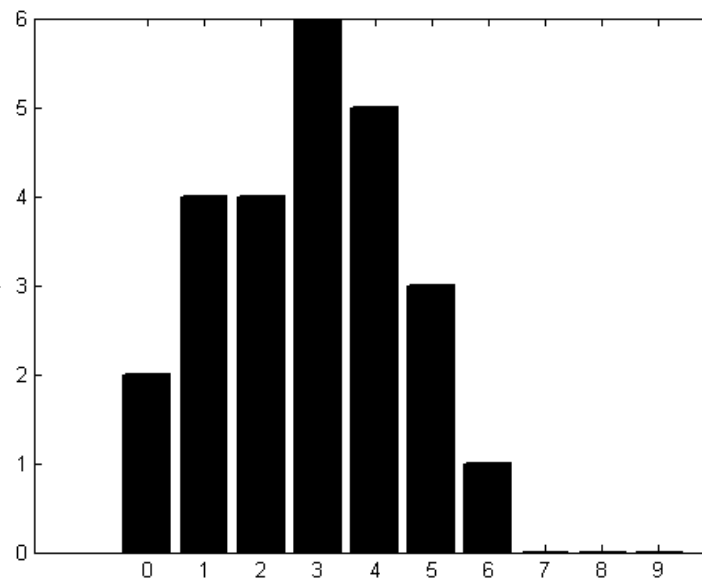
Operaciones en el histograma de la imagen: **Ecualización**

ejercicio_05_16.m

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 & 6 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 1 & 5 & 5 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

g	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N(g)$	2	4	4	6	5	3	1	0	0	0

Histograma



Operaciones en el histograma de la imagen: **Ecualización**

ejercicio_05_16.m

Ecualización uniforme:

$$F(g) = 255 \sum_{g=0}^g p(g)$$

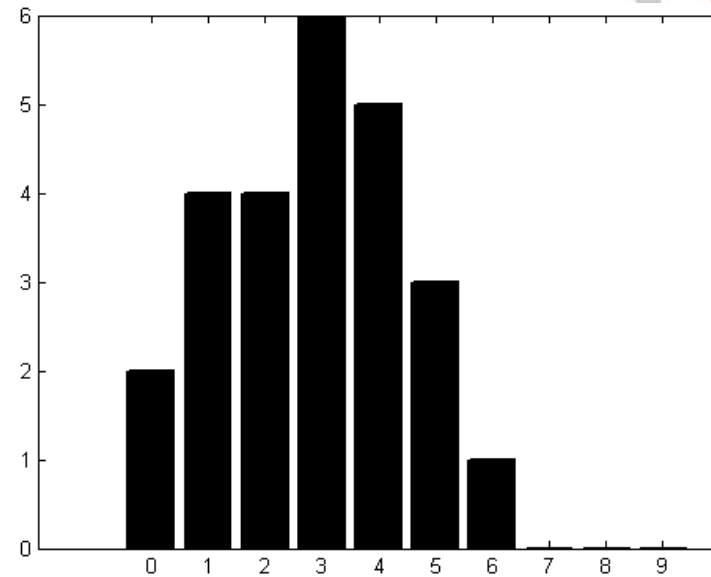
g	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N(g)$	2	4	4	6	5	3	1	0	0	0
$p(g)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{6}{25}$	$\frac{5}{25}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{0}{25}$	$\frac{0}{25}$	$\frac{0}{25}$
$P(g)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{6}{25}$	$\frac{10}{25}$	$\frac{16}{25}$	$\frac{21}{25}$	$\frac{24}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$
$F(g)$	0	2	3	5	7	8	9	9	9	9



Operaciones en el histograma de la imagen: **Ecualización**

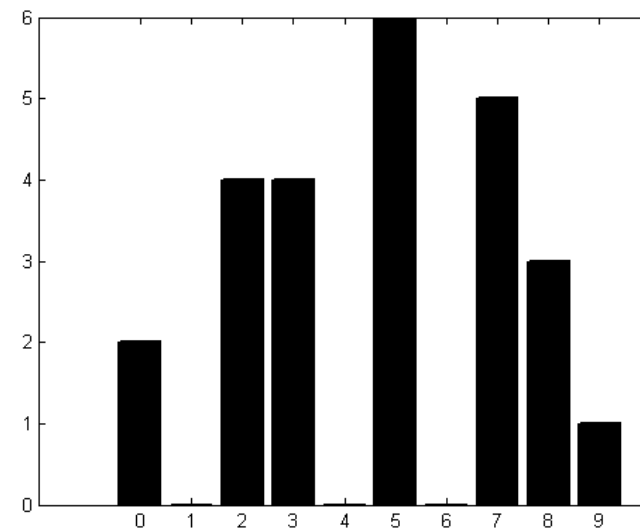
ejercicio_05_16.m

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 & 6 \\ 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 1 & 5 & 5 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$



Ecualización uniforme:

$$B_{EqUn} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 3 & 9 \\ 2 & 5 & 5 & 2 & 5 \\ 3 & 3 & 7 & 5 & 5 \\ 3 & 7 & 8 & 7 & 5 \\ 2 & 8 & 8 & 7 & 7 \end{bmatrix}$$



Operaciones en el histograma de la imagen

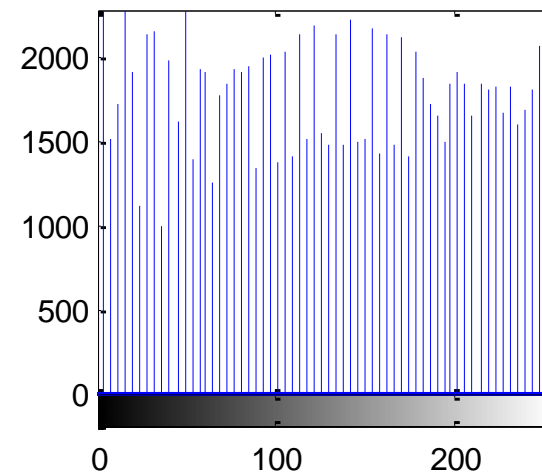
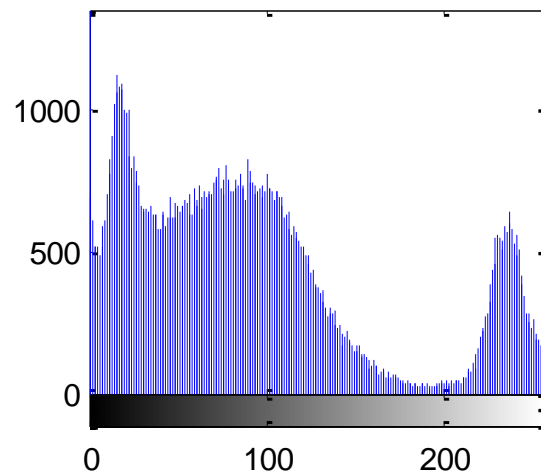
Otras funciones de ecualización:

Distribuciones	Expresiones
<i>Uniforme</i>	$F(g) = \frac{g - g_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}} \left[P_g(g) + g_{\min} \right]$
<i>Exponencial</i>	$F(g) = g_{\min} - \frac{1}{\alpha} \ln \left[1 - P_g(g) \right]$
<i>Rayleigh</i>	$F(g) = g_{\min} + \left[2\alpha^2 \ln \left\{ \frac{1}{1 - P_g(g)} \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$
<i>Hipercúbica</i>	$F(g) = \sqrt[3]{g_{\max} - \sqrt[3]{g_{\min}} \left[P_g(g) + \sqrt[3]{g_{\min}} \right]}$
<i>Logaritmo hiperbólica</i>	$F(g) = g_{\min} \left[\frac{g_{\max}}{g_{\min}} \right] P_g(g)$



El histograma de la imagen: ecualización

Tema3l.m



Operaciones en el histograma de la imagen: **Expansión**

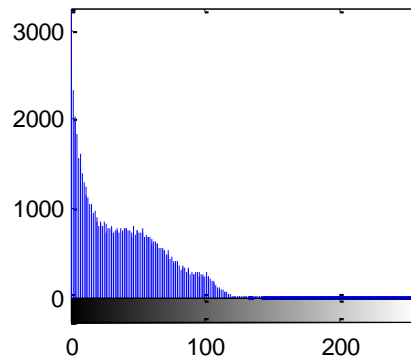
Tema3m.m

$$g(i, j) = \left[\frac{f(i, j) - f(i, j)_{MIN}}{f(i, j)_{MAX} - f(i, j)_{MIN}} \right] [MAX - MIN] + MIN$$

Imagen oscurecida



Histograma

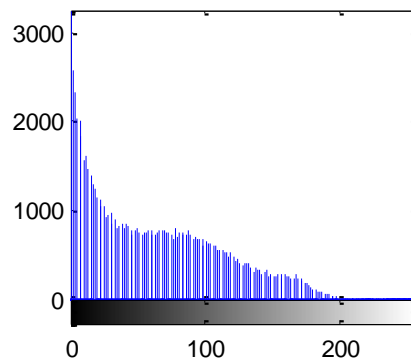


(a) Imagen original
(b) su histograma

Imagen histograma expandido

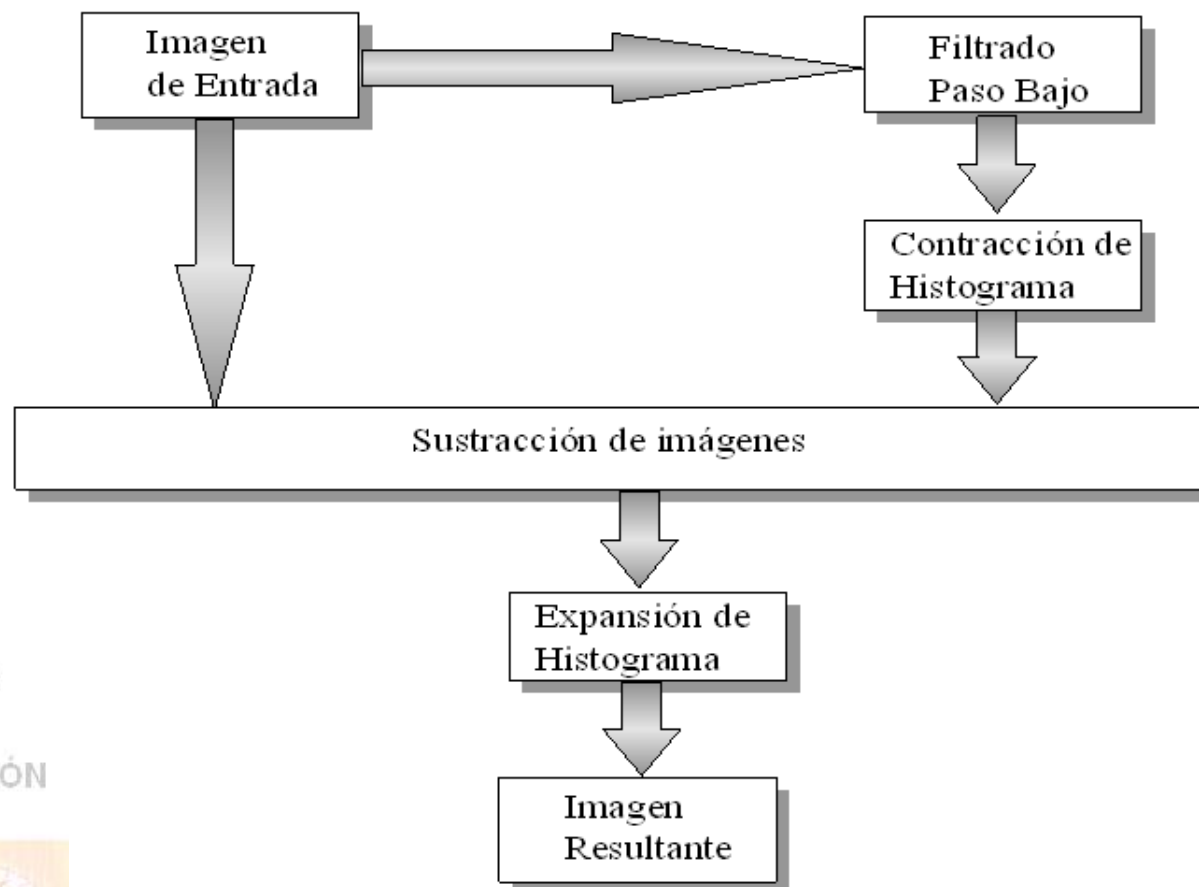


Histograma



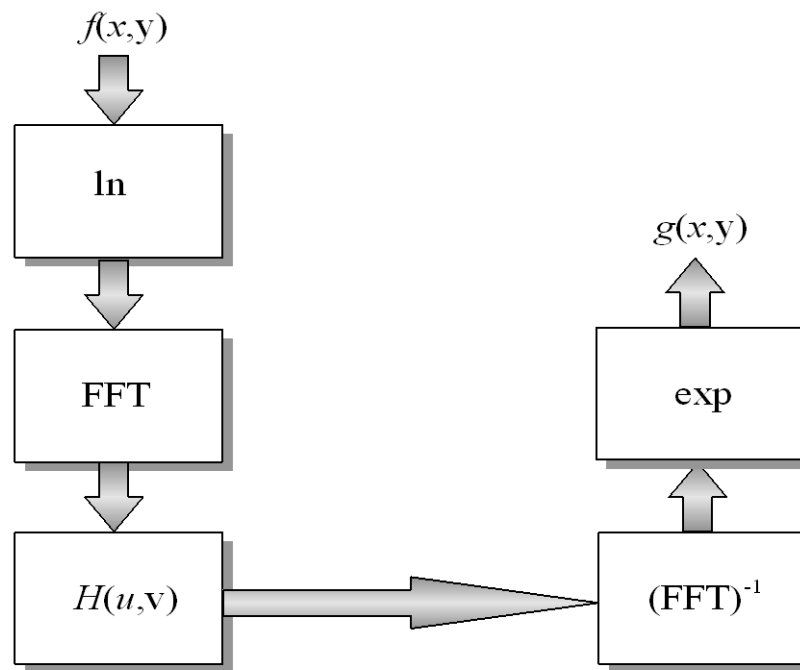
(a) Imagen con el histograma expandido
(b) su histograma

Otras técnicas de realzado: combinación de técnicas



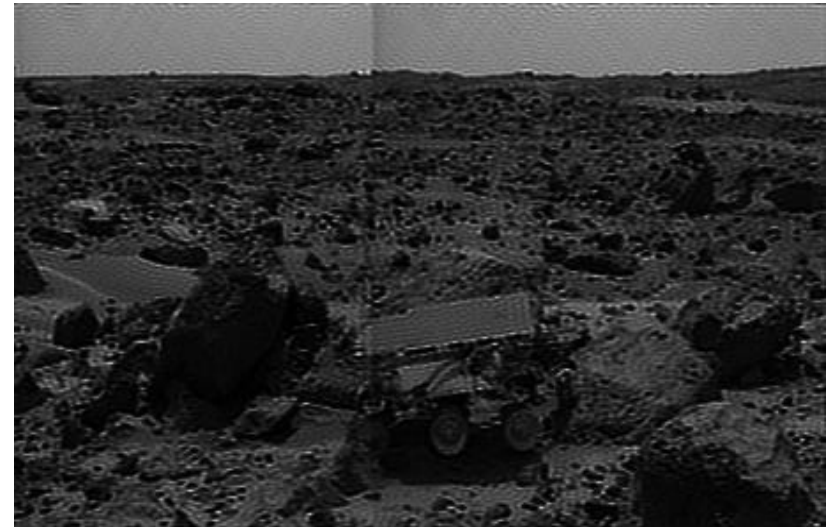
Filtrado homomórfico

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad \left\{ \begin{array}{l} i(x, y) : \text{iluminación (bajas frecuencias)} \\ r(x, y) : \text{reflectancia (altas frecuencias)} \end{array} \right.$$



Filtrado homomórfico

Tema3o.m



Supresión de la iluminación

Correspondencia de histogramas

Dadas dos imágenes A y B y considerando como referencia la primera, se trata de modificar la imagen B tomando como referencia la A .

Este proceso se lleva a cabo a partir de los histogramas h_A y h_B respectivamente a partir de los cuales se obtienen los valores de probabilidad acumulados para cada nivel de gris g_a y g_b en las respectivas imágenes A y B como sigue,

$$P(g_a) = \sum_{i=0}^{g_a} p_i \quad P(g_b) = \sum_{i=0}^{g_b} p_i$$

El procedimiento de correspondencia consiste en buscar para cada valor $P(g_b)$ asociado con el nivel de gris g_b cuál es el valor más próximo $P(g_a)$ a aquél de suerte que nos permita intercambiar el valor g_b por g_a en la imagen.

Tras este intercambio de niveles de intensidad se obtiene una nueva imagen B_t transformada



Correspondencia de histogramas

ejercicio_05_18.m

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 9 \\ 2 & 2 & 2 & 3 & 5 \\ 2 & 2 & 3 & 2 & 5 \\ 4 & 4 & 1 & 2 & 5 \\ 3 & 4 & 1 & 2 & 7 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 2 & 5 & 7 \\ 7 & 8 & 4 & 4 & 7 \\ 6 & 5 & 4 & 9 & 3 \\ 9 & 6 & 5 & 2 & 8 \\ 8 & 8 & 7 & 7 & 6 \end{bmatrix}$$

Imagen A										
g	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N(g)$	1	6	8	3	5	2	0	0	0	0
$P(g)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{7}{25}$	$\frac{15}{25}$	$\frac{18}{25}$	$\frac{23}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$

Imagen B										
g	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N(g)$	0	0	2	2	4	3	3	5	4	2
$P(g)$	$\frac{0}{25}$	$\frac{0}{25}$	$\frac{2}{25}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{8}{25}$	$\frac{11}{25}$	$\frac{14}{25}$	$\frac{19}{25}$	$\frac{23}{25}$	$\frac{25}{25}$

Correspondencia de histogramas

ejercicio_05_18.m

Ejemplo: $\frac{8}{25}$ de $B \longrightarrow \frac{7}{25}$ de A

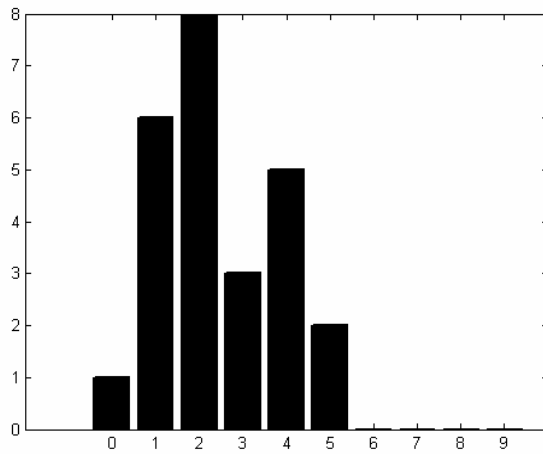
A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5

$$B_t = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 2 & 3 \\ 3 & 4 & 1 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 5 & 1 \\ 5 & 2 & 2 & 0 & 4 \\ 4 & 4 & 3 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

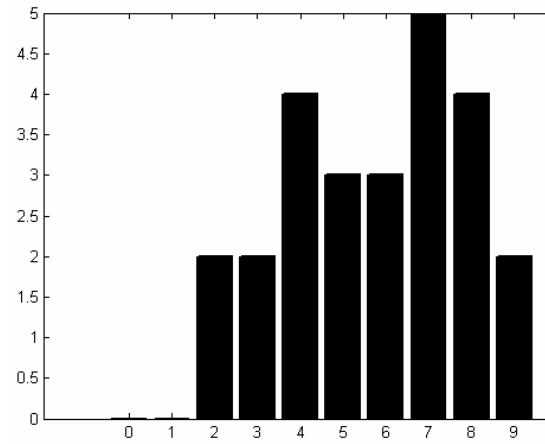


Correspondencia de histogramas

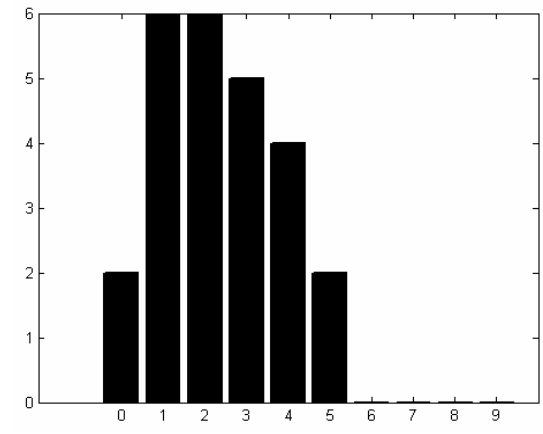
ejercicio_05_18.m



A



B



B_t

Funciones radiométricas matemáticas

cuadrada: $m = 2$

cúbica: $m = 3$

raíz cuadrada: $m = 1/2$

raíz cúbica: $m = 1/3$

L :valor máximo de los niveles
de intensidad (255)

$$q = L^{1-m} p^m$$

logarítmica: $q = (L \ln(1 + p)) / (\ln(1 + L))$



Funciones radiométricas matemáticas

Tema3p.m

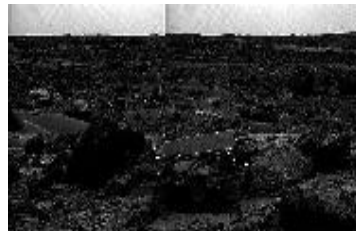
imagen original



raíz cuadrada



cuadrada



logarítmica



Synthetic Aperture Radar (SAR)

Ruido speckle

Filtros:

- Frost
- Oddy
- Kuan
- Lee
- Gamma

