

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial

Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Universidad de Córdoba

Imagen digital

1 Imagen digital

Imagen digital

Introducción

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Introducción

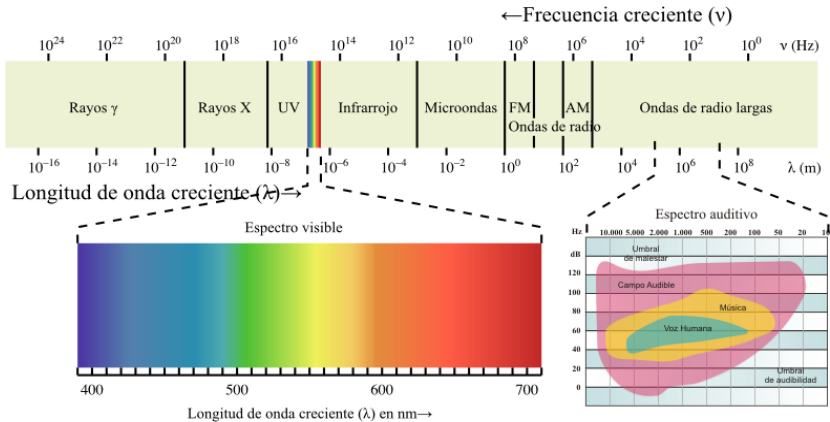
Tipos de imágenes según el dispositivo de captura (1/1)

Imágenes formadas por

- **La luz visible:** capturadas por una cámara fotográfica, de vídeo o de TV.
- **Rayos ultravioleta:** fotoluminiscencia
- **Rayos infrarrojos:** permiten la visión nocturna.
- **Sensores de rango:** generan una imagen a partir de la distancia de los objetos.
- **Campos magnéticos:** resonancia magnética

Imagen digital

Introducción



Espectro electromagnético

Imagen digital

Introducción



Imagen de la Galaxia Andrómeda usando luz visible (NASA)

Imagen digital

Introducción



Imagen de la Galaxia Andrómeda usando luz ultravioleta (NASA)

Imagen digital

Introducción

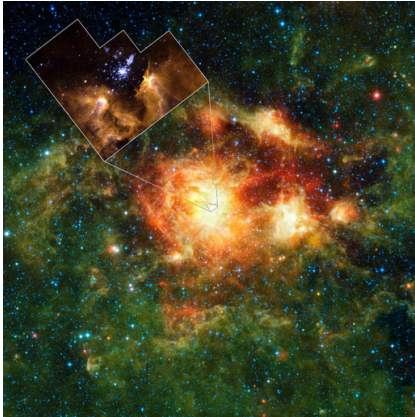
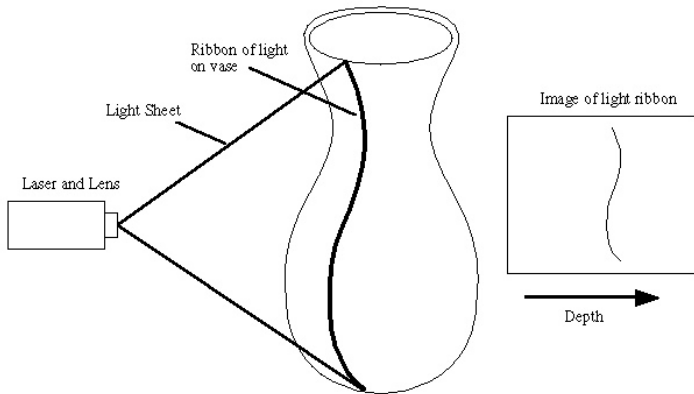


Imagen de infrarrojos de la NASA

Imagen digital

Introducción



Formación de una imagen de rango

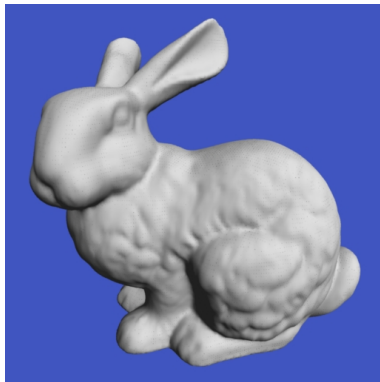
www.cc.gatech.edu/~turk/bunny/bunny.html

Imagen digital

Introducción



(a) Conejo



(b) Imagen de rango

[www.cc.gatech.edu/ turk/bunny/bunny.html](http://www.cc.gatech.edu/~turk/bunny/bunny.html)

Imagen digital

Introducción



Imagen obtenida por resonancia magnética

<http://hamiltonhealth.ca/cvs/mri-campaign/what-is-mri>

Imagen digital

Introducción

Tipos de imágenes según el dispositivo de captura (2/5)

Imágenes formadas a partir de

- **Ultrasonidos**

- **Ecografía:** reflexión de las ondas sonoras con partes del cuerpo.
- **Ecocardiograma:** utiliza ondas ultrasonoras de alta frecuencia.

Imagen digital

Introducción



Ecografía 2D

<http://www.dexeus.com/>

Imagen digital

Introducción

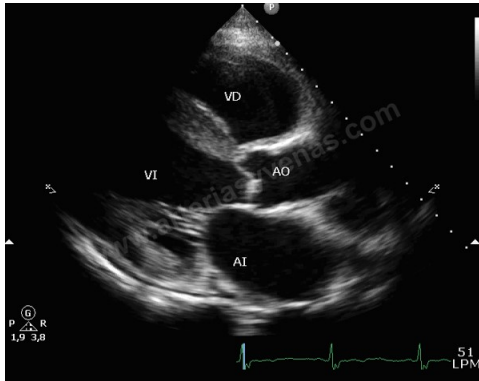


Ecografía 3D

<http://www.dexeus.com/>

Imagen digital

Introducción



Ecocardiograma

<http://www.arteriasyvenas.com/clinica/ecocardiograma>

Imagen digital

Introducción

Tipos de imágenes según el dispositivo de captura (3/5)

Imágenes formadas a partir de

- **Radiación de rayos X:**

- **Radiografía**
- **Radioscopia** (fluoroscopia): exploración continua con rayos X que muestra el movimiento del corazón y los pulmones.
- **Tomografía computarizada:** crea imágenes transversales (y 3D) utilizando los rayos X y muestra la ubicación exacta de las anomalías.
- **Angiografía:** se inyecta un líquido para explorar la circulación sanguínea.

Imagen digital

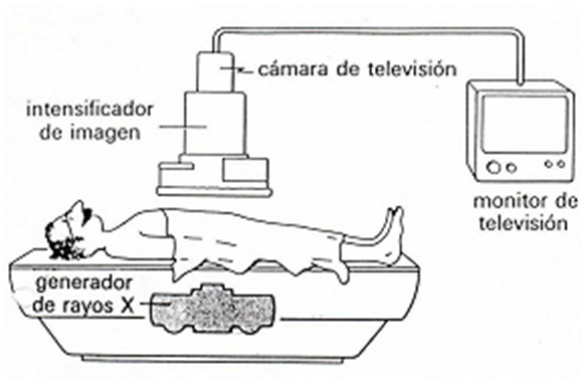
Introducción



Radiografía

Imagen digital

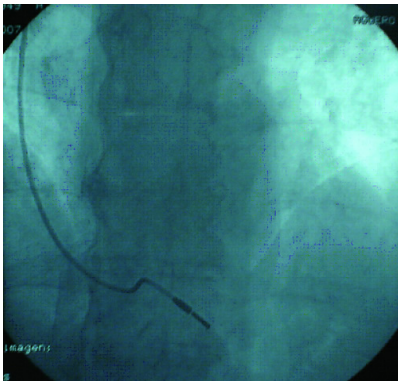
Introducción



Proceso de radioscopia.

Imagen digital

Introducción

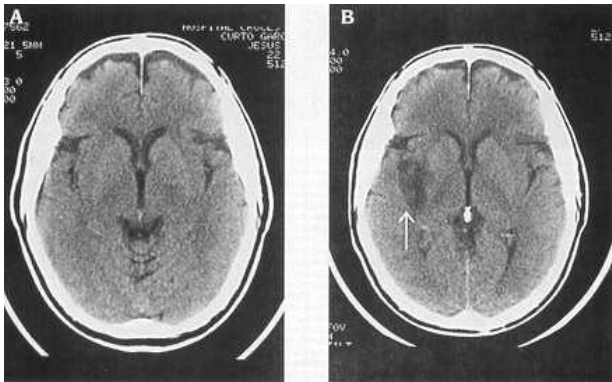


Radioscopia

<http://www.fac.org.ar/>

Imagen digital

Introducción

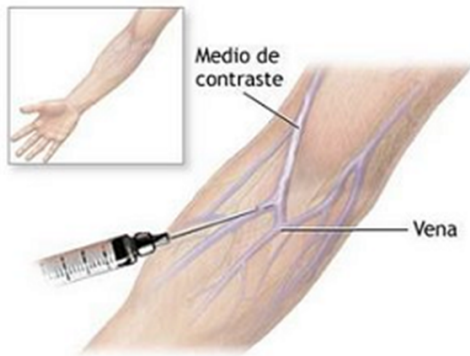


Tomografía

<http://sabia.tic.udc.es>

Imagen digital

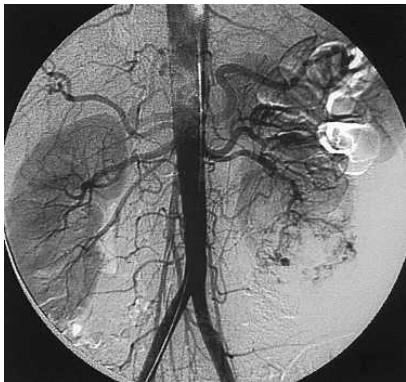
Introducción



Proceso de la angiografía

Imagen digital

Introducción



Angiografía

<http://sabia.tic.udc.es>

Imagen digital

Introducción

Tipos de imágenes según el dispositivo de captura (4/5)

Imágenes formadas a partir de

- **Impulsos eléctricos**
 - **Electrocardiograma**: amplifica los impulsos eléctricos del corazón y se registran en un papel en movimiento.
 - **Electroencefalograma**: imagen formada a partir de los impulsos eléctricos de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo para analizar la actividad cerebral.

Imagen digital

Introducción

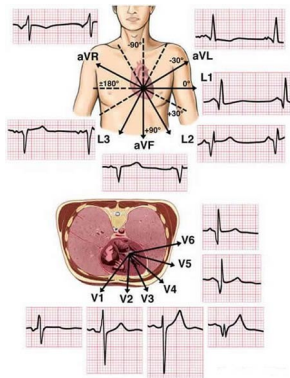
Tipos de imágenes según el dispositivo de captura (5/5)

Imágenes formadas a partir de

- **Isótopos radiactivos:** los indicadores se reparten por todo el cuerpo y se detectan con una gammacámara.
 - Tomografía computarizada por emisión de fotones simples.
 - Tomografía por emisión de positrones: se inyecta una sustancia en la sangre que se desplaza hasta las estructuras cerebrales que permite medir la actividad que desarrolla el cerebro.

Imagen digital

Introducción



Electrocardiograma

<http://misalud.com/misalud/ecg.html>

Imagen digital

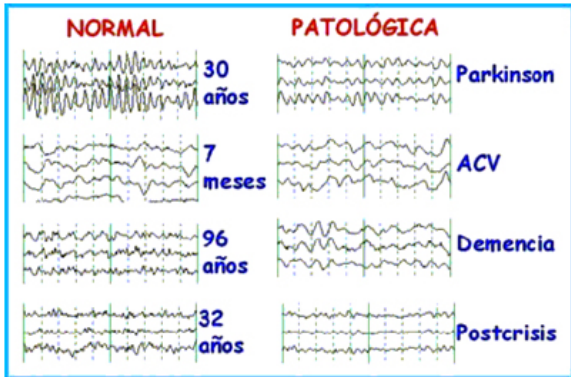
Introducción



Preparación del electroencefalograma
<http://dellchildrens.kramesonline.com/>

Imagen digital

Introducción



Electroencefalograma

<http://orientador.info>

Imagen digital

Definición

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - **Definición**
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Definición

Definición (Imagen digital)

- *Una imagen digital es una función **discreta** que representa la **proyección** de una imagen real (continua).*

Imagen digital

Definición

Modelización de las imágenes

- Las **imágenes** se puede modelar por una **función continua** de dos o tres **variables**.
 - **Imágenes estáticas**: los dos argumentos de la función son las coordenadas (x,y) del plano cartesiano.
 - **Imágenes dinámicas**: se necesita una tercera coordenada t que especifica el tiempo.
- **Valores** de la función:
 - Luminosidad, brillo o intensidad de la radiación de los puntos de la imagen.
 - También pueden representar temperatura, presión, distancia al observador, etc.

Imagen digital

Definición

Tipos de resoluciones en una imagen digital

- **Resolución espacial** (**muestreo**): número de puntos de la imagen discreta.
- **Resolución espectral**: número de bandas de la imagen discreta.
 - Imagen monocromática: 1 banda.
 - Imagen en color: 3 bandas.
 - Imagen multiespectral: n bandas.
- **Resolución radiométrica** (**cuantización**): número de valores o niveles diferentes que puede tomar en cada banda.
- **Resolución temporal**: intervalo de tiempo entre muestras consecutivas.

Imagen digital

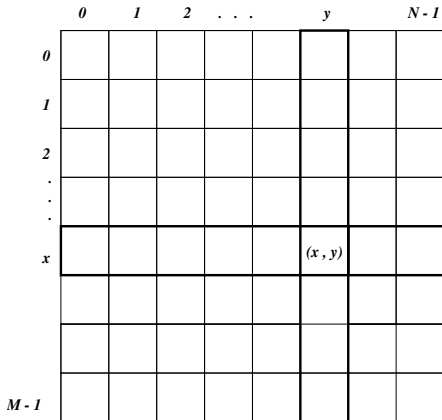
Definición

Definición (Representación de una imagen digital)

- **Matriz** rectangular de M filas y N columnas
- Cada posición (x, y)
 - Representa un **punto** o pixel (picture element) de la imagen.
 - Tiene asociada el nivel de **gris** o los niveles de **color** de dicho punto.

Imagen digital

Definición



Estructura de una imagen digital

Imagen digital

Concepto de imagen digital monocroma

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - **Concepto de imagen digital monocroma**
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Concepto de imagen digital monocroma

Definición (Imagen digital monocroma)

- f : *función bidimensional de intensidad de luz*
- (x, y) : *coordenadas espaciales de un punto de la imagen*
- $f(x, y)$: *valor de la función de intensidad lumínica en el punto (x, y) .*
- *La intensidad lumínica también se denomina **nivel de gris***

Imagen digital

Concepto de imagen digital monocroma

Definición (Intensidad lumínica)

- $f(x, y)$ es una forma de **energía** donde

$$0 < f(x, y) = i(x, y)r(x, y) < \infty$$

- $i(x, y)$: **iluminación** o intensidad de la luz incidente en la imagen

$$0 < i(x, y) < \infty$$

- $r(x, y)$: **reflectancia** o proporción de la luz reflejada por los objetos

$$0 < r(x, y) < 1$$

(0: absorción total; 1: reflectancia total).

Imagen digital

Concepto de imagen digital monocroma

Nota (Niveles de gris)

$$G_{min} \leq f(x, y) = g \leq G_{max}$$

Generalmente

- $G_{min} = 0$ (*negro*)
- $G_{max} = 255$ (*blanco*)

Imagen digital

Muestreo

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - **Muestreo**
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Muestreo

Definición (Resolución espacial, muestreo o **sampling**)

- *Imagen **real**: imagen **continua** con infinitos puntos.*
- *Imagen **digital**: imagen **discreta** con un número finito de puntos.*
- *Conversión **analógico** - **digital**: se recorre la imagen real “fila a fila” y selecciona un número concreto de puntos de cada fila.*
- ***Resolución espacial** de la imagen digital: número de filas (M) y de puntos por cada fila (N).*
- *El **muestreo** genera una matriz o rejilla de $M \times N$ puntos igualmente espaciados que representan la imagen discreta.*

Imagen digital

Muestreo

Muestreo de una imagen digital de $M \times N$ puntos

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & & & \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

- (x, y) : coordenadas espaciales de un punto
- $f(x, y)$: nivel de gris de dicho punto.

Imagen digital

Muestreo



256×256



182×128



64×64



32×32

Imagen con diferentes resoluciones

Imagen digital

Cuantificación

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - **Cuantificación**
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Cuantificación

Definición (Cuantificación de los niveles de gris *quantization*)

- También se denomina *resolución radiométrica*
- Consiste en asignar un valor **discreto** de intensidad luminosa (o nivel de gris) a cada uno de los puntos de la imagen.
- **Rango finito** de niveles de gris: determinado por el **número de bits** utilizados

$$G = 2^b$$

donde b representa el número de bits disponibles para almacenar un valor.

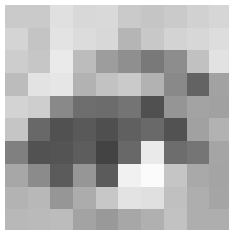
normalmente

$b = 8$ **bits** (1 **byte**), $G = 2^b = 256$ y $g \in [0, G - 1]$

Imagen digital

Cuantificación

Imagen



Niveles de gris

202	202	224	216	217	202	197	202	209	214
212	196	227	220	216	181	200	211	215	22
205	198	234	188	157	143	121	141	193	226
188	227	230	178	194	202	178	137	99	162
211	206	137	110	108	116	80	149	163	161
197	104	81	89	79	96	105	82	161	178
128	82	84	93	67	104	234	109	117	165
167	139	91	150	91	241	251	197	169	164
179	184	150	172	199	227	224	192	174	165
184	186	188	163	153	167	176	194	174	174

Imagen digital

Cuantificación



64 niveles



16 niveles



4 niveles



2 niveles

Imagen con diferentes “cuantificaciones” de los niveles de gris

Imagen digital

Concepto de imagen digital multiespectral

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - **Concepto de imagen digital multiespectral**
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Concepto de imagen digital multispectral

Definición (Imagen digital multispectral)

- **Función vectorial** con tantas componentes como bandas o planos tenga la imagen

$$\vec{f}(x, y) = (f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_n(x, y))$$

- Las **imágenes en color** tienen **tres bandas**, que dependen del **espacio de color**^a.
- El espacio de color más popular es **RGB**

$$\vec{f}(x, y) = (\text{rojo}(x, y), \text{verde}(x, y), \text{azul}(x, y))$$

^aMás adelante se describirán los espacios de color

Imagen digital

Concepto de imagen digital multiespectral

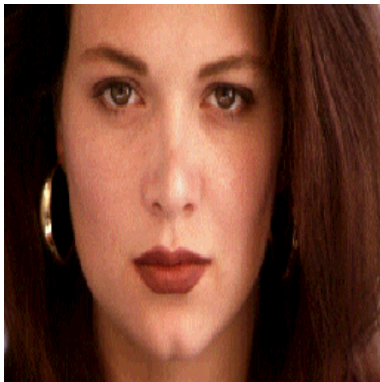


Imagen en color

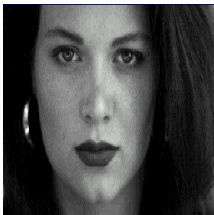
Imagen digital

Concepto de imagen digital multiespectral

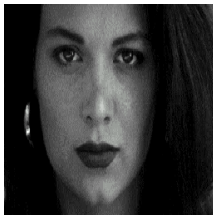
Planos de color de una imagen con formato RGB



Plano rojo



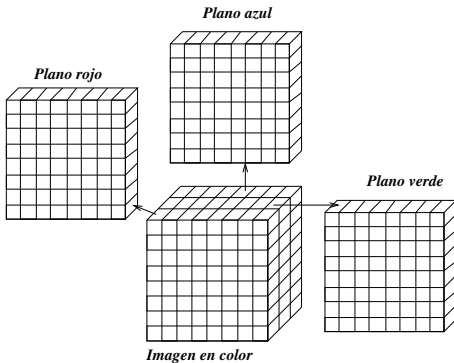
Plano verde



Plano azul

Imagen digital

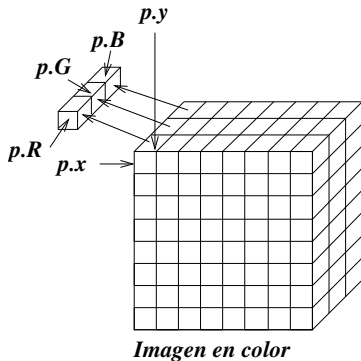
Concepto de imagen digital multiespectral



Estructura de una imagen en color con formato RGB

Imagen digital

Concepto de imagen digital multispectral



Punto o *pixel* de una imagen en color con formato RGB

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - **Vecindad entre puntos de una imagen digital**
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital

Definición (Vecindad entre puntos de una imagen digital)

- Cada punto P establece una **relación de vecindad o adyacencia** con los puntos que le rodean.
- Tipos de vecindad:
 - **Vecindad de orden 4:** sus dos vecinos horizontales y dos vecinos verticales
 - **Vecindad de orden 8:** sus ocho vecinos que lo rodean, dos horizontales, dos verticales y cuatro diagonales
- Los vecinos de orden 4 se denominan $V_4(p)$
- Los cuatro vecinos diagonales se denominan $V_D(p)$.
- **Observacion:** si un punto está en los límites de la imagen, el vecindario se reduce.

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital

	$(x-1, y)$	
$(x, y-1)$	(x, y)	$(x, y+1)$
	$(x+1, y)$	

Vecindad de orden 4

$(x-1, y-1)$	$(x-1, y)$	$(x-1, y+1)$
$(x, y-1)$	(x, y)	$(x, y+1)$
$(x+1, y-1)$	$(x+1, y)$	$(x+1, y+1)$

Vecindad de orden 8

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital

Definición (Conectividad entre puntos)

- *Dos puntos son **conexos** si tienen una determinada **propiedad** con un **valor similar**.*
- *Permite delimitar los **contornos** de los objetos*
- **Tipos de conectividad**
 - *Conectividad por **distancia**: dos puntos P y Q son conexos si la distancia entre ellos es menor que un determinado valor.*
 - *Conectividad por **vecindad** y **similitud**: dos puntos P y Q son conexos si*
 - *Poseen una relación de vecindad de orden 4 u 8*
 - *Poseen unas características similares (intensidad, color, textura, etc.)*

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital

Definición (Distancia entre puntos de una imagen digital)

- **D** es una función de **distancia** si:

$$\left\{ \begin{array}{l} D(P_1, P_2) \geq 0 \quad (D(P_1, P_2) = 0 \iff p_1 = p_2) \\ D(P_1, P_2) = D(P_2, P_1) \\ D(P_1, P_3) \leq D(P_1, P_2) + D(P_2, P_3) \end{array} \right.$$

donde P_1, P_2 y P_3 son tres puntos de la imagen.

Imagen digital

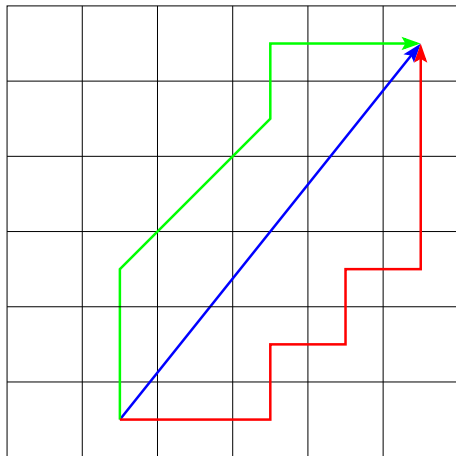
Vecindad entre puntos de una imagen digital

Tipos de distancias

- **Euclídea** (distancia D_2):
Distancia en línea recta entre dos puntos.
- **Manhattan** o de **la ciudad de los bloques** (distancia D_4 o D_1).
Representa el número mínimo de pasos en dirección vertical u horizontal necesarios para ir desde un punto P_1 hasta otro P_2 .
- **Tablero de ajedrez** o de **Tchebychev** (Distancia D_8 o D_∞).
Permite movimientos diagonales, además de los verticales y horizontales.

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital



Distancia euclídea

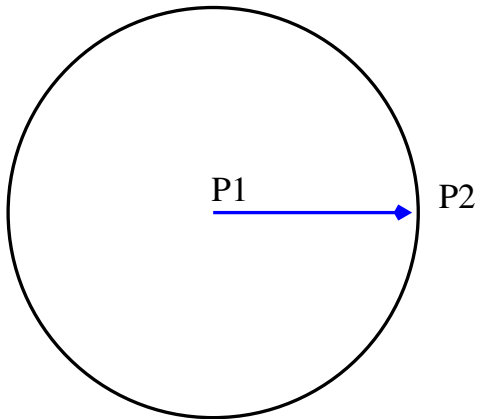
Distancia de Manhattan

Distancia del tablero de ajedrez

Distancias entre dos puntos

Imagen digital

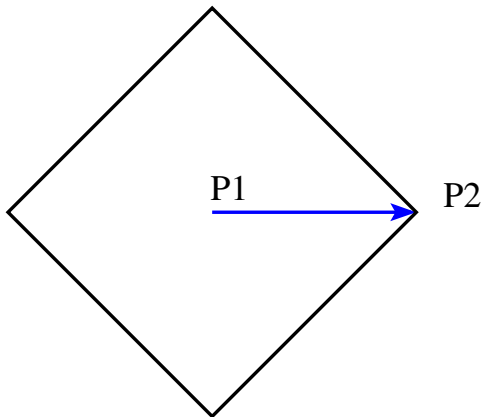
Vecindad entre puntos de una imagen digital



$$\text{Distancia euclídea: } D_2(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Imagen digital

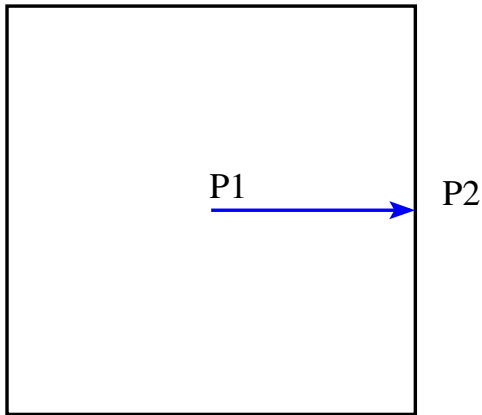
Vecindad entre puntos de una imagen digital



Distancia de Manhattan: $D_1(p_1, p_2) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$

Imagen digital

Vecindad entre puntos de una imagen digital



Distancia del tablero de ajedrez: $D_{\infty}(p_1, p_2) = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$

Imagen digital

Convolución digital

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - **Convolución digital**
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Convolución digital

Definición (Máscara digital)

- También denominada *ventana, filtro o plantilla*
- **Características**
 - **Matriz** que representa una imagen digital de tamaño reducido y rectangular (generalmente, cuadrada)
 - **Coefficientes:** valores de los puntos que la máscara
 - **Dimensión:** producto del número de filas por el de columnas

Imagen digital

Convolución digital

$w1$	$w2$	$w3$
$w4$	$w5$	$w6$
$w7$	$w8$	$w9$

Ejemplo de máscara de dimensión 3×3

Imagen digital

Convolución digital

Definición (Convolución digital)

- Se **superpone** la *máscara* sobre cada *vecindario* de cada punto
- Y se realiza la siguiente *operación aritmética*:

$$C = \sum_{i=1}^9 (z_i * w_i) = z_1 * w_1 + z_2 * w_2 + \dots + z_9 * w_9$$

- El *resultado* se **asigna** al *punto central* del vecindario.

Imagen digital

Convolución digital

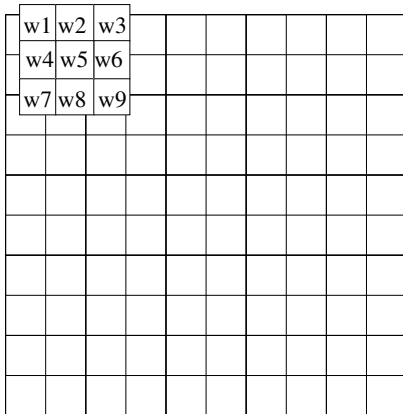
		$z1$	$z2$	$z3$		
		$z4$	$z5$	$z6$		
		$z7$	$z8$	$z9$		

$w1$	$w2$	$w3$
$w4$	$w5$	$w6$
$w7$	$w8$	$w9$

Vecindario al que se aplicará una máscara de convolución.

Imagen digital

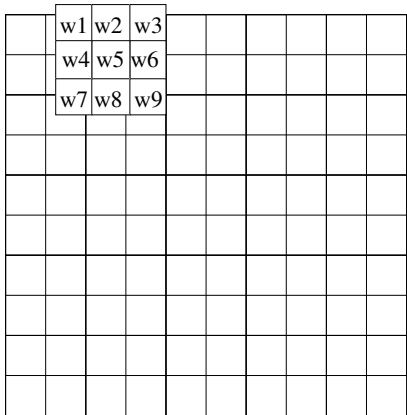
Convolución digital



Paso 1 de una convolución

Imagen digital

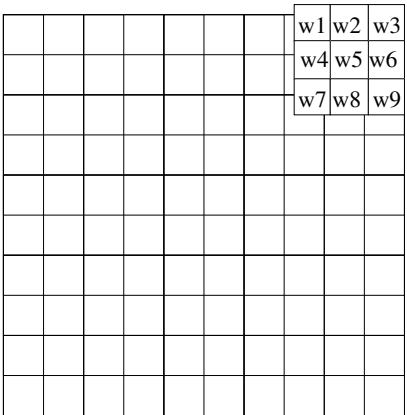
Convolución digital



Paso 2 de una convolución

Imagen digital

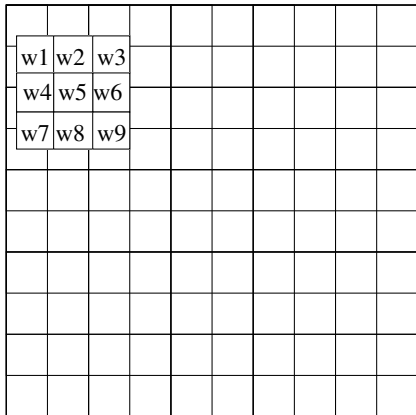
Convolución digital



Paso n de una convolución

Imagen digital

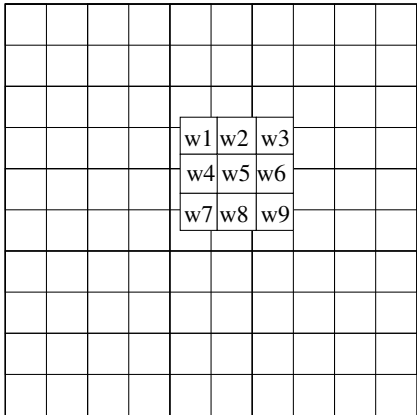
Convolución digital



Paso fila de una convolución

Imagen digital

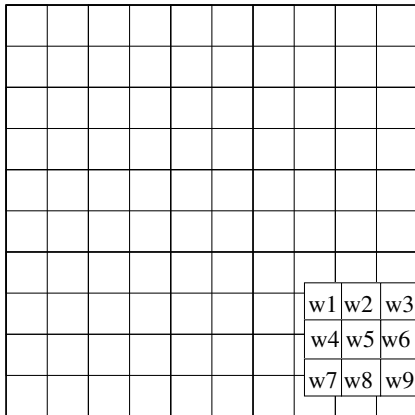
Convolución digital



Paso medio de una convolución

Imagen digital

Convolución digital



Paso final de una convolución

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multispectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - **Histograma de niveles de gris**
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

Definición (Histograma de los niveles de gris)

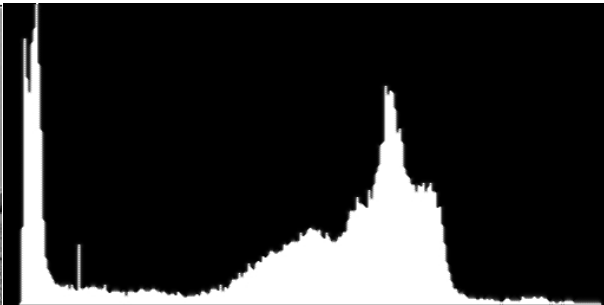
- Eje de *abscisas*: posibles *niveles de gris* de la imagen
- Eje de *ordenadas*: número de puntos que tienen un determinado nivel de gris (*frecuencia absoluta*)

Imagen digital

Histograma de niveles de gris



(a) Cameraman



(b) Histograma

(Umbaugh 2011)

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

Nota (Histograma de los niveles de gris “normalizado”)

Se suele *normalizar* el histograma entre 0 y 1 dividiendo la frecuencia absoluta de cada nivel de gris entre el número total de puntos de la imagen, con lo que se obtiene la *frecuencia relativa*.

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

Definición (Histograma “normalizado” de niveles de gris)

$$h(g) = \frac{n_g}{n}$$

donde

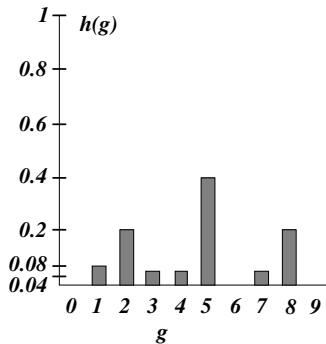
- **G**: número máximo de niveles de gris (generalmente, 256).
- **g** $\in [0, G - 1]$: nivel de gris (0: negro, $G - 1$: blanco)
- **I**: imagen de $n = M \times N$ puntos
- **f(x, y)**: nivel de gris en el punto $(x, y) \in I$.
- **n_g**: número de puntos de la imagen que tienen un nivel de gris igual a g .

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

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

(a) Imagen



(b) Histograma normalizado

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

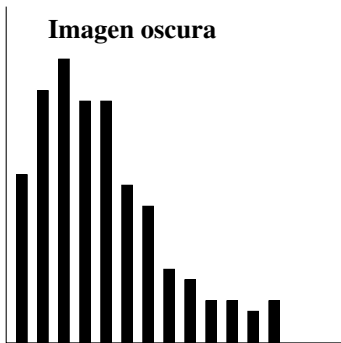
Histograma: análisis

- Permite **analizar** la imagen utilizando la **distribución** de los niveles de gris.
- Distribución **acumulada** en valores cercanos al nivel gris
 - 0: imagen oscura.
 - $G - 1$: imagen con luminosidad
- **Contraste**: rango de valores del historigrama
 - Grande: imagen con un contraste alto
 - Pequeño: imagen con poco contraste
- **Número de objetos**: número de máximo locales (acumulaciones).

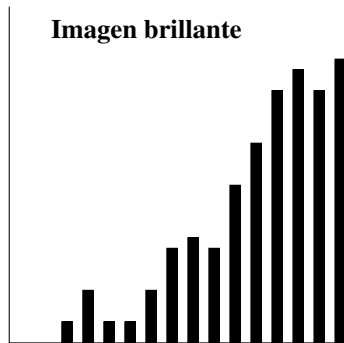
Imagen digital

Histograma de niveles de gris

Histogramas



(a) Imagen oscura



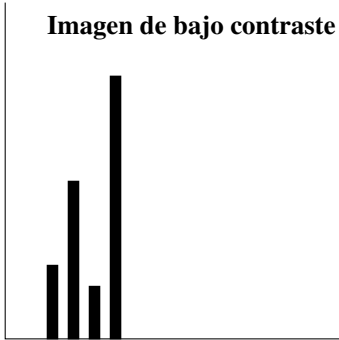
(b) Imagen brillante

Imagen digital

Histograma de niveles de gris

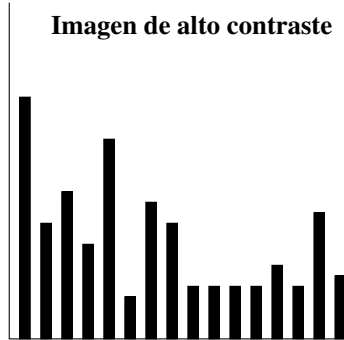
Histogramas

Imagen de bajo contraste



(a) Contraste bajo

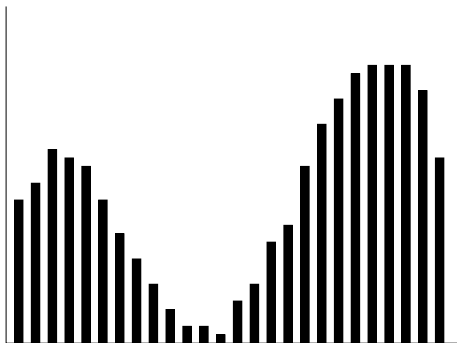
Imagen de alto contraste



(b) Contraste alto

Imagen digital

Histograma de niveles de gris



Histograma de una imagen con un objeto diferenciado del fondo

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multiespectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen

Definición (Operaciones sobre los puntos de la imagen)

- **Operaciones puntuales:** *se modifica el nivel de gris de un punto teniendo en cuenta **sólo** su nivel de gris*
- **Operaciones locales:** *se modifica el nivel de gris de un punto teniendo en cuenta su nivel de gris y el de sus vecinos.*

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen

Ejemplo (Operación puntual)

Conversión de una imagen de entrada $f(x,y)$ en otra $g(x,y)$:

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

donde F es la función de transformación.

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen

Operaciones “lineales”

- Lineal:

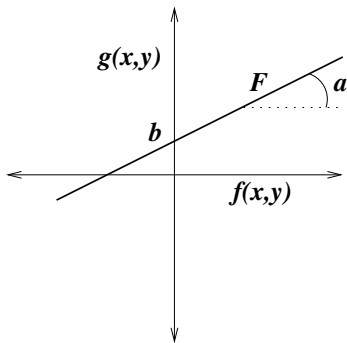
$$g(x, y) = F[f(x, y)] = a \times f(x, y) + b$$

donde

- **f(x, y)**: nivel de gris de los puntos de la imagen de entrada
- **g(x, y)**: nivel de gris de salida
- **a**: pendiente de la función lineal
- **b**: punto de corte con el eje de ordenadas de la función **F**

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen



Función lineal

Imagen digital

Operaciones sobre los puntos de la imagen

Tipos de operaciones puntuales "lineales"

- Si $a = 1$ y $b = 0$ entonces $g(x, y) = f(x, y)$ (identidad).
- Si $a = 1$ y $b \neq 0$, el nivel de gris se **incrementa** en b unidades.
- Si $a > 1$, se produce un **incremento del contraste**.
- Si $0 < a < 1$, se **reduce el contraste**.
- Si $a < 0$, los niveles oscuros se **convierten** en claros y viceversa.

Imagen digital

Operaciones algebraicas

- 1 Imagen digital
 - Introducción
 - Definición
 - Concepto de imagen digital monocroma
 - Muestreo
 - Cuantificación
 - Concepto de imagen digital multispectral
 - Vecindad entre puntos de una imagen digital
 - Convolución digital
 - Histograma de niveles de gris
 - Operaciones sobre los puntos de la imagen
 - Operaciones algebraicas

Imagen digital

Operaciones algebraicas

Definición (Operaciones algebraicas sobre imágenes)

- **Suma:** $h(x, y) = f(x, y) + g(x, y)$
- **Resta:** $h(x, y) = f(x, y) - g(x, y)$
- **Multiplicación punto a punto:** $h(x, y) = f(x, y)g(x, y)$
- **División punto a punto:** $h(x, y) = \frac{f(x, y)}{g(x, y)}$

Imagen digital

Operaciones algebraicas

3	2	4
6	1	2
3	7	2

 $+$

3	6	3
5	7	1
2	0	4

 $=$

6	8	7
11	8	3
5	7	6

Función algebraica: suma

Imagen digital

Operaciones algebraicas

3	2	4
6	1	2
3	7	2

 $-$

3	6	3
5	7	1
2	0	4

 $=$

0	-4	1
1	-6	1
1	7	-2

Función algebraica: resta

Imagen digital

Operaciones algebraicas

<i>3</i>	<i>2</i>	<i>4</i>
<i>6</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	<i>7</i>	<i>2</i>

 \times

<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

 $=$

<i>3</i>	<i>2</i>	<i>0</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

Función algebraica: multiplicación “punto a punto”

Imagen digital

Operaciones algebraicas

3	2	4
6	1	2
3	7	2

 /

3	2	4
1	1	1
1	1	1

 =

1	1	1
6	1	2
3	7	2

Función algebraica: división "punto a punto"

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial

Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Universidad de Córdoba