Curso de Procesamiento Digital de Imágenes

Impartido por: Elena Martínez
Departamento de Ciencias de la Computación
IIMAS, UNAM, cubículo 408

http://pcic.iimas.unam.mx/~elena/Teaching/PDI-Mast.html

elena.martinez@iimas.unam.mx

2. Fundamentos de la imagen digital

a) Elementos de percepción visual.
b) La luz y el espectro electromagnético.
c) Sensado y adquisición de imágenes.
d) Mestreo y cuantización de imágenes.
e) Algunas relaciones básicas entre pixeles.
f) Operaciones lineales y no lineales.

Algunas relaciones básicas entre pixeles

- Definiciones:

  - $f(x,y)$: imagen digital
  - q, p : pixeles
  - S : un subconjunto de pixeles de $f(x,y)$

Vecindades de un pixel

- Un pixel *p* de coordenadas *(x,y)* tiene 2 vecinos *horizontales* y 2 vecinos *verticales* cuyas coordenadas están dadas por:

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

Este conjunto se llama: *4-vecindad* de *p* y se denota como $N_4(p)$. Cada pixel está a una distancia de la unidad de *(x,y)*. Algunos de los vecinos de *p* caen *fuera* de la imagen digital si *(x,y)* está en el *borde* de la imagen.

Vecindades de un pixel

- Un pixel *p* de coordenadas *(x,y)* tiene 4 vecinos *diagonales* cuyas coordenadas están dadas por:

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

Este conjunto se denota como $N_D(p)$. A estos puntos junto con los *4-vecindad*, se les llaman *8-vecindad* de *p* y se denotan como $N_8(p)$. De la misma manera algunos de los puntos $N_D(p)$ y $N_8(p)$ caen *fuera* de la imagen digital sí *(x,y)* está en el *borde* de la imagen.

Adyacencia, Conectividad, Regiones y Bordes o Fronteras

- La *conectividad* entre pixeles es un concepto fundamental que simplifica la definición de numerosos conceptos en PDI, como por ejemplo *regiones* y *bordes o fronteras* entre objetos.

- Para establecer si dos pixeles están conectados, se debe determinar si son *vecinos* y si sus niveles de gris satisfacen alguna condición especificada como un *criterio de similaridad* (por ejemplo si son iguales).

Adyacencia

- Sea *V* el conjunto de valores de niveles de gris utilizados para definir la *adyacencia*. Existen tres tipos de adyacencia:

✓ *4-adyacencia*. Dos pixeles *p* y *q* con valores en *V* son *4-adyacentes* si *q* está en el conjunto $N_4(p)$.

✓ *8-adyacencia*. Dos pixeles *p* y *q* con valores en *V* son *8-adyacentes* si *q* está en el conjunto $N_8(p)$.

Adyacencia

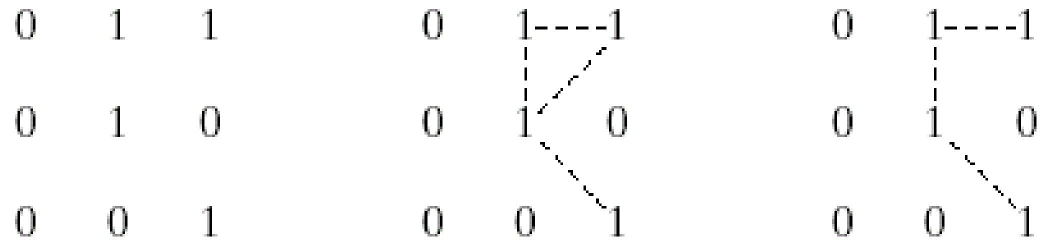
✓ *m-adyacencia* (adyacencias mixtas). Dos pixeles *p* y *q* con valores en *V* son *m-adyacentes* si

- *q* está en el conjunto $N_4(p)$ o
- *q* está en el conjunto $N_D(p)$ y el conjunto $N_4(p) \cap N_4(q)$ no tiene pixeles cuyos valores son de *V*.

Las adyacencias mixtas son una modificación de *8-adyacencia* y se introducen para eliminar ambigüedades que ocurren con frecuencia cuando éstas se utilizan.

Adyacencia

Considere el arreglo de pixeles de la figura para V={1} en (a). Los tres pixeles de arriba muestran una múltiple *8-adyacencia* en (b) como se indica con las líneas punteadas. Esta ambigüedad se elimina utilizando *m-adyacencias* como se muestra en la figura (c).



a b c

FIGURE 2.26 (a) Arrangement of pixels; (b) pixels that are 8-adjacent (shown dashed) to the center pixel; (c) *m*-adjacency.

Rutas (paths)

- Una ruta (curva) de un pixel *p* con coordenadas (x,y) a otro pixel *q* con coordenadas (s,t) es una secuencia de pixeles distintios con coordenadas:

  - $(x_0,y_0), \ (x_1,y_1), \ldots, (x_n,y_n)$
  - donde $(x_0,y_0)=(x,y)$, $(x_n,y_n)=(s,t)$, y (x_i,y_i) es adyacente a (x_{i-1},y_{i-1}) , para $1 \leq i \leq n$; donde ***n*** es el tamaño de la ruta.

- Si $(x_0,y_0) = (x_n,y_n)$ la ruta es *cerrada*.

Rutas (paths)

- Se pueden definir: *4-, 8-, m-rutas* dependiendo del tipo de aydacencia a ser especificada.

- Si p, $q \in S$, entonces q está conectado a p en S, si hay una ruta de p a q que consiste enteramente en pixeles contenidos en S.

Conectividad

- Para cualquier pixel *p* en *S*, al conjunto de pixeles en *S* que están conectados a *p*, se le llama *componente conexo* de *S*.

- Si *S* sólo tiene un componente conexo entonces *S* se llama *conjunto conexo*.

Bordes o Fronteras

- Sea *R* un subconjunto de pixeles en una imagen. Se llama a *R* una *región*, si *R* es un *conjunto conexo*.

- Una *frontera* (boundary, contorno) de una región *R*, es un conjunto de pixeles en la región que tienen por lo menos *un vecino* (o más) que no está en *R*.

- Un *borde* (edge) puede ser una región bordeada (en imágenes binarias).

Bordes o Fronteras

- La diferencia entre *frontera* (border, boundary) y *borde* (edge) es importante:

- La *frontera* (boundary) de una región finita forma una ruta *cerrarda* y es un concepto "global".

- El *borde* (edge) se forma con los valores de derivadas de pixeles que exceden un cierto umbral, la idea de borde es un concepto "local".

Medidas de Distancia

- Para pixeles p, q y z, con coordenadas (x,y), (s,t), y (v,w), respectivamente, D es una *función de distancia* o *métrica* si:

(a) $D(p,q) \geq 0 \qquad (D(p,q)=0 \ \text{iff} \ \ p=q)$
(b) $D(p,q) = D(q,p)$, y
(c) $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$

Distancia Euclideana

- La *distancia Euclideana* entre *p* y *q* está definida como:

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

Los pixeles que tienen distancia menor o igual a algún valor *r* de *(x,y)* son puntos que están contenidos en un disco de *radio r* centrado en *(x,y)*.

Distancia City-block

- La *distancia City-block* (distancia D_4) entre p y q está definida como:

$$D_4(p,q) = |\, x-s \,| + |\, y-t \,|$$

Los pixeles que tienen distancia D_4 de (x,y) menor o igual a algún valor r del diamante centrado en (x,y).

Distancia City-block

- Por ejemplo, los pixeles con distancia $D_4 \leq 2$ desde *(x,y)* (punto central) forman el siguiente contorno de distancias constantes:

		2		
	2	1	2	
2	1	0	1	2
	2	1	2	
		2		

$D_4 = 1$ son *4-vecinos* de *p*

Distancia Chessboard

- La *distancia Chessboard* (distancia D_8) entre p y q está definida como:

$$D_8(p,q)=max\ (\ |\ x-s\ |\ ,\ |\ y-t\ |\ )$$

Los pixeles que tienen distancia D_8 de (x,y) menor o igual a algún valor r del cuadrado centrado en (x,y).

Distancia Chessboard

- Por ejemplo, los pixeles con distancia $D_8 \leq 2$ desde *(x,y)* (punto central) forman el siguiente contorno de distancias constantes:

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

$D_8 = 1$ son *8-vecinos* de *p*

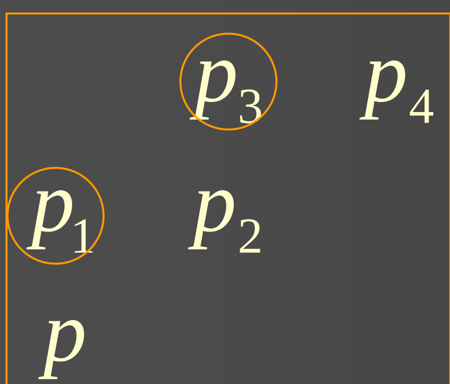
Medidas de Distancia

- Las distancias D_4 y D_8 entre pixeles *p* y *q* son independientes de cualquier ruta que exista entre esos puntos porque estas distancias involucran sólo las coordenadas de los puntos (sin importar si existe o no una ruta de conexión entre ellos).

- Sin embargo, para la *m-conectividad* el valor de la distancia (tamaño de la ruta) entre dos pixeles *depende* de los valores de los pixeles a lo largo de la ruta así como el de sus vecinos.

Medidas de Distancia

Asuma que p, p_2, y p_4 =1; p_1, p_3 = 0 o 1. Vamos a considerar adyacencia 1 (V={1}, solo se conectan si son =1).



- p_1 y p_3 es = 0, y el tamaño de la ruta, *m-distancia* entre p y p_4 es 2, (pp_2p_4).
- Si ya que sea p_1 o p_3 es = 1, la distancia es 3, ($pp_1p_2p_4$) o ($pp_2p_3p_4$)
- Si ambos p_1 y p_3 son 1, la distancia es 4, ($pp_1p_2p_3p_4$)

Operaciones entre imágenes en base a pixeles

Más adelante haremos múltiples referencias a operaciones entre imágenes. Las imágenes se representan como matrices.

Por ejemplo: La división no está definida para matrices, sin embargo "dividir una imagen entre otra" significa dividir elemento por elemento entre las imágenes. Si f y g son imágenes el primer elemento de la imagen resultado será dividir los primeros elementos f entre g asuminedo que $g \neq 0$. Se les llama operaciones de "*pixel a pixel*". Se definen de igual manera otras operaciones aritméticas o lógicas.

2. Fundamentos de la imagen digital

a) Elementos de percepción visual.
b) La luz y el espectro electromagnético.
c) Sensado y adquisición de imágenes.
d) Mestreo y cuantización de imágenes.
e) Algunas relaciones básicas entre pixeles.
f) Operaciones lineales y no lineales.

Operaciones lineales y no-lineales

- Sea *H* un operador cuya entrada y salida son imágenes. Se dice que *H* es un operador *lineal* si para cualesquiera dos imágenes *f* y *g* y cualesquiera dos escalares **a** y **b**,

$$H(\mathbf{a}f + \mathbf{b}g) = \mathbf{a}\,H(f) + \mathbf{b}\,H(g)$$

- Un operador cuya función es calcular la suma de *K* imágenes es *lineal*. Un operador que calcula el valor absoluto de las diferencias de dos imágenes es *no-lineal*.

Operaciones lineales y no-lineales

- Los *operadores lineales* son de excepcional importancia en el PDI porque están basados en un conjunto teórico y práctico bien conocidos. Mientras que los *operadores no-lineales* a veces ofrecen mejores resultados, no son siempre predecibles, y la mayoría de ellos no están entendidos bien teóricamente.

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS)

http://pcic.iimas.unam.mx/~elena/Teaching/PDI-Mast.html