

Recuperación de Información Multimedia



Índice

- Recuperación de Imágenes
- Modelado del Color
- Recuperación mediante Color
- Modelado de la Forma
- Recuperación mediante Forma
- Modelado de la Textura
- Recuperación mediante Textura
- Modelado de las Relaciones Espaciales
- Recuperación mediante Relaciones Espaciales



Recuperación de Imágenes



Recuperación

El avance de la tecnología multimedia en los últimos años ha favorecido el aumento de información visual

El **valor real** de este tipo de información depende directamente de la **facilidad con la cual se pueda recuperar** aquella información que se necesite en cada momento



Dominios de Aplicación

Medicina



Periodismo



Logotipos



Arte



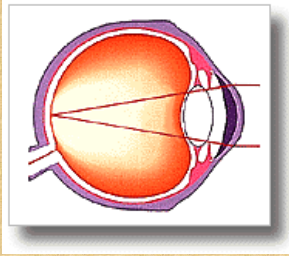
Modelado del Color

EL Color es la propiedad visual más destacada de una imagen



Fisiología

El color es el efecto principal que se percibe cuando una onda electromagnética incide sobre **los conos y bastones** del sistema de visión humano



Color

7

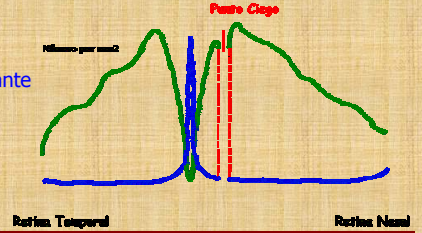
Conos vs Bastones

CONOS (6-7 millones): Muy sensibles al color, sirven para apreciar detalles finos de la escena

BASTONES (75-150 millones): Sensibles a niveles de iluminación bajos, sirven para una visión general de la escena

Visión Fotópica
Visión de Luz Brillante

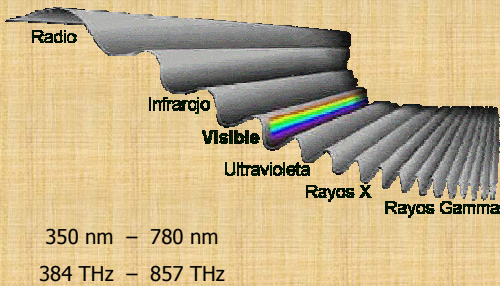
Visión Escotópica
Visión de Tenua



Color

8

Rango de Visión



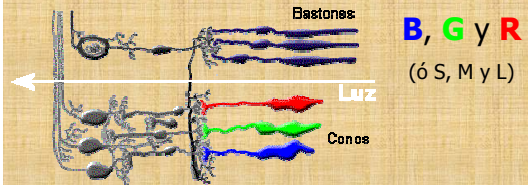
Color

9

Tipos de Conos

En la retina humana, los conos son los responsables de la percepción del color

En la retina existen **tres tipos de conos** denominados

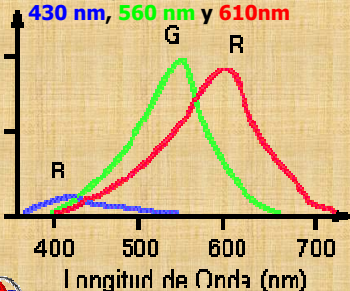


Color

10

Sensibilidad de los Conos

Los **picos de sensibilidad** de los conos B, G y R se localizan para un observador humano promedio en los **430 nm, 560 nm y 610 nm**



Muchas especies de animales tienen más o menos conos



Color

11

Modelos de Color

Los modelos de color se introducen para dotar al color de una **representación numérica**

Representan los estímulos de color como puntos de un **espacio tridimensional**

En 1931 la "Commission Internationale de l'Éclairage" definió un modelo que permite representar todos los colores mediante síntesis aditiva de tres fuentes primarias

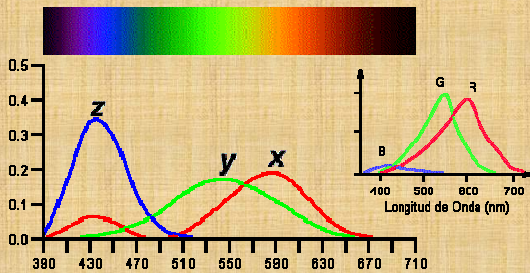


Color

12

Modelo CIE XYZ

Fuentes primarias recomendadas (Triestímulos):
 $P_x=600.0$ nm $P_y=546.1$ nm $P_z=435.8$ nm



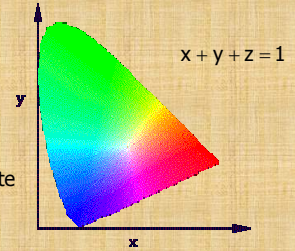
Color

13

Diagrama de Cromaticidad

Si se normalizan los triestímulos

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



Cada color realizable se puede representar mediante un punto en el plano

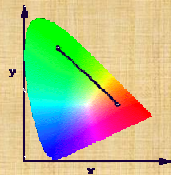


Color

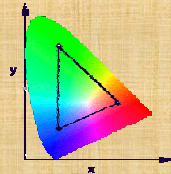
14

Propiedades

Dados **dos** colores primarios, la gama de colores que pueden generar se encuentran en el **segmento** que une esos colores primarios



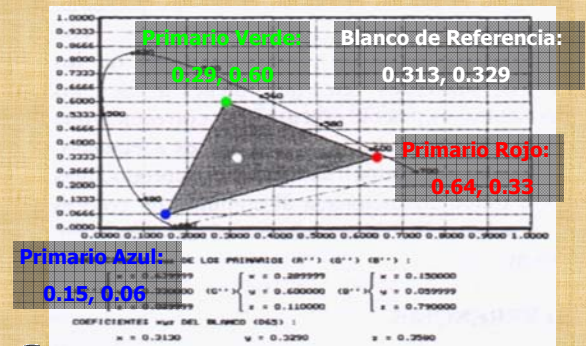
Dados **tres** colores primarios, la gama de colores que pueden generar se encuentra en el **triángulo** cuyos vértices son esos colores primarios



Color

15

Sistema PAL para TV



Color

16

Modelos OH

Los **modelos de color orientados al hardware** están basados en la fisiología de la retina humana

Colores Primarios: Se definen como los correspondientes a la respuesta máxima de los conos del ojo a estímulos monocromáticos puros (o combinaciones lineales de estos)

Gama de colores: Se obtienen mediante la suma de los colores primarios (primarios aditivos)

Son los modelos que se emplean en los dispositivos hardware



Color

17

RGB

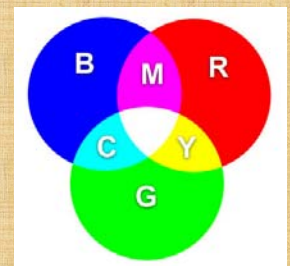
Modelo Aditivo

Rojo, Verde, Azul

$$X = 0.490R + 0.310G + 0.200B$$

$$Y = 0.177R + 0.813G + 0.010B$$

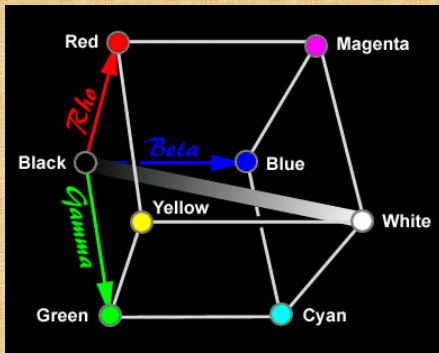
$$Z = 0.000R + 0.010G + 0.990B$$



Color

18

RGB



CMY

Modelo Sustractivo

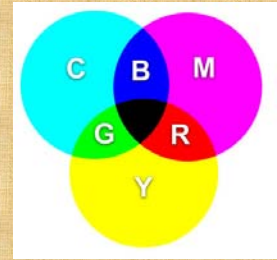
Cián, Magenta, Amarillo

CMYK=CMY+Negro

$$C = 1 - R$$

$$M = 1 - G$$

$$Y = 1 - B$$



YIQ

Estándar de las emisiones de Televisión

Luminancia, Fase, Cuadratura

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$I = 0.596R - 0.275G - 0.321B$$

$$Q = 0.212R - 0.523G + 0.311B$$



Otros Modelos OH

Se trata de combinaciones lineales del modelo RGB

$$I1 = \frac{R + G + B}{3}$$

$$I1 = \frac{R + G + B}{3}$$

$$I2 = \frac{R - B}{2}$$

$$I2 = R - B$$

$$I3 = \frac{2G - R - B}{4}$$

$$I3 = \frac{2G - R - B}{2}$$



Modelos OU

Los **modelos de color orientados al usuario** están basados en la percepción de los colores

Modelos no uniformes: Separan la luminancia del resto de componentes; sus componentes derivan de combinaciones, lineales o no, del modelo RGB o el modelo CIE XYZ (Ejemplo: HLS, HSV, HSB)

Modelos de color uniformes: La diferencia de color percibida por un observador humano se puede aproximar por la distancia euclídea entre dos puntos en el espacio de color (Ejemplos: MTM, $L^*u^*v^*$, $L^*a^*b^*$, $L^*C^*h^*$)



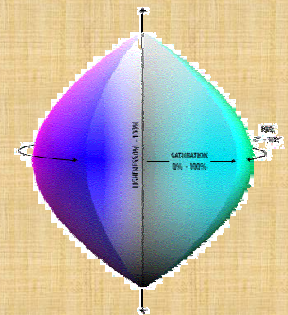
HLS

Tono, Intensidad, Saturación

$$H = \arctan \left[\frac{3^{1/3}(G - B)}{(R - G) + (R - B)} \right]$$

$$L = R + G + B$$

$$S = 1 - \left(\frac{\min(R, G, B)}{R + G + B} \right)$$



HSV

Tono, Saturación, Valor

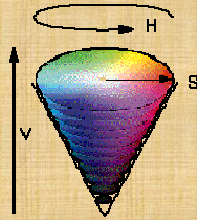
$$H = 180 \frac{0.5(R - G) + (R - B)}{\left((R - G)^2 + (R - B)(G - B)\right)^{1/2}}$$

$$H = \text{no definido} \quad \text{si } S = 0$$

$$H = 360 - H \quad \text{si } B > G$$

$$S = 1 - \frac{3 \min(R, G, B)}{R + G + B}$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}$$

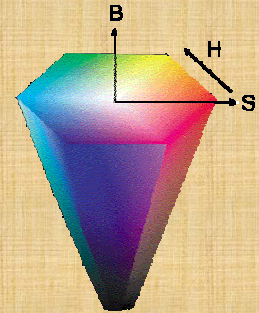


Color

25

HSB

Tono, Saturación, Brillo



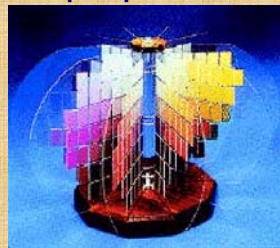
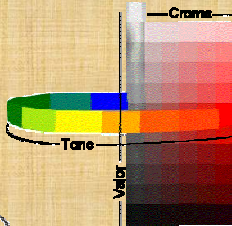
Color

26

Modelo Munsell

Es un esquema de organización perceptual uniforme

Es uno de los primeros intentos de organizar la observación del color



550 Colores

11 Niveles de Gris



Color

27

L*u*v*

Recomendado por la CIE para cuantificar diferencias de color en monitores en condiciones de **fuentes de iluminación aditivas**

$$L^* = 116 \left[\frac{Y}{Y_0} \right]^{1/3} - 16 \quad \text{para } \frac{Y}{Y_0} > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \left[\frac{Y}{Y_0} \right] \quad \text{para } \frac{Y}{Y_0} \leq 0.008856$$

$$u^* = 13L^* (u' - u'_0) \quad \text{donde } u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}$$

$$v^* = 13L^* (v' - v'_0) \quad \text{donde } v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

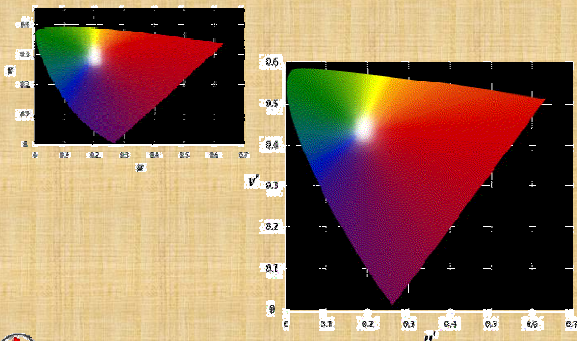
Y_0, u'_0, v'_0 son Y, u', v' para la referencia del blanco



Color

28

L*u*v*



Color

29

L*a*b*

Recomendado por la CIE para cuantificar diferencias de color en condiciones de **fuentes de iluminación próximas a la luz solar**

$$L^* = 116 \left[\frac{Y}{Y_0} \right]^{1/3} - 16 \quad \text{para } \frac{Y}{Y_0} > 0.008856$$

$$L^* = 903.3 \left[\frac{Y}{Y_0} \right] \quad \text{para } \frac{Y}{Y_0} \leq 0.008856$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_0}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) \right] \quad \left. \begin{array}{l} a^* \\ b^* \end{array} \right\} f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{para } t > 0.008856 \\ 7.787t + \frac{16}{116} & \text{para } t \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right]$$

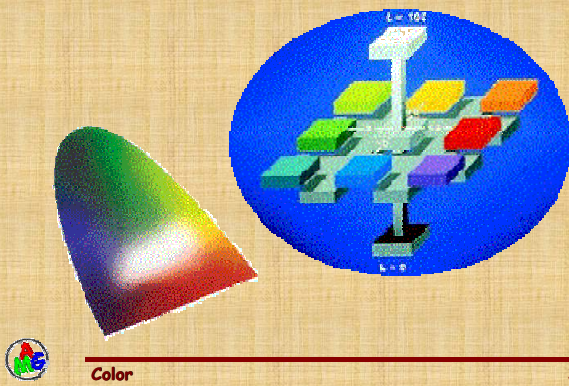
X_0, Y_0, Z_0 son X, Y, Z para la referencia del blanco



Color

30

L*a*b*



Color

31

Representación del Color

Una vez elegido el modelo de color que se va a utilizar, el siguiente paso es obtener una **propiedad que describa el contenido** en color de las imágenes

Modelo RGB con 256 niveles por banda \Rightarrow **16.777.216** colores diferentes

¿Cómo construir una representación manejable estadísticamente?



Color

32

Cuantización

División del espacio de color en colores representativos

Debe ser suficientemente fina como para poder distinguir **suficientes** colores

19000



256



16



Color

33

Realización de la Cuantización

La elección del **número y valor** de los colores representativos afecta a la **percepción de la similitud** en las imágenes

Espacios de color no uniformes (RGB, HSV, ...):
Cuantización **no uniforme** realizada de forma heurística

Espacios de color uniformes ($L^*u^*v^*$, $L^*a^*b^*$, ...):
Cuantización **uniforme** realizada mediante clusterización



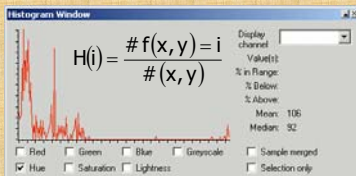
Color

34

Histograma

Es la forma usual de representar los colores

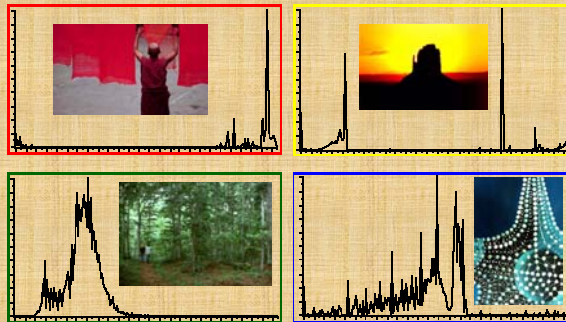
Una vez elegido el número de colores n , el histograma de una imagen es un **vector H de dimensión n**, tal que **H(i)** representa la **fracción de píxeles de color i** presentes en la imagen



Color

35

Histograma



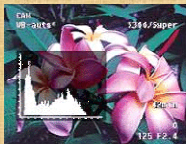
Color

36

Ventajas / Problemas

Es la forma más habitual de **describir propiedades de bajo nivel** asociadas al color de las imágenes

Su cálculo es trivial



Insensible a rotaciones, zoom y cambios de resolución

Sensible a cambios de iluminación



Color

37

Conjuntos de Colores

Los conjuntos de colores introducen una **representación simplificada del histograma**

El contenido de la imagen se representa mediante un **vector binario** cuyos valores (1 ó 0) corresponden a la **presencia significativa o no**, respectivamente, de un color

Los colores que forman el conjunto de color se toman de un **diccionario de nombres asociados a los colores básicos** (asociar nombres a colores permite crear imágenes mentales)



Color

38

Colores Básicos

Su aplicación no debe estar restringida a clases de objetos muy específicas (color oliva no es un color válido)

Su significado no debe ser predecible a partir del significado de una parte del objeto (color de las hojas no es un color válido)

Su significado no puede estar incluido en otro color (color verdoso no es un color válido)

Deben destacar psicológicamente



Color

39

Nombres de Colores

Problema fundamental: Buscar colores básicos que sean iguales para todas las lenguas y culturas

Berlin y Kay (basados en las cartas de color de Munsell)

Blanco Negro Gris Rojo Verde Azul
Amarillo Marrón Rosa Morado Naranja

Se usa una función Gaussiana para aproximar las funciones de pertenencia de un estímulo de color a un color básico



Color

40

Color Local

La descripción de las **características cromáticas locales** de una imagen tiene como objetivo poder distinguir zonas con contenidos cromáticos diferentes en la imagen

Partición uniforme de la imagen

Partición adaptativa de la imagen (segmentación)



Color

41

Partición Uniforme

La posibilidad más simple es subdividir la imagen en un **número prefijado de bloques** y describir el contenido global de cada uno de esos bloques

Si los bloques son **pequeños** las regiones con colores uniformes resultan muy subdividas

Si los bloques son **grandes** varias regiones con colores uniformes pueden estar dentro de un bloque



Color

42

Segmentación

Por segmentación de una imagen se entiende su **particionamiento en regiones disjuntas** que sean uniformes respecto a alguna característica (por ejemplo, el color)

En general es un proceso difícil



Descripción de Regiones

Una vez segmentada la imagen, cada región individual puede ser descrita mediante los siguientes **atributos**:

Baricentro, Área, Color Medio

Cada región queda descrita por un vector de dimensión 6



Recuperación mediante Color



Búsqueda de Similitud

El problema fundamental es diseñar **métodos de búsqueda rápidos** que sean capaces de localizar objetos, **exacta o aproximadamente**, similares a una consulta dada

Proporciona una medida de la distancia entre los objetos de la base de datos

La medida de distancia debe estar relacionada con la **percepción de similitud humana**



Consideraciones Geométricas

Resultado Experimental: El modelo de color de los triestímulos XYZ puede considerarse como un espacio de Riemann con métrica

$$d^2 = \sum_{i,j=1}^3 c_{ij} dX_i dY_j$$

donde los c_{ij} **corresponden a la percepción humana de la diferencia** entre los colores X_i y X_j (dX_i (diferencias pequeñas))



Uniformidad Perceptual

Si los c_{ij} **son constantes** a lo largo del espacio de color



El espacio de color se puede considerar como un **espacio Euclídeo**



La distancia entre dos colores será proporcional a la distancia entre ellos

El espacio de los triestímulos XYZ no verifica la uniformidad perceptual



Distancia entre Colores

Las transformaciones que definen **los modelos $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$ aproximan un espacio de Riemann a un espacio Euclídeo** (verifican la uniformidad perceptual)

$$\begin{aligned} (\Delta S)^2 &= (\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2 \\ (\Delta S)^2 &= (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \end{aligned}$$

Las aproximaciones matemáticas utilizadas introducen desviaciones en algunas regiones del espacio de color



Propiedades de la Distancia

Si d es una medida de distancia y s_1, s_2 y s_3 son tres estímulos genéricos en un espacio de color perceptual

- Autosimilaridad:** $d(s_1, s_1) = d(s_2, s_2) = 0$
- Minimalidad:** $d(s_1, s_2) \geq d(s_1, s_1) = 0$
- Simetría:** $d(s_1, s_2) = d(s_2, s_1)$
- Desigualdad triangular:** $d(s_1, s_2) + d(s_2, s_3) \geq d(s_1, s_3)$



Conjuntos de Colores

La distancia entre el conjunto de colores consulta c_q y el conjunto de colores imagen c_d viene dada por

$$D = \sqrt{(c_q - c_d)^t A (c_q - c_d)}$$



Distancia de Histogramas

Dado un **histograma consulta $H(I_q)$** y un **histograma imagen $H(I_d)$** , ambos con n bins, su distancia de intersección de histograma viene dada por

$$d_h(I_q, I_d) = \left[\sum_{j=1}^n (H(I_q, j) - H(I_d, j))^p \right]^{1/p}$$

- Lp Norma
- $p=1$ distancia city-block
- $p=2$ distancia Eculídea

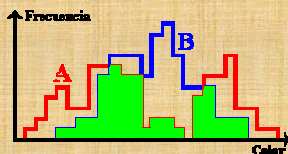


Intersección de Histogramas

Sólo contribuyen a la distancia los **colores presentes en la imagen consulta**

$$d_h(I_q, I_d) = \frac{\sum_{j=1}^n \min(H(I_q, j), H(I_d, j))}{\sum_{j=1}^n (H(I_q, j))}$$

Dados dos histogramas **A** y **B**, la frecuencia de color mínima entre bins homólogos viene dada por la intersección $A \cap B$



Forma Cuadrática

Dado un **histograma consulta $H(I_q)$** y un **histograma imagen $H(I_d)$** su distancia de histograma viene dada por la **distancia de Mahalanobis**

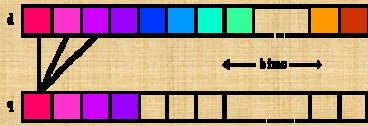
$$d_h(I_q, I_d) = \sqrt{(H(I_q, i) - H(I_d, j))^t A (H(I_q, i) - H(I_d, j))}$$

donde **$A = [a_{ij}]$** es la **matriz de similitud** que pondera la similitud entre los bins i y j



Cross-Talk

El cálculo de la distancia mediante una forma cuadrática implica **"cross-talk" sobre las propiedades**



La **distancia entre colores** no depende sólo de la **distancia entre bins homólogos** del histograma sino también de la **distancia entre colores vecinos**



Problemas

Dimensionalidad: El número de bins en el histograma puede ser grande (64, 128, 256, ...) y esto **reduce** drásticamente la **eficiencia** del método de acceso

Complejidad: Dada la naturaleza cuadrática de la distancia (hay experimentos que demuestran que es la medida que mejor aproxima la percepción humana de la similaridad de colores) la **complejidad computacional** crece rápidamente



Modelado de la Forma



Definiciones

Un **eje** es un **cambio significativo en una propiedad** de la imagen (usualmente, la intensidad o el color)

Un **contorno** es un **grupo de ejes unidos** espacialmente bajo alguna condición

Un **objeto** se define a través de un **contorno cerrado** que lo envuelve



Definiciones

Los **descriptores de forma** son medidas que **cuantifican** los objetos

Forma global: sólo necesitan la imagen de ejes

Forma local: asumen conocido el contorno del objeto a describir

Hipótesis muy restrictiva ya que disponer de curvas cerradas para cada objeto de la imagen implica que se puedan separar automáticamente todos los objetos presentes en la imagen del fondo



Geometría Simple

Se trata de un descriptor **muy simple**, pero **muy eficaz** en determinados contextos

Forma Local

Área (a)
Compacidad (p^2/a)

Elongación



Momento

Considerar una imagen binaria con valor 1 para los puntos del contorno y valor 0 para el resto

Forma Local

El momento de orden ij viene dado por

$$M_{ij} = \sum_{x,y} f(x,y)x^i y^j$$

Los momentos **son invariantes a traslaciones, rotaciones y escala** y pueden considerarse normalizados respecto al momento central M_{00} y a la varianza de la distribución respecto al baricentro

Son muy utilizados en la descripción de formas sencillas



Forma

61

Transformada de Fourier

La transformada 2D de Fourier de una función $f(x,y)$ definida en $\{0,\dots,x-1\} \times \{0,\dots,y-1\}$ viene dada por

Forma Local

$$F(m,n) = \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x,y) e^{-2\pi j \left(\frac{mx}{X} + \frac{ny}{Y} \right)}$$

Su uso **no resulta sencillo** pues no existe una **relación inmediata entre las componentes de la frecuencia y su significado en la forma del objeto**



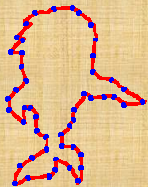
Forma

62

Códigos de Cadena

Se subdivide la curva en **segmentos** y se caracteriza cada segmento por su **longitud** y su **orientación**

Forma Local



La forma del objeto queda descrita por la secuencia $(l_1, \theta_1) (l_2, \theta_2) \dots (l_n, \theta_n)$



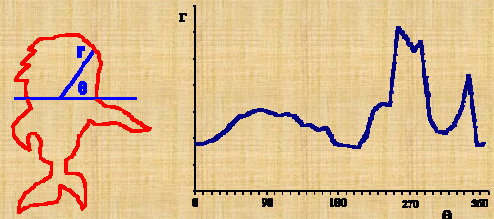
Forma

63

Coordenadas Polares

Se describe la forma por la **función Radio frente a Ángulo** calculada desde el baricentro del objeto

Forma Local



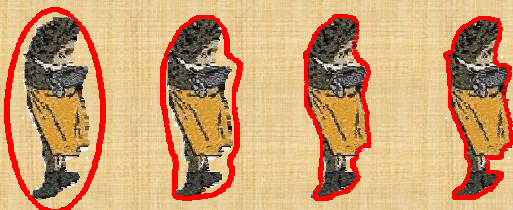
Forma

64

Contornos Activos

La técnica de los contornos activos permite localizar formas en imágenes mediante la **evolución de una curva cerrada** predefinida sobre la imagen de ejes

Forma Global



Forma

65

Contornos Activos

El proceso de deformación elástica corresponde a la **minimización de un funcional** formado por dos términos de energía; el primero relacionado con la **forma del contorno activo** y el segundo relacionado con su **posición respecto a los ejes** presentes en la imagen

Forma Global

Una vez minimizado el funcional se pueden utilizar los **valores de sus dos términos en medidas de similitud**



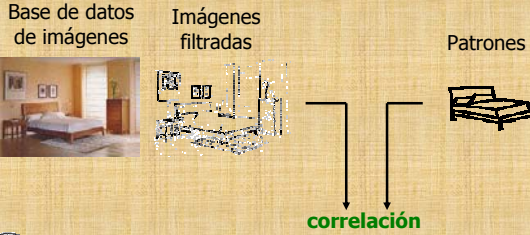
Forma

66

Correlación de Ejes

Se representa el contenido de forma de las imágenes mediante las **imágenes de ejes**

Forma Global



Forma

67

Correlación de Ejes

Requisitos para que la correlación de ejes sea eficaz:

Los **ejes relevantes deben corresponder** efectivamente a **elementos estructurales** de la escena y no a detalles insignificantes

La correlación debe tener una **cierta elasticidad** para localizar objetos que no sean exactamente iguales a los patrones



Forma

68

Histograma de Orientaciones

Se representa el contenido de forma mediante su **distribución de ejes**



Forma

69

Recuperación mediante Forma



Distancia entre Formas

Existen evidencias experimentales que indican que **la percepción humana de la similitud entre formas no sigue completamente los axiomas de la métrica**

A pesar de ello, la mayoría de los sistemas de recuperación usan **modelos de similitud métricos**



Recuperación mediante Forma

71

Forma Local

Para formas **aproximadas mediante curvas poligonales** que usan propiedades locales como A_v (ángulo del vértice), D_v (distancia al siguiente vértice), X_v e Y_v (coordenadas del vértice)

la similitud se calcula midiendo el **número de cambios necesarios** para transformar una curva en otra



Recuperación mediante Forma

72

Forma Local

Los sistemas que emplean **representaciones de forma basadas en propiedades** (momentos, coeficientes de Fourier, histogramas de orientación, etc) tratan la forma como **vectores de propiedades** y calculan la similitud como **distancia en el espacio de propiedades**

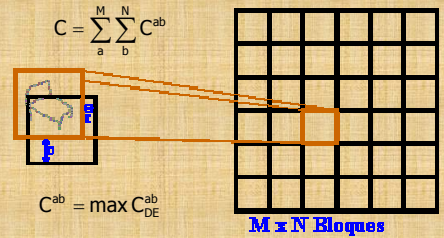
Si la dimensión de los vectores de propiedades no es demasiado grande, los vectores se organizan en estructuras de índice que permiten facilitar el acceso a la base de datos

Estos modelos utilizan típicamente distancia Euclídea



Correlación de Ejes

La medida de similitud viene dada por el cálculo de la **correlación entre el patrón consulta y la imágenes de la base de datos**



Modelado de la Textura



¿Qué es una Textura?



Coocurrencia Matemática

Caracteriza la textura mediante la **dependencia espacial** que aparece **en la distribución de los niveles de gris** en la imagen

$$P_{xy}(i_1, i_2) = \frac{\# \left\{ \left[\begin{array}{l} (x_1, y_1), (x_2, y_2) \\ |x_1 - x_2| = x \quad |y_1 - y_2| = y \\ I(x_1, y_1) = i_1 \quad I(x_2, y_2) = i_2 \end{array} \right] \right\}}{\# I}$$

↑
Histograma de Orden 2

La matriz de coocurrencia matemática no es necesariamente simétrica



Coocurrencia Matemática

La textura se caracteriza mediante **descriptores calculados sobre las matrices de coocurrencia** matemática

Energía	$\sum_{i_1, i_2} P_{xy}^2(i_1, i_2)$
Entropía	$\sum_{i_1, i_2} P_{xy}(i_1, i_2) \log P_{xy}(i_1, i_2)$
Máximo	$\max P_{xy}(i_1, i_2)$
Contraste	$\sum_{i_1, i_2} (i_1 - i_2)^k P_{xy}^l(i_1, i_2)$
Correlación	$\sum_{i_1, i_2} i_1 i_2 P_{xy}^2(i_1, i_2)$
Clusterización	$\sum_{i_1, i_2} (i_1 + i_2 - 2\mu)^k P_{xy}(i_1, i_2)$



Autocorrelación

Correlación de la imagen consigo misma desplazada

Si el tamaño del **patrón de textura es grande**, la función de autocorrelación varía **lentamente** con la distancia

Si el tamaño del **patrón de textura es pequeño**, la función de autocorrelación varía **rápidamente** con la distancia



Dimensión Fractal

La dimensión fractal se mide, por ejemplo, mediante el coeficiente de Hurst

Coefficiente de Hurst: Pendiente de la mayor diferencia de nivel de gris en píxeles a lo largo de un línea en escala logarítmica frente a la distancia

Muy útil para texturas isotrópicas



Modelos Autoregresivos

La textura se modela mediante los **coeficientes** del modelo

$$V(p) = \mu + \sum_{q \in W} \theta(q)V(p+q) + \varepsilon(p)$$

p es un píxel de la imagen;

W es una ventana centrada en p ;

μ es la media de la imagen;

θ caracteriza la dependencia de p con sus vecinos;

ε es un ruido gaussiano de media nula y varianza σ^2

θ caracteriza la direccionalidad de la textura

σ caracteriza la granularidad de la textura



Recuperación mediante Textura



Distancia entre Texturas

Cuando se trabaja con texturas, lo usual es realizar el **cálculo de distancia Euclídea en el espacio de propiedades utilizado**



n-dimensional,
con **n usualmente bastante alto**



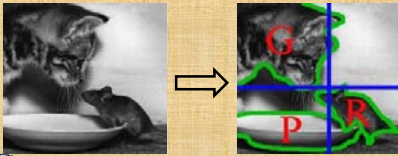
Modelado de las Relaciones Espaciales



Cadenas 2D

Una cadena 2D es una **representación simbólica de la disposición** de los objetos

Cada símbolo de la cadena se obtiene proyectando la posición de cada región etiquetada sobre ejes cartesianos

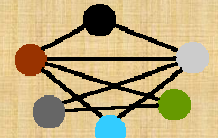


Hor: $PG < R$

Ver: $PR < G$



Grafos de Adyacencias



segmentación

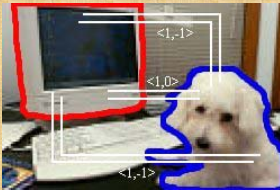


descripción de relaciones



Walkthrough

Un Walkthrough es una **clase de equivalencia** sobre el **camino** entre cada punto del **objeto A** y cada punto del **objeto B**



El camino se forma en dos pasos ordenados: desplazamiento horizontal y desplazamiento vertical



Walkthrough

La relación espacial entre A y B se describe a través de la **matriz**

$$S(A,B) = \begin{bmatrix} w_{-1,1}(A,B) & w_{0,1}(A,B) & w_{1,1}(A,B) \\ w_{-1,0}(A,B) & w_{0,0}(A,B) & w_{1,0}(A,B) \\ w_{-1,-1}(A,B) & w_{0,-1}(A,B) & w_{1,-1}(A,B) \end{bmatrix}$$

Donde $w_{i,j}(A,B)$ representa el **número de parejas de puntos relacionadas por un camino** equivalente $\langle i,j \rangle$



Recuperación mediante Relaciones Espaciales



Cadenas 2D

La similaridad se establece **comparando las cadenas** que representan a las imágenes

Dos imágenes son similares si la cadena que define a una de ellas **está incluida** en la cadena que define a la otra



Grafos de Adyacencias

imagen $\stackrel{\text{def}}{=} (E, a, w)$

E = conjunto de relaciones espaciales

$a: E \longrightarrow A$

$w: E \times E \longrightarrow W$

La comparación entre modelos de grafos de una especificación de consulta $\langle Q, a_q, w_q \rangle$ y una descripción de imagen $\langle D, a_d, w_d \rangle$ involucra una asociación de entidades en la consulta con un conjunto de entidades en la imagen llamada interpretación



Walkthrough

La similaridad de relaciones especificadas mediante matrices de walkthrough se obtiene comparando los coeficientes de las matrices



Bibliografía

Bibliografía del Tema



Libros Castellano

Gráficas por Computadora

Donald Hearn, M. Pauline Baker; Prentice Hall S. A.; ISBN: 968-880-482-7; 1995

Recuperación de Imágenes en Bases de Datos a partir del Color y la Forma

José Manuel Fuentes García; Tesis Doctoral; Universidad de Jaén; 1999



Libros Inglés

Visual Information Retrieval

Alberto del Bimbo; Morgan Kaufmann Publishers, Inc.; ISBN: 1-55860-624-6; 1999



Artículos

Ricerca per Contenuto di Immagini e Video

A. del Bimbo, E. Vicario, C. Colombo, P. Pala, J. Assfalg, S. Berreti y M. Bertini; Visual Information Processing Lab.; Dipartement. Sistemi e Informatica. Università di Firenze.

Similarity Search

A. del Bimbo, E. Vicario, C. Colombo, P. Pala, J. Assfalg, S. Berreti y M. Bertini; Visual Information Processing Lab.; Dipartement. Sistemi e Informatica. Università di Firenze.



Páginas web

