

COLOR, TEXTURA I FORMA



X.Cufí, J.Martí,
J.Freixenet, X.Muñoz i X.Lladó

Visió per computador

Dept. Electrònica, Informàtica i Automàtica



UdG

Universitat de Girona

Índex

- 1 Introducció
- 2 Color
- 3 Textura
- 4 Forma
- 5 Photometric stereo

1. Introducció

Fonts d'informació visual:

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



Color

Textura

Forma

Índex

- 1 Introducció
- 2 **Color**
- 3 Textura
- 4 Forma
- 5 Photometric stereo

2. Color

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

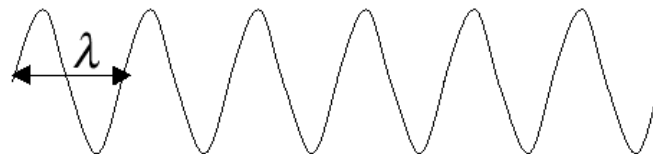
- Definició de color:

El color és una característica de la llum, que no és deguda a no-homogeneïtats espacials o temporals, considerant que la llum és l'aspecte de l'energia radiant que l'observador humà és capaç de percebre per l'estimulació que produeix a la retina.

[Comitè de Colorimetria de la Optical Society of America]

- La llum:

La llum és una radiació electromagnètica. Una forma d'energia que es pot caracteritzar d'acord amb les seves components que venen donades per la seva longitud d'ona.



2. Color (II)

Espectre de la radiació electromagnètica.

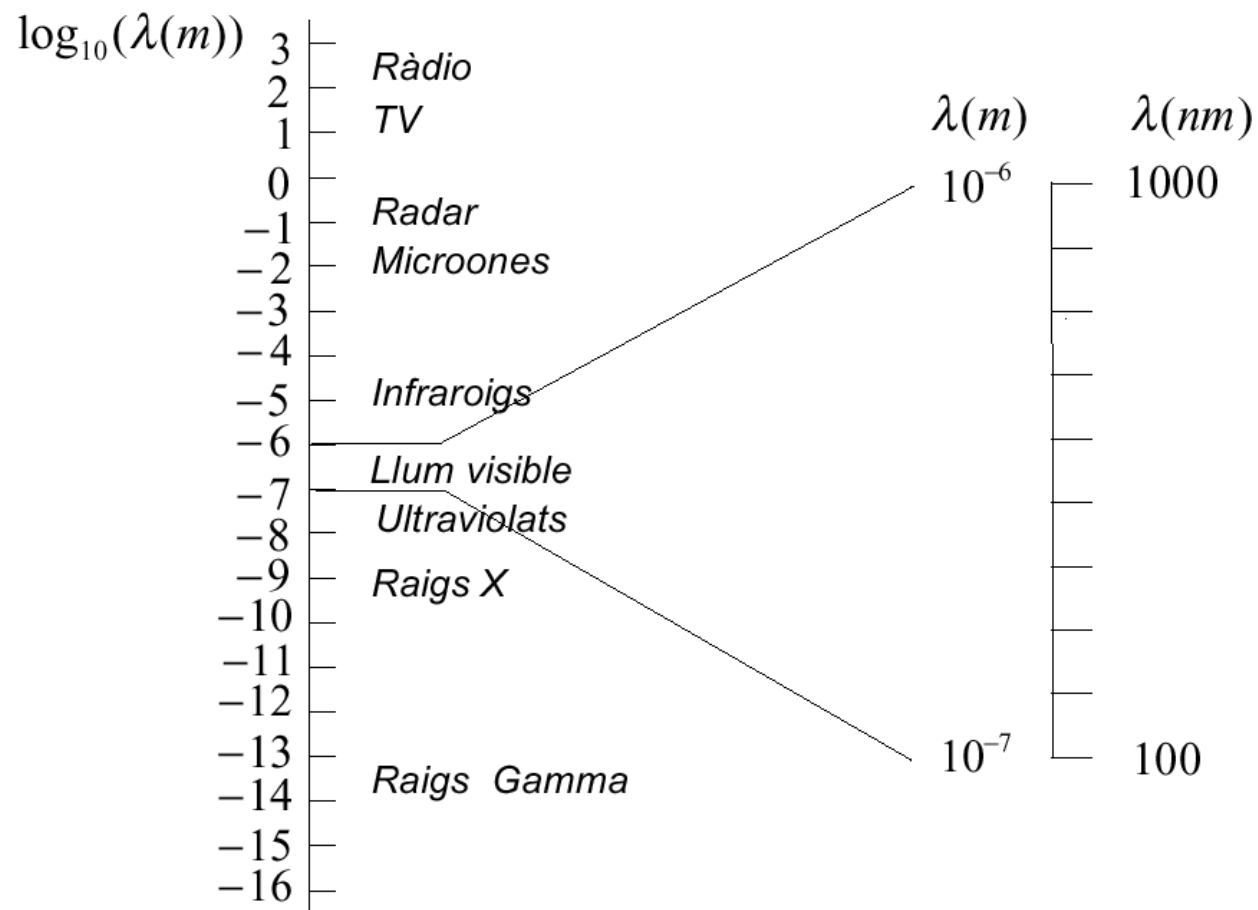
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



2. Color (III)

La llum visible és una part molt petita de tot l'espectre.

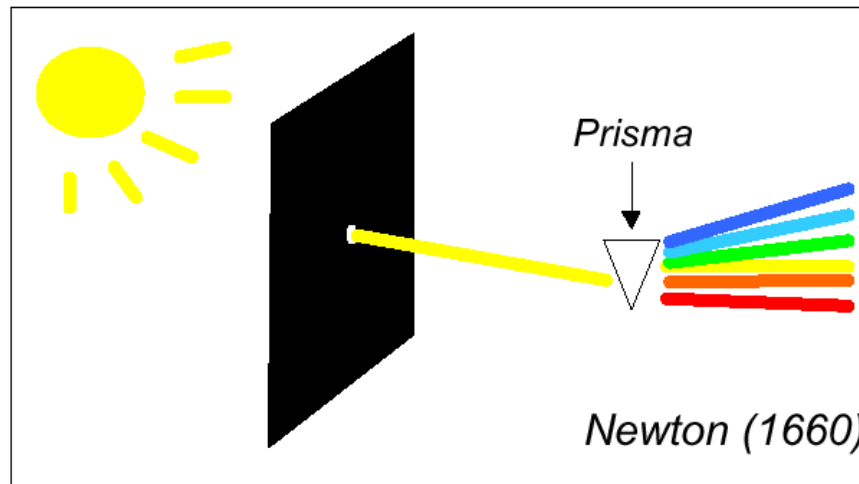
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

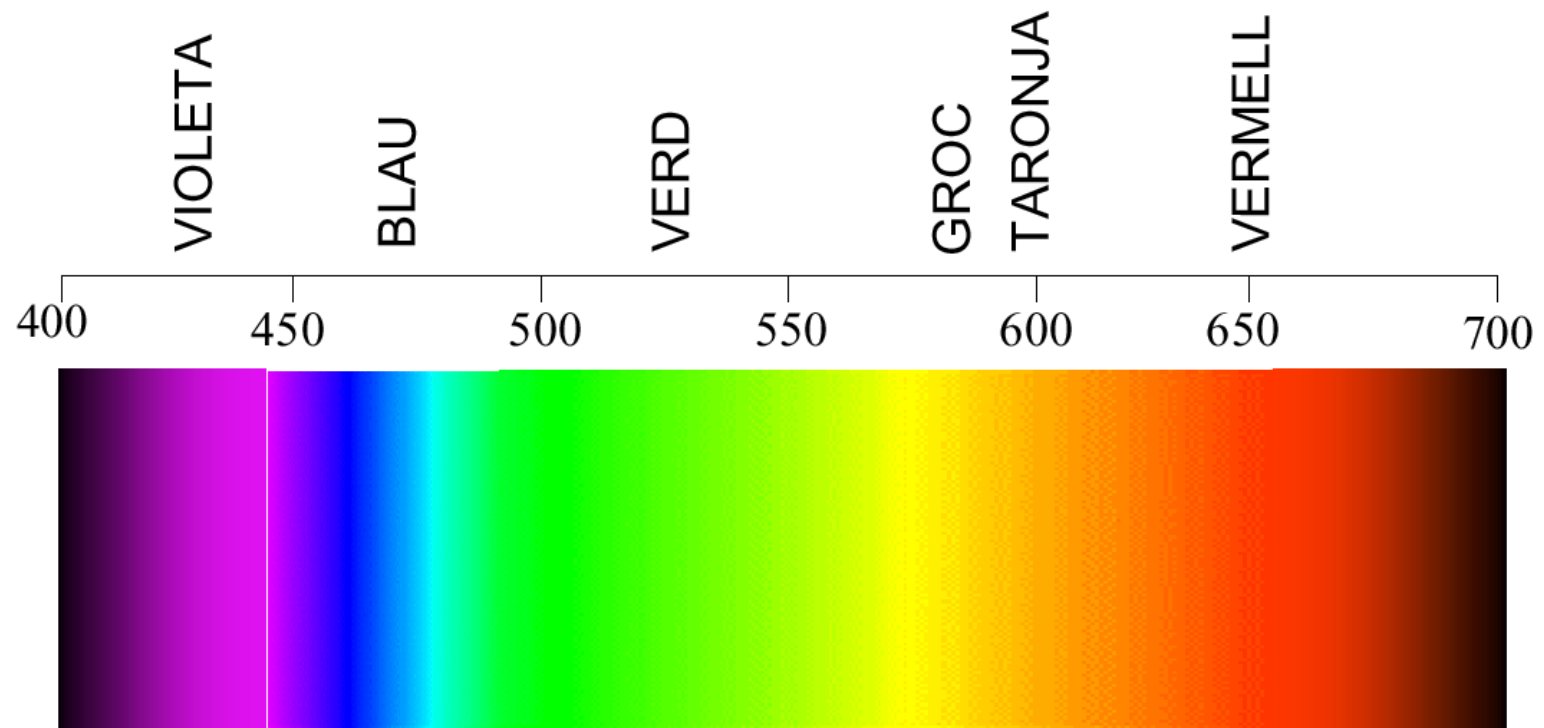
5 Photometric
stereo



*El prisma desvia de diferent manera
en funció de la component espectral
o longitud d'ona.*

2. Color (IV)

Espectre de la llum visible:



nanòmetres $\Rightarrow 1nm = 10^{-9}m$

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

2. Color (V)

Atributs perceptius bàsics: descriuen la informació de la distribució de potència espectral.

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

- Intensitat (Lluminositat): Atribut de la sensació visual per la que un color pot semblar més o menys intens.

- To (Hue): Atribut de la percepció d'un color que es denota pel seu nom: blau, verd, groc, vermell, púrpura.

- Cromacitat (saturació): Atribut de la percepció d'un color per la la que s'exhibeix més o menys quantitat del seu to (puresa del color).

2. Color (VI)

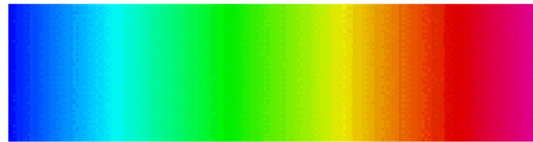
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

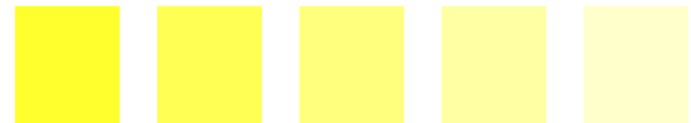


To

Exemple:



Lluminositat



Saturació



2.1. Espais de color

Espai RGB: R G B

RGB normalitzat: $r = \frac{R}{R + G + B}$ $g = \frac{G}{R + G + B}$ $b = \frac{B}{R + G + B}$

Espai HSI (Carron i Lambert):

$$H = \begin{cases} \arccos \left(\frac{\frac{1}{2}((R - G) + (R - B))}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right) & \text{if } B \leq G \\ 2\pi - \arccos \left(\frac{\frac{1}{2}((R - G) + (R - B))}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right) & \text{if } B > G \end{cases}$$
$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I} \quad I = \frac{R + G + B}{3}$$

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

2.1. Espais de color (II)

Espai HSV (Smith):

$$H = \begin{cases} 60 * (b' - g') & \text{if } R = \max(R, G, B) \\ 60 * (2 + r' - b') & \text{if } G = \max(R, G, B) \\ 60 * (4 + r' - g') & \text{if } B = \max(R, G, B) \end{cases}$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

$$V = \max(R, G, B)$$

$$r' = \frac{\max(R, G, B) - R}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}$$

$$g' = \frac{\max(R, G, B) - G}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}$$

$$b' = \frac{\max(R, G, B) - B}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}$$

Espai HSV (Tenenbaum):

$$H = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B}\right) \quad V = \frac{R + G + B}{3}$$

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

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

2.1. Espais de color (III)

Espai CIEL*a*b (Celenk):

$$X = 2.769R - 1.751G + 1.130B$$

$$Y = 1.000R - 4.590G + 0.060B$$

$$Z = 0.000R - 0.056G + 5.594B$$

$$L^* = 116 \left[\frac{Y}{Y_0} \right]^{1/3} - 16 \quad Y/Y_0 > 0.01$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right] \quad X/X_0 > 0.01$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right] \quad Z/Z_0 > 0.01$$

$$L^* = L^*$$

$$H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

I1I2I3 (Ohta):

$$I_1 = \frac{R + G + B}{3} \quad I_2 = R - B \quad I_3 = \frac{2G - R - B}{2}$$

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

2.2. Aplicacions

Tasques visuals en les que intervé el color:

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

- Segmentació d'imatges.
- Reconeixement d'objectes.
- Classificació.
- Indexació en bases de dades.
- Extracció de la forma a partir de la variació del color.
(Shape from colour)

2.2. Aplicacions (II)

Segmentació:

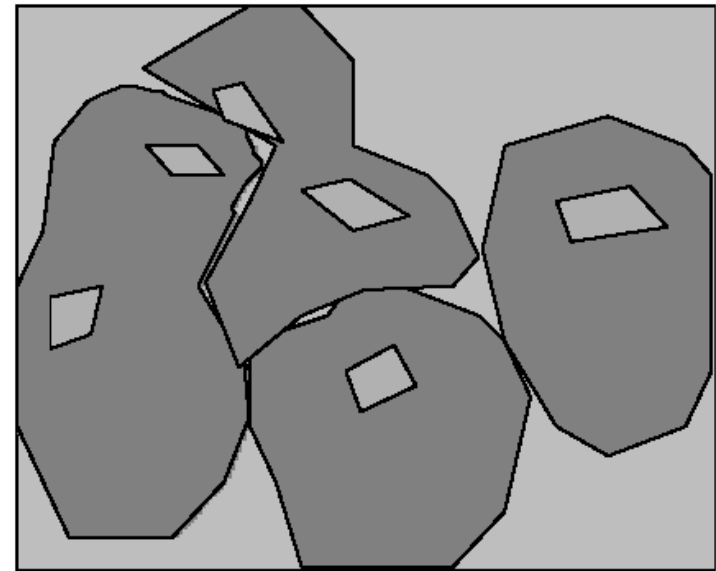
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



2.2. Aplicacions (III)

Reconeixement i indexació:

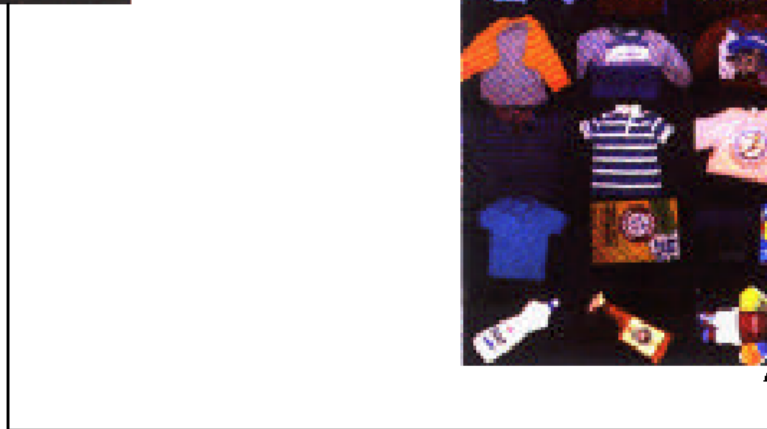
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



2.2. Aplicacions (IV)

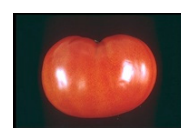
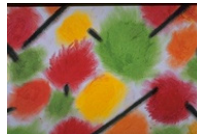
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



2.2. Aplicacions (V)

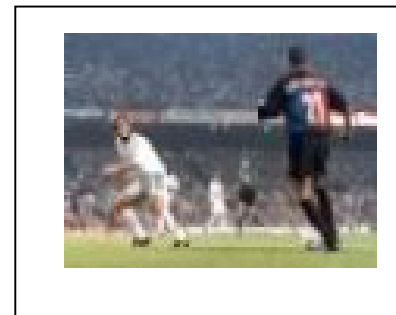
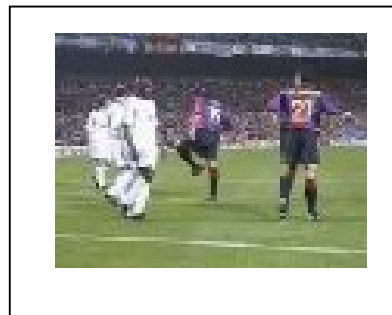
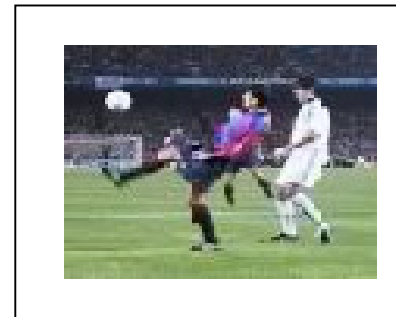
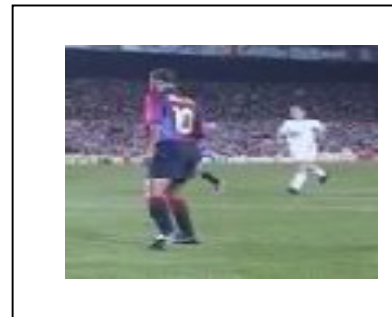
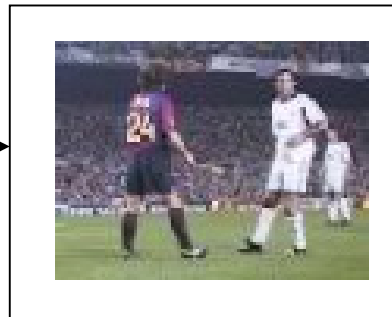
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



2.2. Aplicacions (VI)

Classificació:

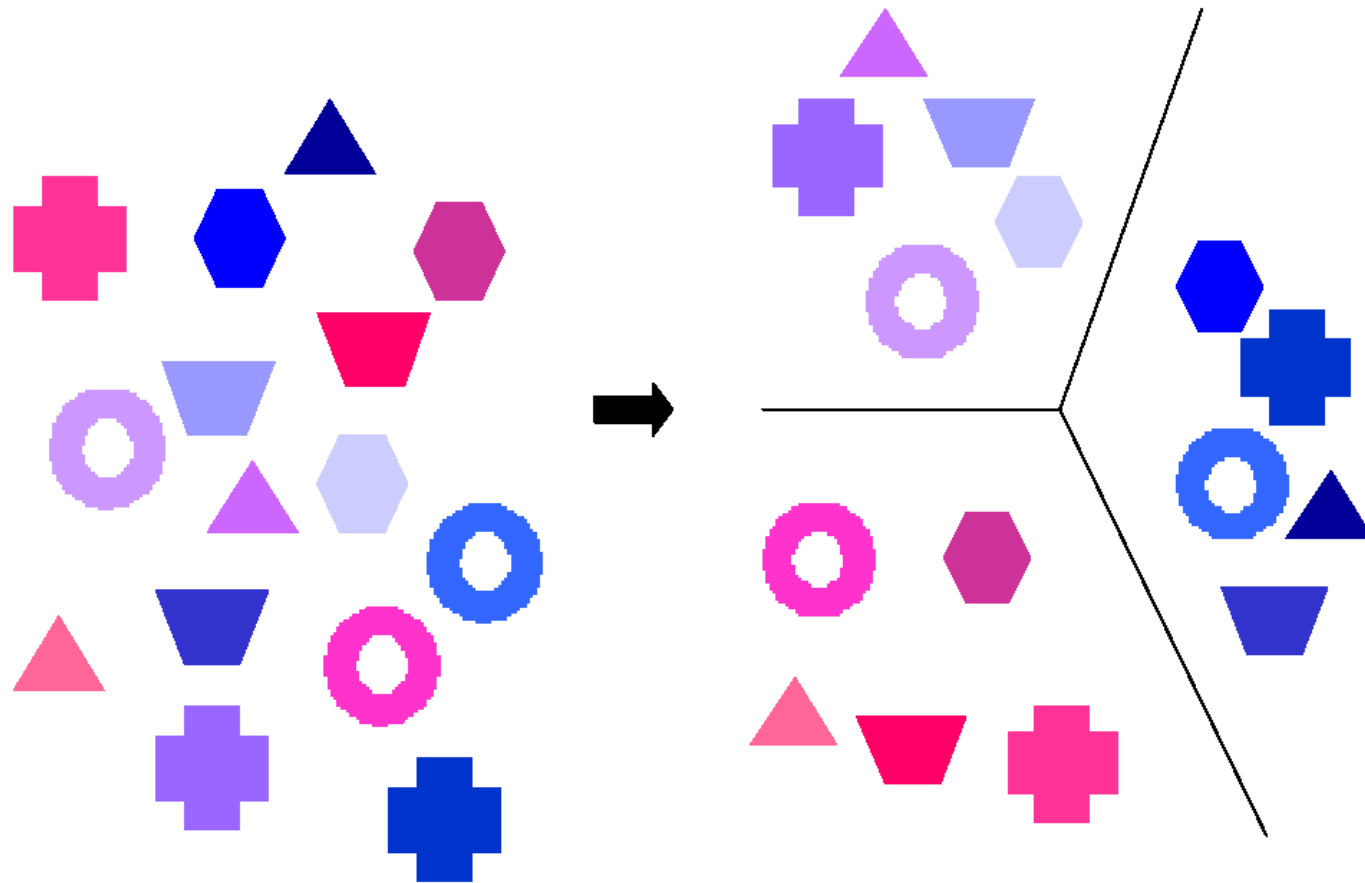
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

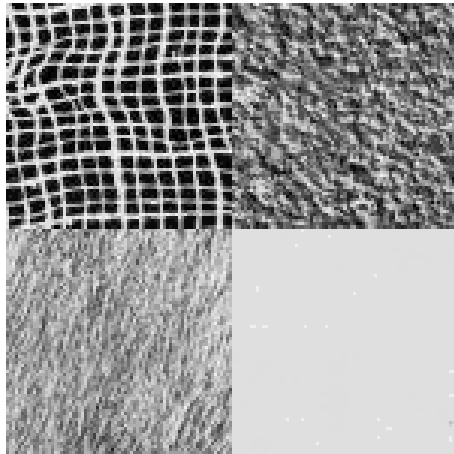


Índex

- 1 Introducció
- 2 Color
- 3 **Textura**
- 4 Forma
- 5 Photometric stereo

1. Què és la textura?

- Conjunt de característiques que ens informen visualment del tacte dels objectes, sense necessitat de tocar-los



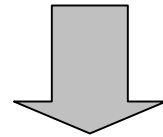
Imatge amb 4 textures

- És una propietat de superfície, no està definida en un punt
- Depèn de l'escala a la que s'observa

1. Què és la textura?

“La textura és considerada com una propietat estadística associada a una regió de la imatge obtinguda o d’una imatge transformada.” [Ama96]

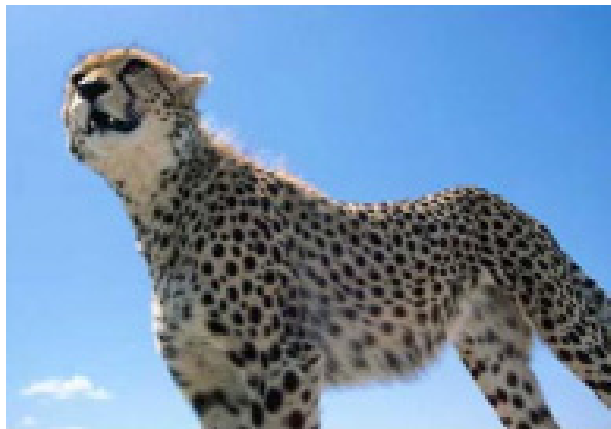
“Podem entendre una textura com allò que constitueix una regió macroscòpica. La seva estructura és simplement una sèrie de motius repetitius en els que els elements o primitives estan ordenats segons una regla de col·locació.” [TJ93]



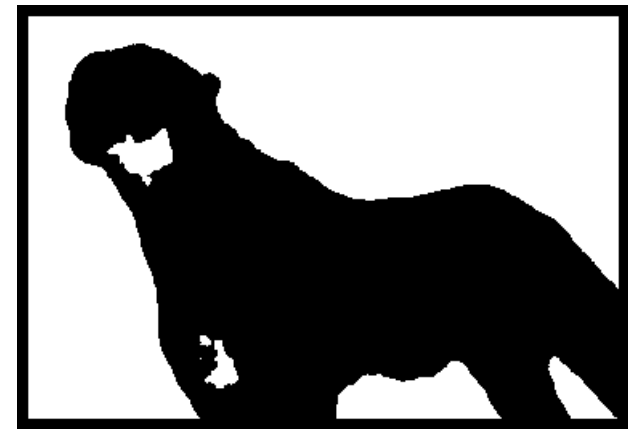
“Malgrat la seva importància, no hi ha una definició de textura generalment acceptada.” [Law80]

1. Què és la textura?

- La majoria d'algoritmes de segmentació suposen regions uniformes en intensitat o color.
- La superfície de l'objecte, la il·luminació i d'altres factors influeixen en aquesta intensitat o color



Imatge original



Imatge segmentada

2. Operadors de Textura

- Mètodes estadístics
 - Energia
 - Matriu de co-ocurrències
 - Màscares paramètriques
 - Patrons binaris locals
- Mètodes estructurals
- Mètodes de modelització
 - Camps aleatoris de Markov
- Mètodes de filtratge espai-freqüencials
 - Filtres de Gabor
 - Wavelets

3. Matriu de co-ocurrències

- Probabilitat que existeixin dos punts amb nivell de gris i, j respectivament, tals que estiguin a una distància (d) i en una orientació θ donades

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

$$M_V = M(1, 90^\circ) = \begin{pmatrix} 6 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

3. Matriu de co-ocurrències

- Estadístics:

$$Uniformitat = \sum_{i,j=0}^{N-1} m_{ij}$$

$$Entropia = \sum_{i,j=0}^{N-1} m_{ij} \times \log(m_{ij})$$

$$Probabilitat = \max_{i,j=0}^{N-1} (m_{ij})$$

$$Contrast = \sum_{i,j=0}^{N-1} (i-j)^2 \times m_{ij}$$

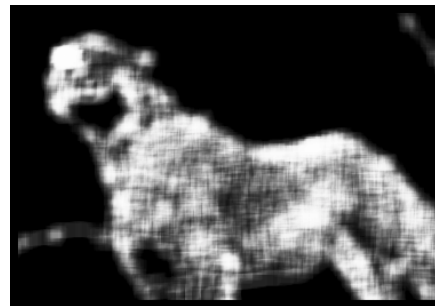
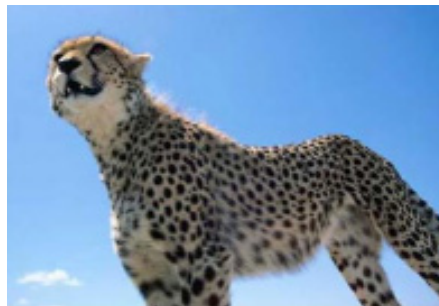
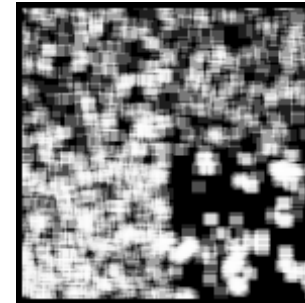
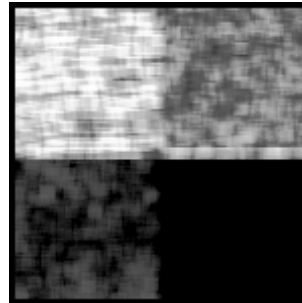
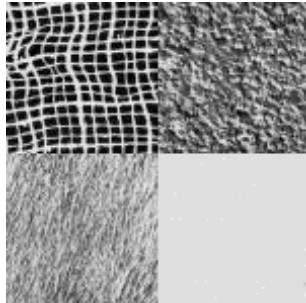
$$Inversa = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{m_{ij}}{(i-j)^2} \quad i \neq j$$

$$Correlació = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{(i-\mu) \times (j-\mu) \times m_{ij}}{\sigma^2}$$

$$Homogeneïtat = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{m_{ij}}{1 + |i-j|}$$

$$\mu = \sum_{i,j=0}^{N-1} i \times m_{ij}$$
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i,j=0}^{N-1} (i-\mu)^2 \times m_{ij}}$$

3. Matriu de co-ocurrències

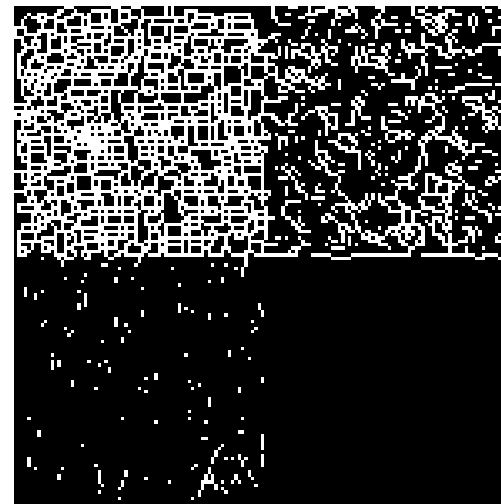
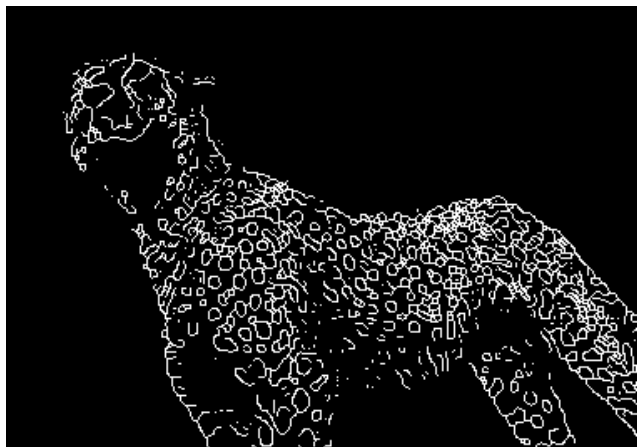


3. Matriu de co-ocurrències

- Problemes:
 - Tamany de la matriu.
 - Cost computacional del càlcul de les matrius.
 - Quina configuració s'ha de seleccionar per caracteritzar millor la textura?
 - » Distància?
 - » Orientació?
 - » Estadístic?

4. Màscares paramètriques

- Es defineixen una sèrie de màscares que defineixen diferents paràmetres de la textura d'una imatge.
- Pre-processat: Es treballa sobre les imatges de contorns afinats.



4. Màscares paramètriques

- Procediment:

- 1.- Es defineix el concepte d'un paràmetre de textura.
- 2.- Es reuneixen tots els casos on es produeix aquest concepte.
- 3.- Es reflecteixen aquests casos en les diferents màscares.

- Màscares:

0	0	1	1
0	0	1	1
		1	0
0	0		

4. Màscares paramètriques

- Granulositat: punts aïllats de la imatge.

0	0	0	
0	1	0	
0	0	0	

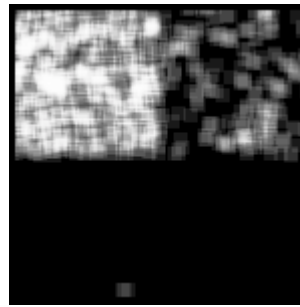
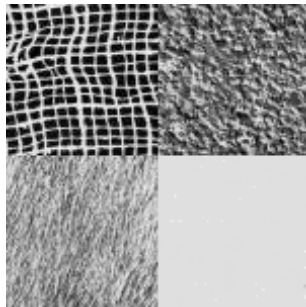
0	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0

0	0	0	
0	1	0	
0	1	0	
0	0	0	

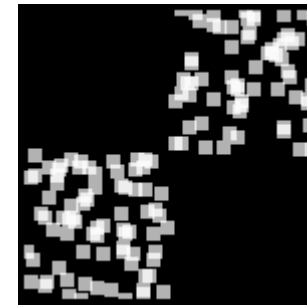
0	0	0	0
0	1	1	0
0	1	1	0
0	0	0	0

4. Màscares paramètriques

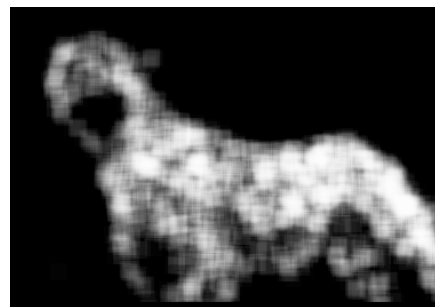
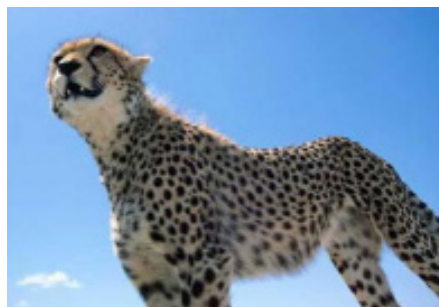
- Estadístics:
 - Mitjana
 - Desviació estàndard



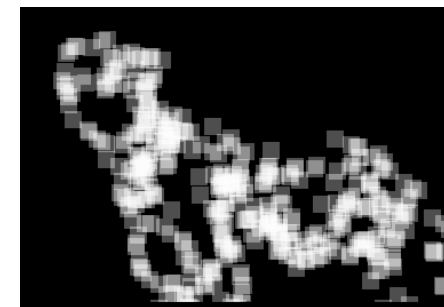
Abruptitat



Granulositat



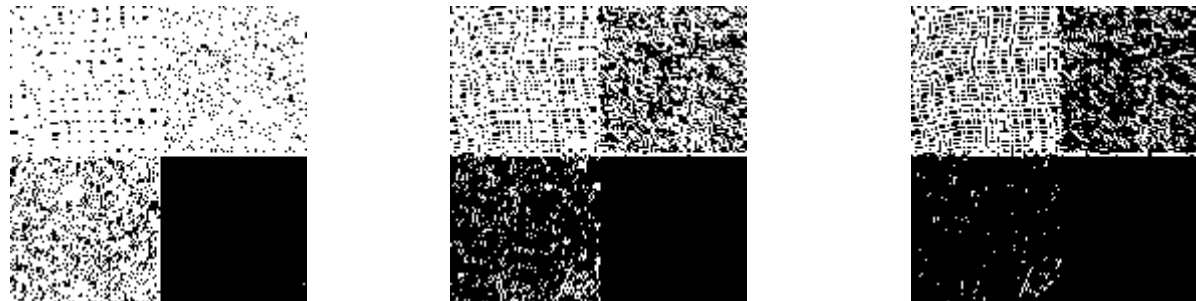
Abruptitat



Discontinuitat

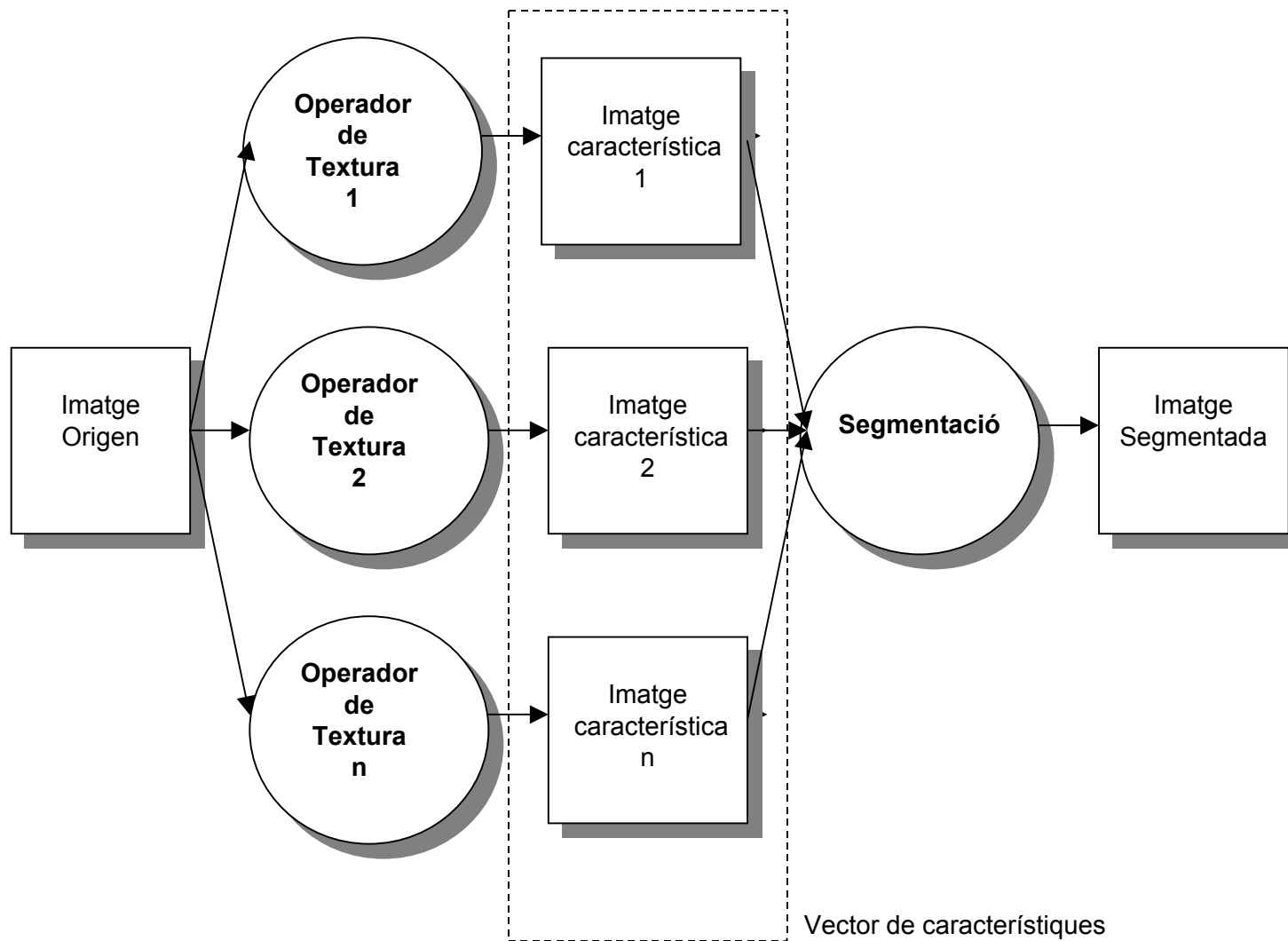
4. Màscares paramètriques

- Problemes:
 - Dependència del pre-processat de la imatge.

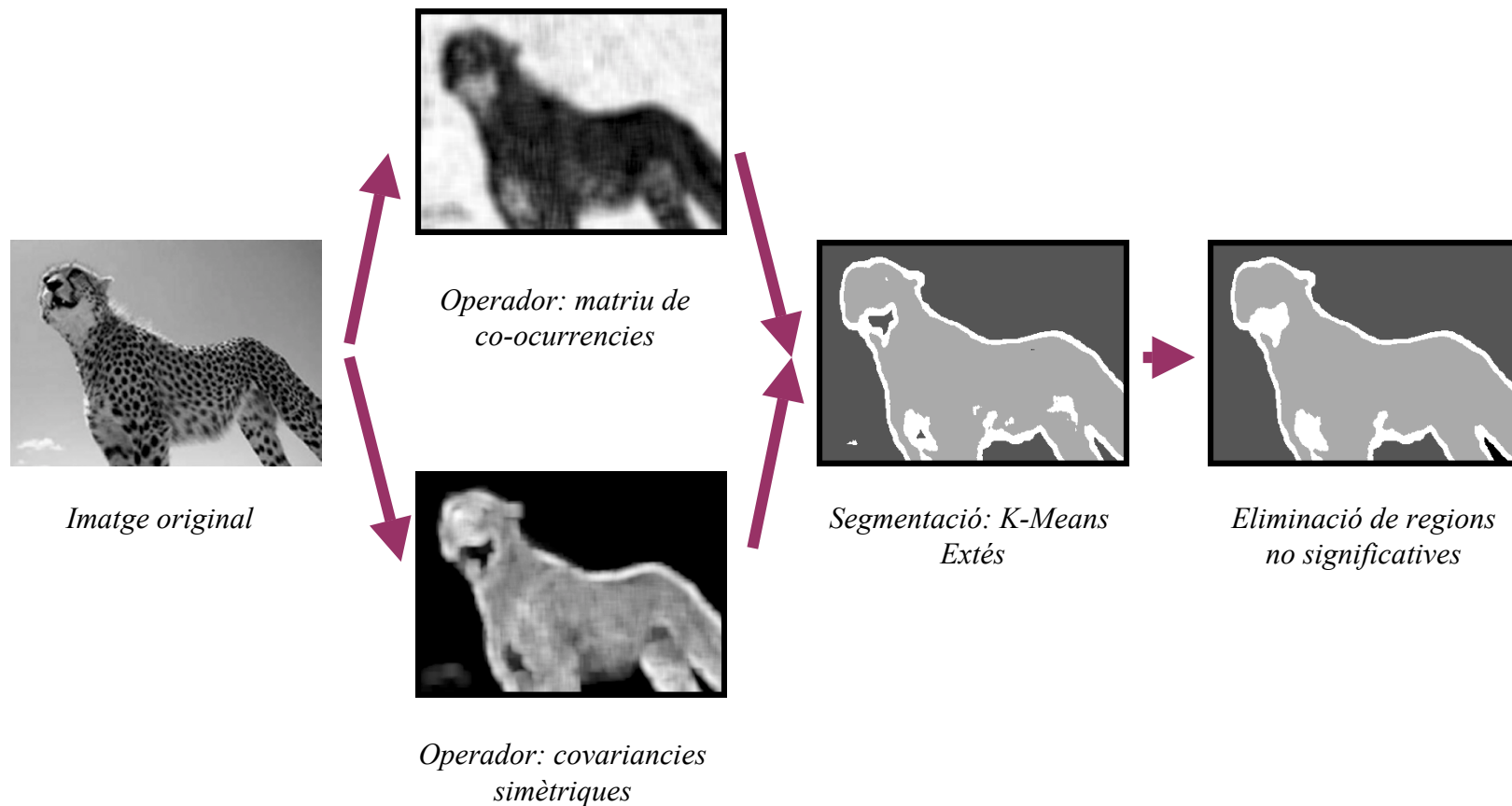


- Definició intuïtiva de les màscares.

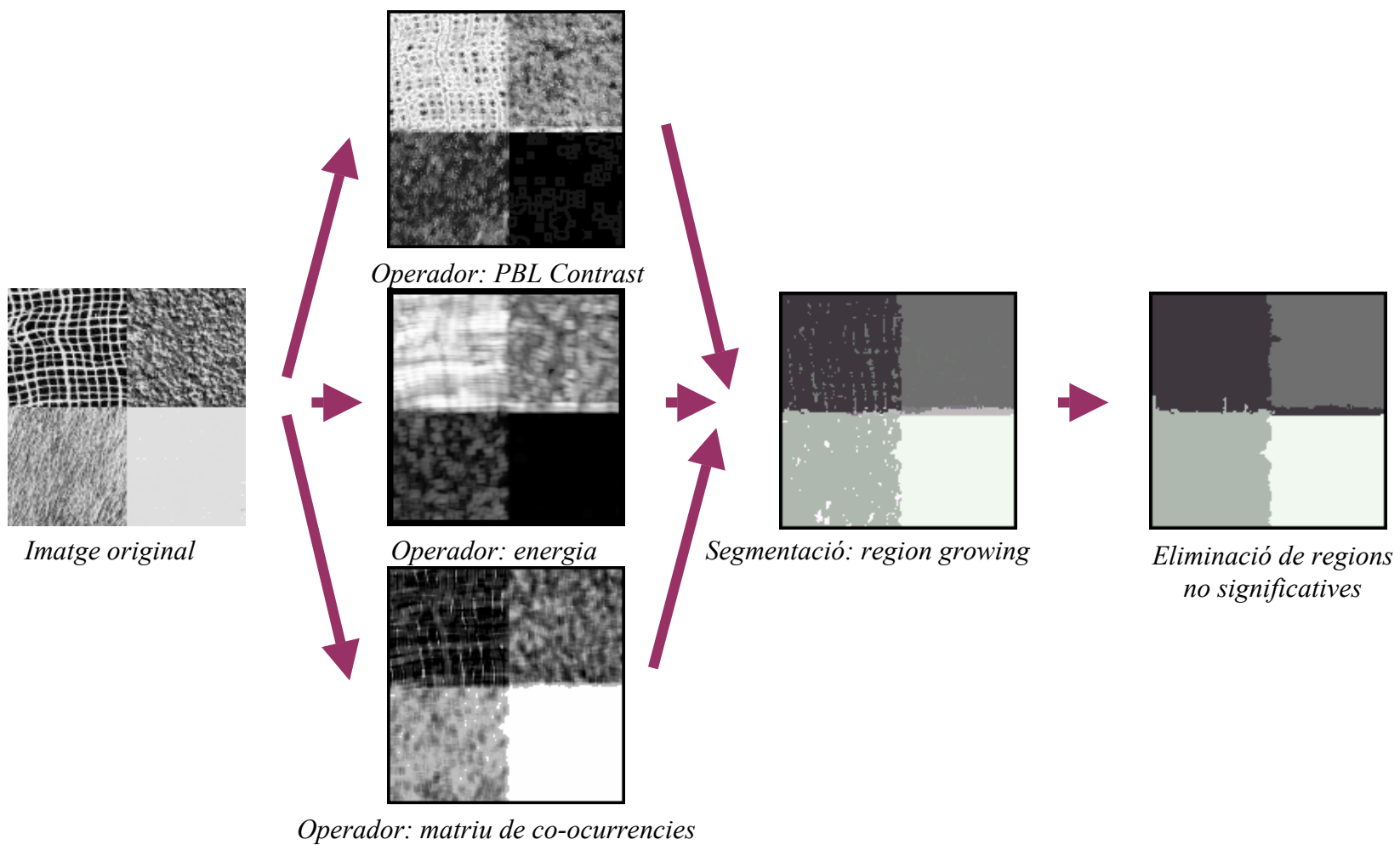
5. Vector de Característiques



5. Vector de Característiques

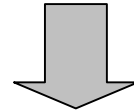


5. Vector de Característiques



6. Conclusions

- La textura és fonamental en Visió per Computador.
- No hi ha un operador que es pugui anomenar “millor”.



Vector de característiques de textura

- Manca integració de textura i color.

Índex

- 1 Introducció
- 2 Color
- 3 Textura
- 4 **Forma**
- 5 Photometric stereo

4. Forma

1 Introducció

2 Color

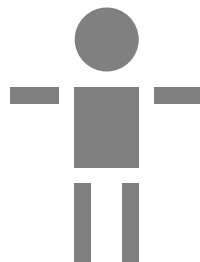
3 Textura

4 Forma

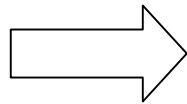
5 Photometric
stereo

- **Reconeixement estadístic:** descripció d'una forma mitjançant un *vector de característiques* numèriques. Similaritat entre formes definida com a una distància mètrica sobre l'espai de característiques.

- **Reconeixement estructural:** representació explícita o implícita de l'*estructura* d'una classe, on estructura significa l'organització relacional i jeràrquica de característiques de baix nivell o components en estructures de nivell més elevat.



Forma F



Descripció estadística: $F = (\#components, alçada, amplada)$

Descripció estructural:

camaD, camaE: RECTANGLE VERTICAL;

braçD, braçE: RECTANGLE HORIZONTAL;

cos: QUADRAT;

cap: CERCLE;

$F = cap \uparrow (braçE \Leftrightarrow (cos \uparrow (camaE \Leftrightarrow camaD)) \Leftrightarrow braçD)$

4.1. Reconeixement estadístic

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

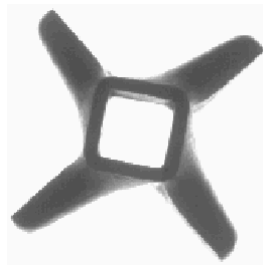
Descriptors de forma:

- Àrea
- Perímetre
- Coordenades de la caixa envolvent
- Perímetre de la caixa envolvent
- Compactness (rodonesa de la forma): $\text{Perímetre}^2 / 4\pi \text{Àrea}$
- Allargada
- Amplada
- Centroide
- ...
- Descriptors per moments d'inèrcia
- Descriptors de Fourier

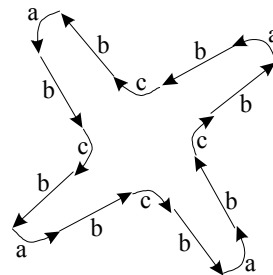
4.2. Reconeixement estructural

Representació simbòlica de les formes:

- Representació estructural (cadena, arbres, grafs, taules, etc.) per descriure els objectes. Representació de relacions espacials, temporals, conceptuais, etc.

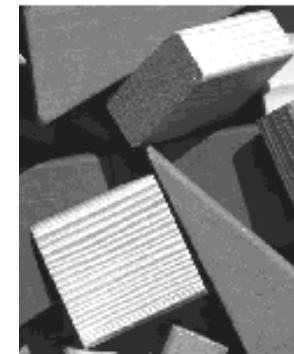
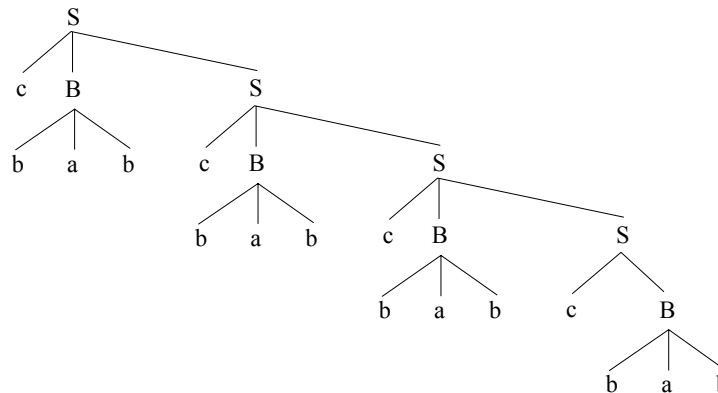


CADENA

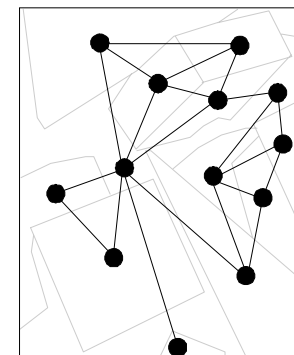


(cbab)⁴

ARBRE



GRAF



1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

4.2. Reconeixement estructural (II)

Dues categories dins del reconeixement estructural en base als models de representació de la informació:

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

- **Reconeixement sintàctic:**

- Representació mitjançant *gramàtiques formals*.
- Utilització d'un *parser* com a motor de reconeixement.

- **Reconeixement basat en prototipus estructurals:**

- Representació de manera explícita mitjançant *prototipus estructurals* (Estructures unidimensionals: Strings).
- Reconeixement mitjançant *matching relacional* amb funció distància implícita (Estructures multidimensionals: Grafs).

4.2.2. Reconeixement basat en prototipus estructurals

Reconeixement basat en prototipus estructurals

1 Introducció

La mateixa estructura de dades s'utilitza per a representar els models i les formes desconegudes.

2 Color

3 Textura

Reconeixement per comparació directa entre models i forma desconeguda utilitzant una funció distància.

4 Forma

Dos tipus d'estructures per a representar les formes:

5 Photometric stereo

- Patrons unidimensionals. **Strings.**
- Patrons multidimensionals. **Grafs.**

Representació mitjançant cadenes

Programació dinàmica per realitzar el reconeixement (distància entre strings).

1 Introducció

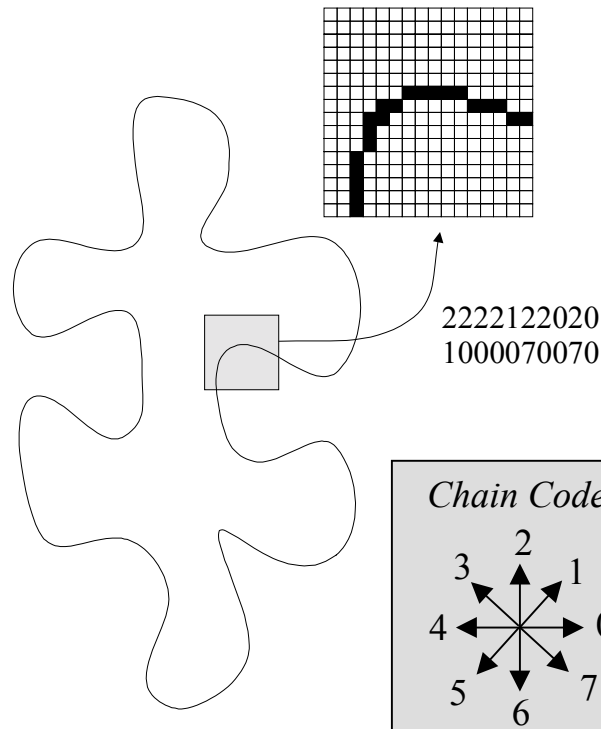
2 Color

3 Textura

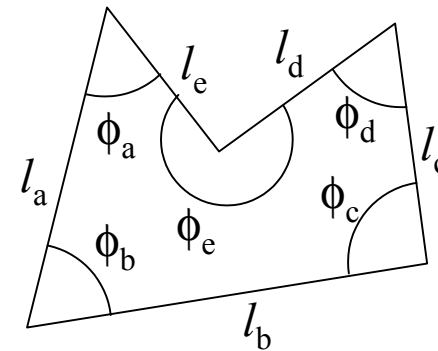
4 Forma

5 Photometric
stereo

Conjunt discret de símbols.



Cadenes amb atributs.



$F =$

	a	b	c	d	e
l	l_a	l_b	l_c	l_d	l_e
ϕ	ϕ_a	ϕ_b	ϕ_c	ϕ_d	ϕ_e

Representació mitjançant grafs

Elements principals: conjunt de nodes, conjunts d'arcs, etiquetes simbòliques (valors d'atributs).

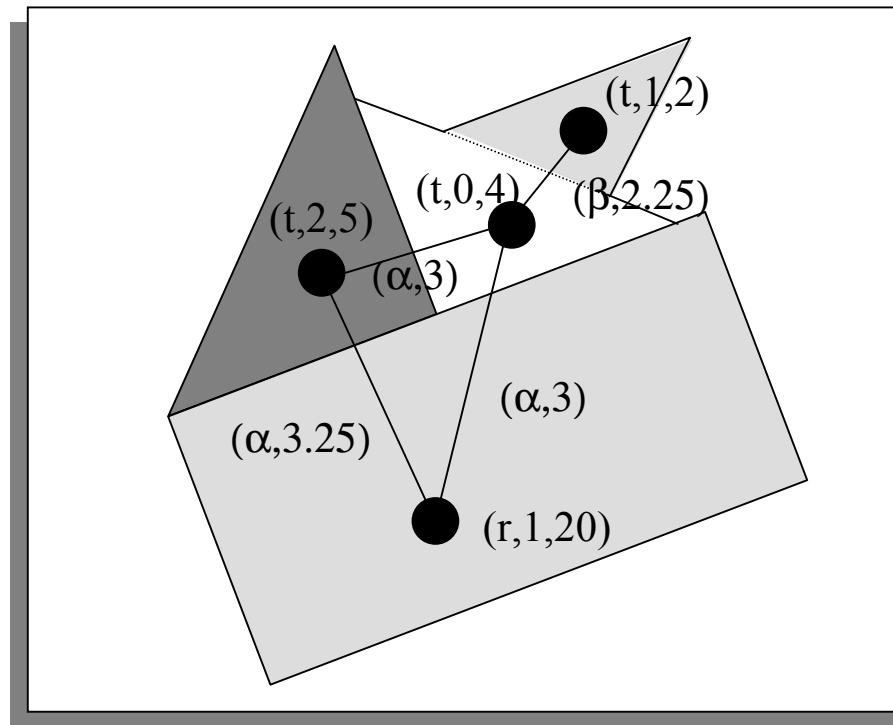
1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo



4.3. Aplicacions

1 Introducció

2 Color

3 Textura

4 Forma

5 Photometric
stereo

- Caracterització.
- Descripció d'objectes.
- Reconeixement.
- Classificació.

