

Course: TEXTURE IN COMPUTER VISION

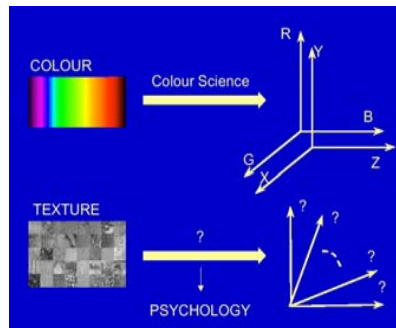
SEMINAR 3

Table of contents:

- Physics and Psychophysics of texture perception
- Computational models for texture perception
- Computational estimation of texture properties
- Building a texture representation space
- Texture in visual tasks
- Texture and Colour

What is the minimum number of properties we need to characterise a texture?

"Towards a texture naming system: identifying relevant dimensions of texture" [Rao, Lohse 96]



Questions:

- What is the dimension of this texture space?
- Which properties are on the axis?

Experiment:

Observers: 20 subjects randomly selected

Images: 56 images from the Brodatz's album
(26 randomly selected)
(30 selected to provide a complete set)

- **Task 1:** Each subject has to quantify each property for each image in a range going from 1 to 9.
- **Task 2:** Each subject has to make a hierarchical grouping of the 56 textures. There are no limitations about the number of texture in each group.

Task 1: Quantification of textural properties

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Low contrast

(diffuse edges)

Non-repetitive

Non-granular

Non-random

Rough

Low feature density

Non-directional

Low structural complexity

Coarse

Irregular

Non-oriented

High contrast

(sharp edges)

Repetitive

Granular

Random

Smooth

High feature density

Directional

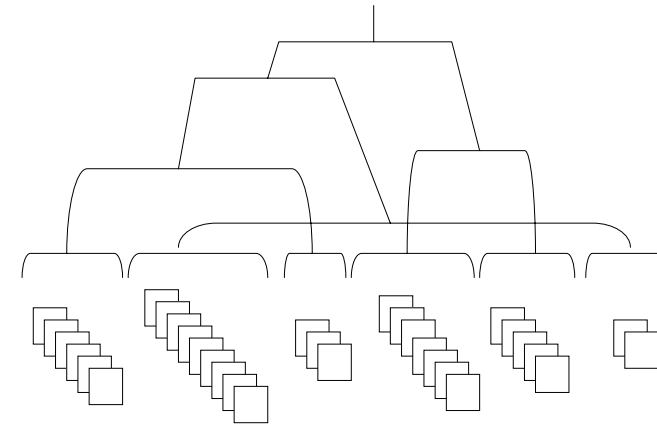
High structural complexity

Fine

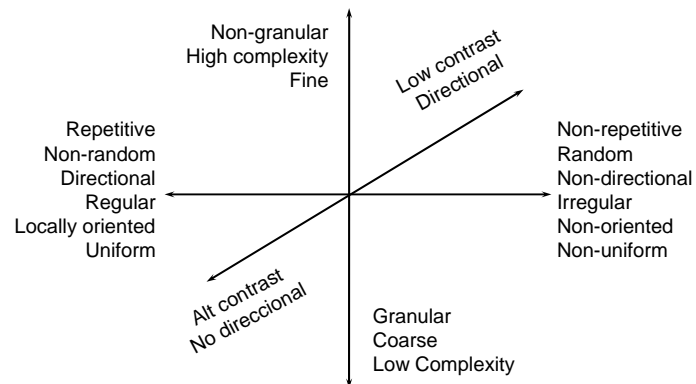
Regular

Locally oriented

Task 2: Hierarchical grouping



Results: texture representation space would be 3D



Criticisms:

- Quantification of textural properties is very subjective, what is their exact meaning?

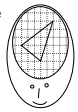
- Quantification and grouping is done after an attentive vision process, that is, some cognitives considerations can influence the decision.

(Julesz's preattentiveness assures less subjectivity)

Analysis of the same problem from a computational point of view

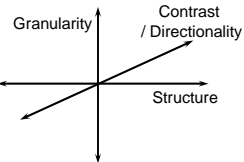
"Identificació de les dimensions d'un espai de representació de textures" [Vanrell 96]

Texture representation of the HVS from the experiment data

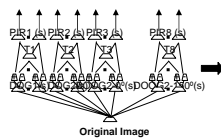


Dimension reduction

PCA / MDS ...

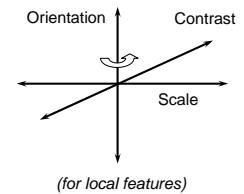


Texture representation from the Malik-Perona model



Dimension reduction

MDS ...



Rao's experiment:

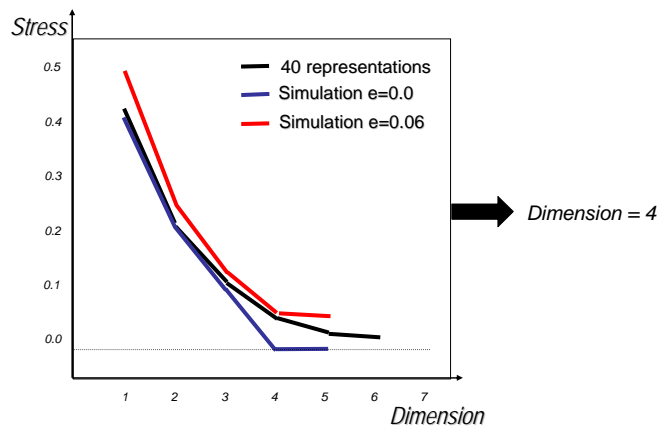
- Subjects: 20 people
- Images: 56 images from the Brodatz's album
- Data: Property quantification and hierarchical grouping

Our experiment:

- Subjects: None (substituted by a program)
- Images: 40 images from the Brodatz's album + 40 synthetic images.
- Data: Computational representations obtained from the Malik-Perona's model.

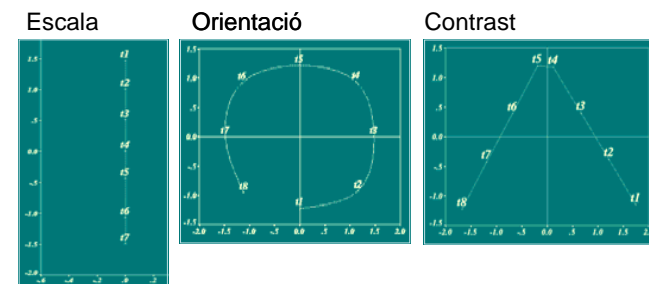


Computation of the true dimension of the representation space:



Qüestió: A què correspon cada una d'aquestes dimensions?

Possibilitats: (basant-se en conceptes objectius sobre la imatge)

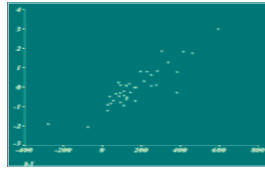


Hipòtesi: $b = (b_1, b_2, b_3, b_4) =$

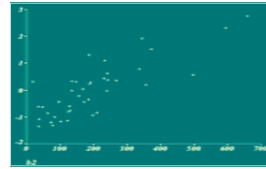
$$(f_1(s, c) \cdot \cos(2\theta), f_2(s, c) \cdot \sin(2\theta), \text{sgn}(c) f_3(|c|), f_4(|c|))$$

Validació de la hipòtesi:

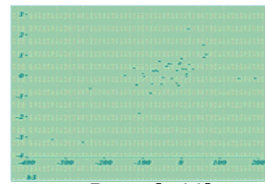
Regressió lineal múltiple entre l'espai de dimensió 4 de la representació i el proposat ens dona



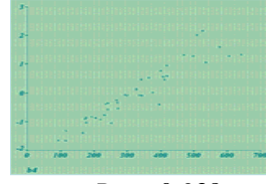
$$R_{b_1} = 0.875$$



$$R_{b_2} = 0.810$$



$$R_{b_3} = 0.660$$



$$R_{b_4} = 0.938$$

Conclusió: potser si que existeix la possibilitat de trobar una representació de baixa dimensió per la textura tal com existeix pel color

A current goal: TEXTURE DESCRIPTION

Applications: IMAGE RETRIEVAL AND BROWSING

Problem: SEMANTIC GAP

A current goal: TEXTURE DESCRIPTION

Applications: IMAGE RETRIEVAL AND BROWSING

Problem: SEMANTIC GAP

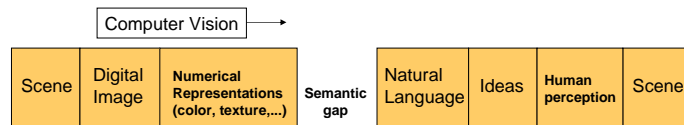
Semantic gap, is the lack of coincidence between the information that one can extract from the visual data and the interpretation that the same data have for a user in a given situation.

A current goal: TEXTURE DESCRIPTION

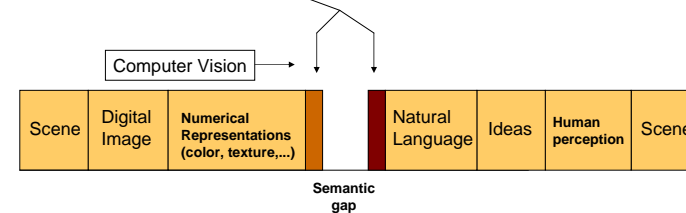
Applications: IMAGE RETRIEVAL AND BROWSING

Problem: SEMANTIC GAP

Semantic gap, is the lack of coincidence between the information that one can extract from the visual data and the interpretation that the same data have for a user in a given situation.

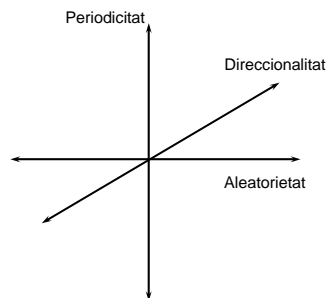


Several works are trying to bridge this gap in both directions



Periodicity, Directionality and Randomness

“Periodicity, directionality and randomness: Wold features for image modelling and retrieval” [Picard-95]:



Transformada de Wold:

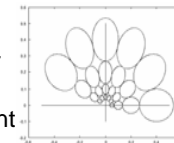
Aplicació d'una sèrie de llindars sobre l'espectre de Fourier.

Regularity, Directionality (2) and Scale (2)

“A browsing descriptor for browsing and similarity retrieval” [Manjunath, et al - 2000] (MPEG-7)

- Aplicació d'un banc de filtres de Gabor
- Derivació de la mesura:
PBC: Perceptual Browsing Component

$$PBC = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$$



- dim 1: Regularitat o grau d'estructura de la textura.
- dim 2 i dim 3: Direccionalitat o les dues direccions més predominants de la textura.
- dim 4 i dim 5: Escala o les dues escales més dominants de la textura.

Exemples:

T002:[1 3 3 1 1] T007:[1 3 3 1 3] T009:[1 4 1 1 1] T012:[1 6 3 1 1] T097:[1 1 5 1 2]

T018:[2 6 2 3 3] T067:[2 2 6 4 1] T075:[2 6 4 1 3] T107:[2 2 4 2 1] T055:[3 1 4 1 4]

T001:[4 1 4 3 3] T006:[4 1 4 4 4] T014:[4 1 4 4 4] T020:[4 2 3 3 2] T095:[4 1 4 3 3]

Principal Problema: AMBIGÜITAT!!

Cas d'ambigüitat:

TBD: [4 1 4 3 3] TBD: [4 1 4 3 3]

Segons aquesta descripció, diríem:

"very regular, with 0° and 90° as predominant directions, and with two medium scales"

Proposta alternativa: descripció basada en el concepte de subtextura

Blobs: Taques clares o fosques, orientades o isotròpiques i d'una certa mida.

Patrons emergents: Associacions de blobs que són perceptualment agrupats i que es repeteixen en tota la imatge.

Subtextura: Conjunt de blobs o patrons emergents que comparteixen algun atribut.

Textura: Imatge que es descriu per un conjunt de subtextures que es presenten solapades en tota la superfície de la imatge.

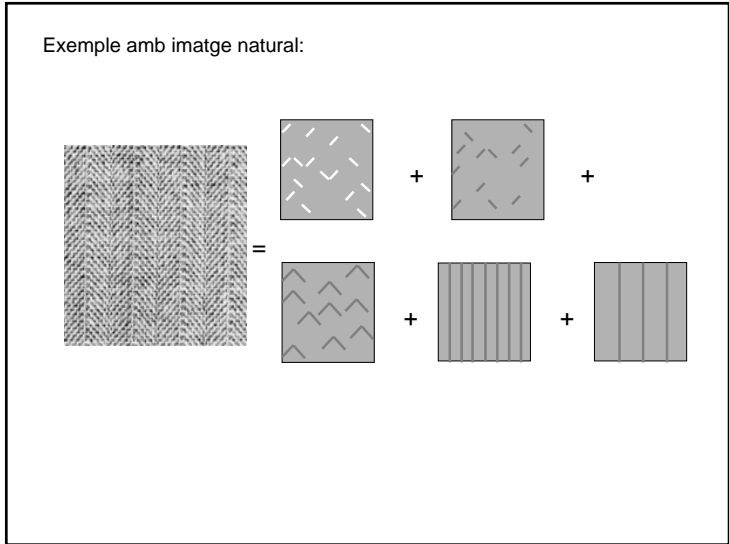
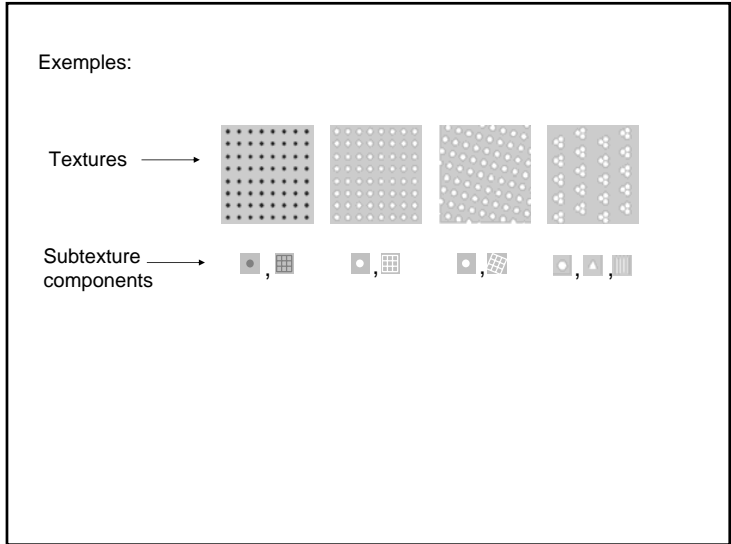
Model computacional proposat:

Pas 1: Aïllament de les subtextures → Subtextura 1, Subtextura 2, ..., Subtextura n

Pas 2: Càlcul de les característiques → Característiques

Pas 3: Construcció de la representació → $\begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$

Validació del model → EXPERIMENT PSICOFÍSIC



EXPERIMENT PSICO-FÍSIC

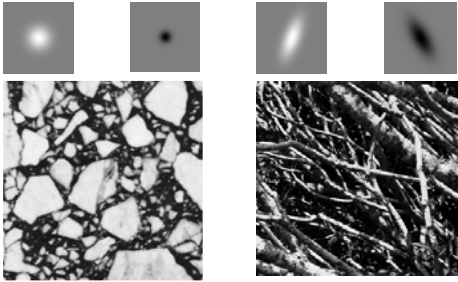
Objectiu: obtenir una **descripció de les textures en llenguatge natural**.

Per això primer definirem la descripció proposada, donarem alguns exemples de descripcions de textures i tot seguit us demanarem que feu la descripció d'algunes textures en els termes que us proposem.

Proposta de descripció de textures

Característiques locals: blobs

→ Regions de la imatge tancades, convexes i amb nivell de gris uniforme



Proposta de descripció de textures

Regions de la imatge tancades, convexes i amb nivell de gris uniforme

Proposta de descripció de textures

Característiques globals: patrons emergents

Agrupacions perceptuals de blobs que apareixen repetidament a la imatge

Proposta de descripció de textures

Característiques globals: patrons emergents

Agrupacions perceptuals de blobs que apareixen repetidament a la imatge

Proposta de descripció de textures

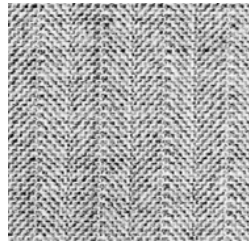
Problema de la complexitat de les textures:

Proposta de descripció de textures

Solució : descomposició en **subtextures**



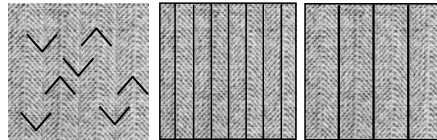
conjunt de blobs o de patrons emergents que tenen una o diverses propietats iguals



Blobs:



Patrons emergents:



Bloc de preguntes:

1. Subtextures formades per blobs:
 - Com són els blobs que la formen ?
 - forma
 - contrast
 - escala
 - Tenen una direcció predominant ?
 - Quin és el grau d'estructura de la subtextura ?
2. Subtextures formades per patrons emergents:
 - Com són els patrons emergents que la formen ?
 - tipus
 - grau de certesa
 - escala
 - Tenen alguna direcció predominant ?
 - Quin és el grau d'estructura de la subtextura ?
3. Fons: perceps un fons, a més de les subtextures que has descrit ?

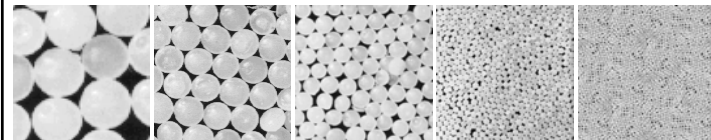
1. Subtextures basades en blobs:

A) FORMA, CONTRAST, ESCALA DELS BLOBS

	FORMA		CONTRAST			ESCALA						
	No allargats	Allargat	Fosc	Clar	Alt	Mig	Baix	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita
Subtextura 1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Subtextura 2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Subtextura 2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Subtextura 2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

ESCALA DE LA TEXTURA:

Entenem com escala de la textura la mida de l'element textural respecte la mida de la imatge:



Molt Gran

Gran

Mitjana

Petita

Molt Petita

B) DIRECCIONS PREDOMINANTS

	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

GRAU D'ESTRUCTURA DE LA TEXTURA:

ESTRUCTURAT ▶

Gens Poc Mig Bastant Molt

▶ **ALEATORI**

Molt Bastant Mig Poc Gens

2. Subtextures basades en patrons emergents:

A) TIPUS DE PATRONS, GRAU DE CERTESA, ESCALA

	Cercles	Ratilles	Quadres	Creus	Fletxes	T's	Poligons	Altres	Grau de certesa					ESCALA					
									1	2	3	4	5	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita	
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B) DIRECCIONS PREDOMINANTS

	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

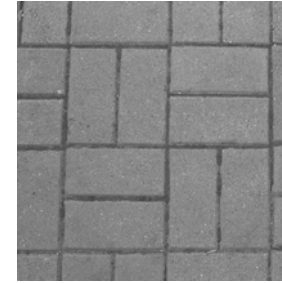
C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Fons

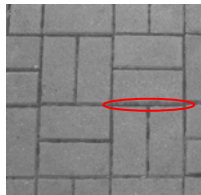
	No hi ha fons	Hi ha un fons clar	Hi ha un fons fosc
Textura	○	○	○

Exemple 1: Tiles



Exemple 1: Tiles

1. Subtextures basades en blobs:

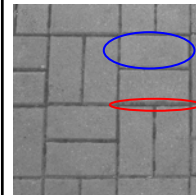


A) FORMA, CONTRAST, ESCALA DELS BLOBS

	FORMA		CONTRAST				ESCALA					
	No allargats	Allargat	Fosc	Clar	Alt	Mig	Baix	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita
Subtextura 1	○	✗	✗	○	○	✗	○	✗	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Exemple 1: Tiles

1. Subtextures basades en blobs:



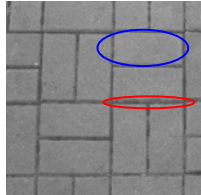
A) FORMA, CONTRAST, ESCALA DELS BLOBS

	FORMA		CONTRAST				ESCALA					
	No allargats	Allargat	Fosc	Clar	Alt	Mig	Baix	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita
Subtextura 1	○	✗	✗	○	○	✗	○	✗	○	○	○	○
Subtextura 2	○	✗	○	✗	○	✗	○	✗	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Exemple 1: Tiles

1. Subtextures basades en blocs:

B) DIRECCIONS PREDOMINANTS



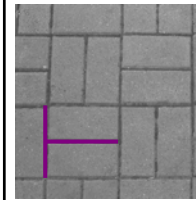
	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exemple 1: Tiles

2. Subtextures basades en patrons emergents:

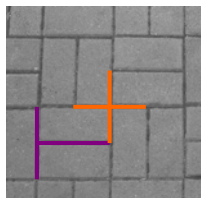


A) TIPUS DE PATRONS, GRAU DE CERTESA, ESCALA

	Cercles	Ratilles	Quadres	Creus	Fletxes	T's	Polígons	Altres	grau de certesa					ESCALA					
									1	2	3	4	5	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita	
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exemple 1: Tiles

2. Subtextures basades en patrons emergents:

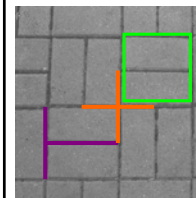


A) TIPUS DE PATRONS, GRAU DE CERTESA, ESCALA

	Cercles	Ratilles	Quadres	Creus	Fletxes	T's	Polígons	Altres	grau de certesa					ESCALA					
									1	2	3	4	5	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita	
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exemple 1: Tiles

2. Subtextures basades en patrons emergents:

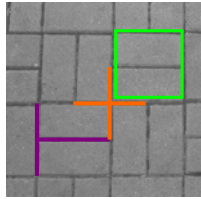


A) TIPUS DE PATRONS, GRAU DE CERTESA, ESCALA

	Cercles	Ratilles	Quadres	Creus	Fletxes	T's	Polígons	Altres	grau de certesa					ESCALA					
									1	2	3	4	5	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita	
Subtextura 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subtextura 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exemple 1: Tiles

2. Subtextures basades en patrons emergents:



B) DIRECCIONS PREDOMINANTS

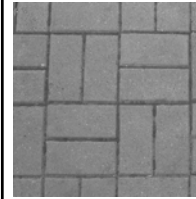
	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	✗	○	○	○	✗	○	○	○	○
Subtextura 2	✗	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 3	✗	○	○	○	✗	○	○	○	○
Subtextura 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○

C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	✗	○	○	○	○
Subtextura 2	✗	○	○	○	○
Subtextura 3	✗	○	○	○	○
Subtextura 4	○	○	○	○	○

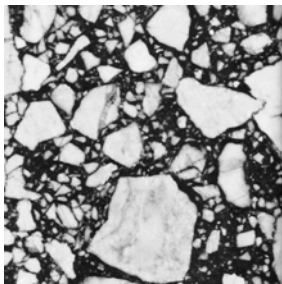
Exemple 1: Tiles

3. Fons



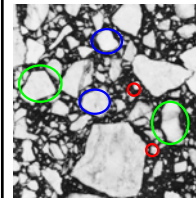
	No hi ha fons	Hi ha un fons clar	Hi ha un fons fosc
Textura	✗	○	○

Exemple 2: Marble



Exemple 2: Marble

1. Subtextures basades en blobs:

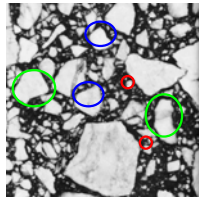


A) FORMA, CONTRAST, ESCALA DELS BLOBS

	FORMA		CONTRAST				ESCALA					
	No allargats	Allargat	Fosc	Clar	Alt	Mig	Baix	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita
Subtextura 1	✗	○	○	✗	✗	○	○	○	○	○	✗	○
Subtextura 2	✗	○	○	✗	✗	○	○	○	○	✗	○	○
Subtextura 2	✗	○	○	✗	✗	○	○	○	✗	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Exemple 2: Marble

1. Subtextures basades en blobs:



B) DIRECCIONS PREDOMINANTS

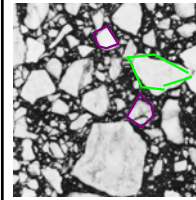
	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	○	○	○	○	○	○	○	○	✗
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	✗
Subtextura 3	○	○	○	○	○	○	○	○	✗
Subtextura 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○

C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	○	○	○	○	✗
Subtextura 2	○	○	○	○	✗
Subtextura 3	○	○	○	○	✗
Subtextura 4	○	○	○	○	○

Exemple 2: Marble

2. Subtextures basades en patrons emergents:

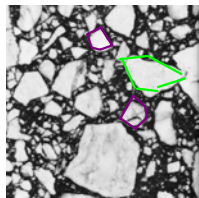


A) TIPUS DE PATRONS, GRAU DE CERTESA, ESCALA

	Cercles	Ratilles	Quadres	Creus	Fletxes	T's	Polígons	Altres	grau de certesa					ESCALA						
									1	2	3	4	5	Molt gran	Gran	Mitja	Petita	Molt petita		
Subtextura 1	○	○	○	○	○	○	✗	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Exemple 2: Marble

2. Subtextures basades en patrons emergents:



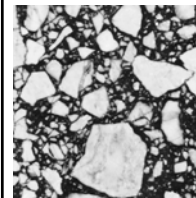
B) DIRECCIONS PREDOMINANTS

	0°	22°	45°	67°	90°	112°	135°	157°	Orientació aleatòria
Subtextura 1	○	○	○	○	○	○	○	○	✗
Subtextura 2	○	○	○	○	○	○	○	○	✗
Subtextura 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Subtextura 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○

C) GRAU D'ESTRUCTURA

	Molt estructurat	Bastant estructurat	Mig estructurat	Bastant aleatori	Molt aleatori
Subtextura 1	○	○	○	○	✗
Subtextura 2	○	○	○	○	✗
Subtextura 3	○	○	○	○	○
Subtextura 4	○	○	○	○	○

Exemple 2: Marble

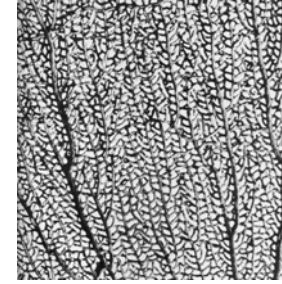


	No hi ha fons	Hi ha un fons clar	Hi ha un fons fosc
Textura	○	○	✗

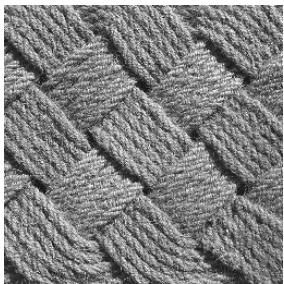
Imatge 2:



Imatge 4:



Imatge 7:



Imatge 9:

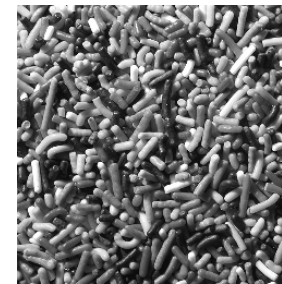


Image 10:

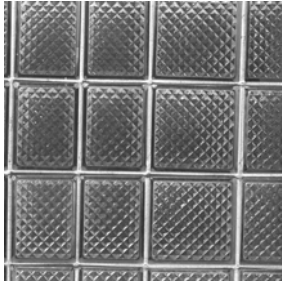


Table of contents:

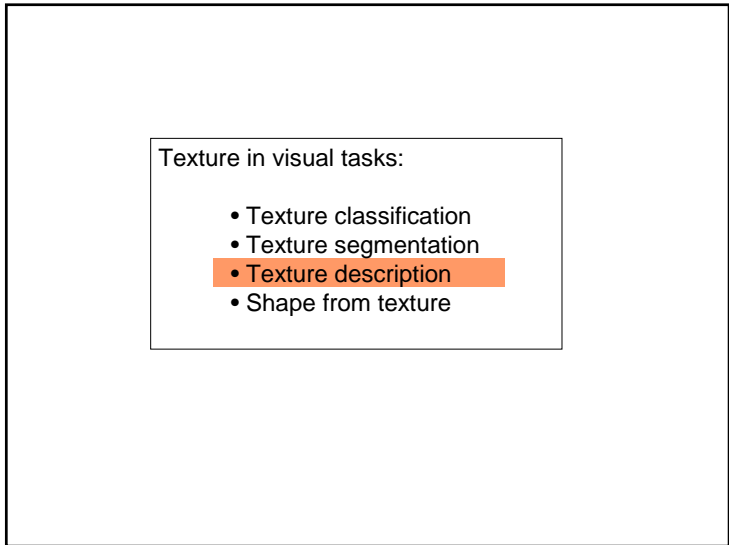
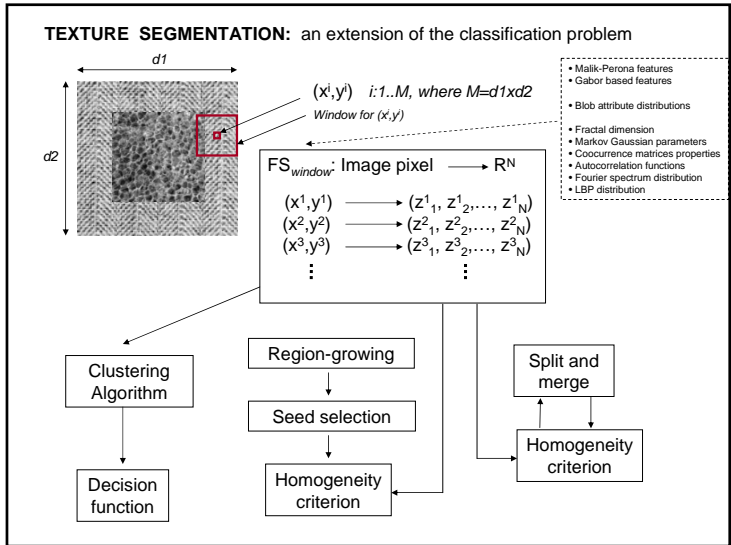
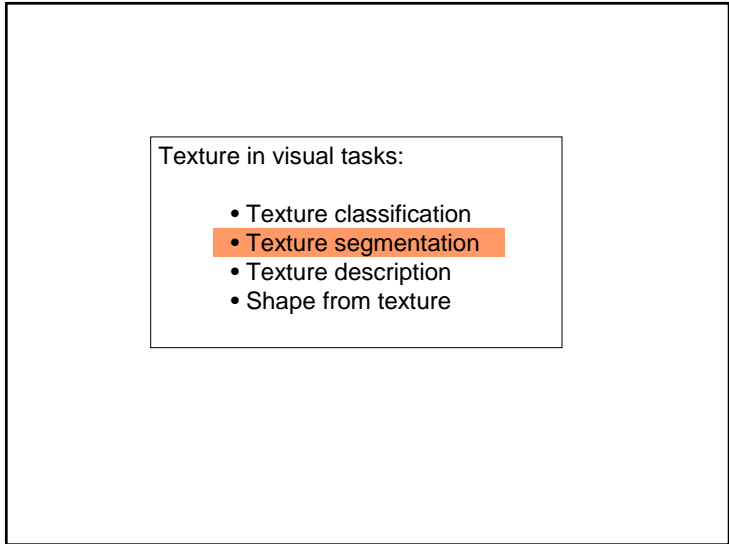
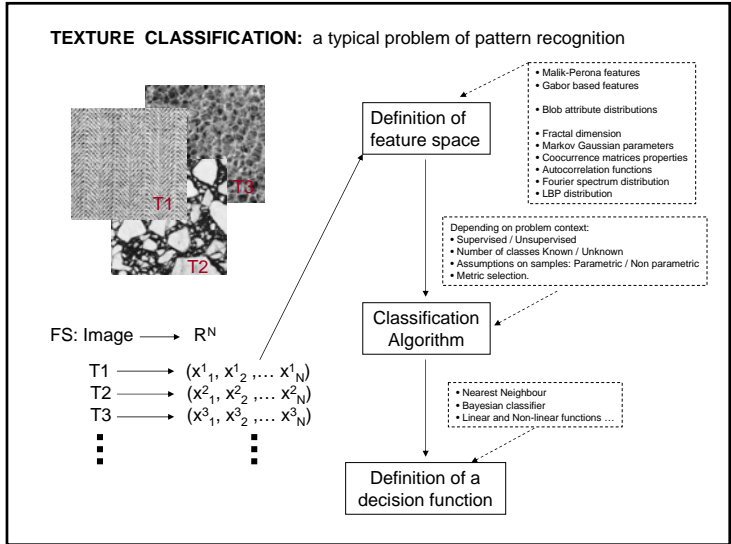
- Physics and Psychophysics of texture perception
- Computational models for texture perception
- Computational estimation of texture properties
- Building a texture representation space
- **Texture in visual tasks**
- Texture and Colour

Texture in visual tasks:

- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture

Texture in visual tasks:

- **Texture classification**
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture



TEXTURE DESCRIPTION: implies the definition of a basic set of properties

[Periodicity, Directionality, Randomness]

based on Wold features, that are derived from the Fourier transform

[Regularity, Directionality 1, Directionality 2, Scale 1, Scale 2]

based on Gabor filtering

Subtexture 1 - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

Subtexture 2 - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

⋮

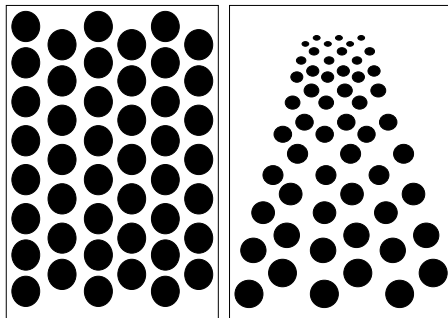
Subtexture k - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

based on the detection of subtexture, that is, blob groups or emergent patterns sharing a property

Texture in visual tasks:

- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture

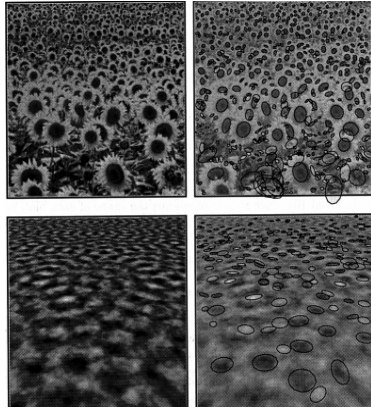
Shape from texture (extracció de forma a partir de textura)



Passos que segueixen els algorismes:

- Identificació dels elements texturals.
Element textural: Regió connexa de la imatge amb poca variació de nivell de gris.
- Càlcul dels gradients de textura:
 - Gradient d'àrea
 - Gradient de l'aspect-ratio
 - Gradient de densitat
- Estimació de la superfície.
Tipus de superfícies: planes, cilíndriques, esfèriques, etc.

Identificació dels elements texturals:

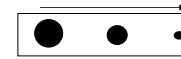


En general: Les regions blanques i negres es tracten per separat.
[Lindeberg 2000]

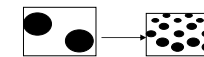
Càlcul del gradient de la textura:

Tres tipus de gradients:

- Gradient d'àrea

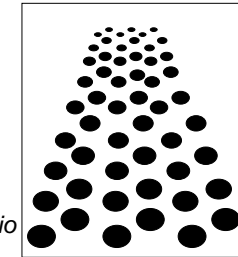


- Gradient de densitat

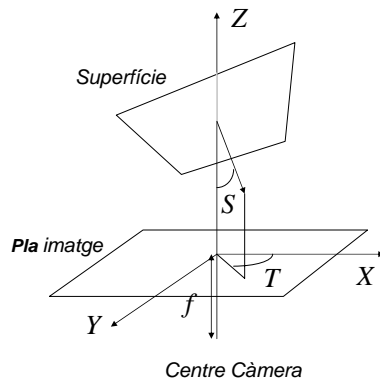


- Gradient de l'aspect-ratio

$$\text{AspectRatio} = \frac{\text{radi}_{\text{menor}}}{\text{radi}_{\text{major}}}$$



Model de la superfície: (suposem superfície plana)



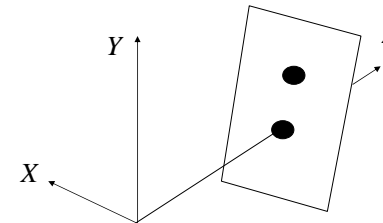
Slant: Angle entre l'eix òptic i la normal a la superfície.

Tilt: Angle entre la projecció paral·lela sobre el pla X de la normal a la superfície i l'eix X.

Problema: Trobar (S, T)

Per a cada tipus de característica (àrea, densitat o aspect ratio) s'extreu l'expressió de la seva variació sobre la superfície.

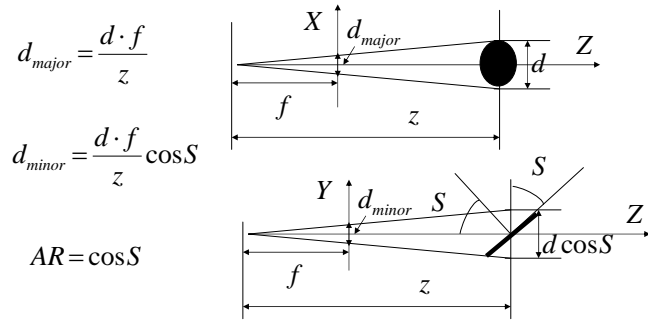
Exemple:



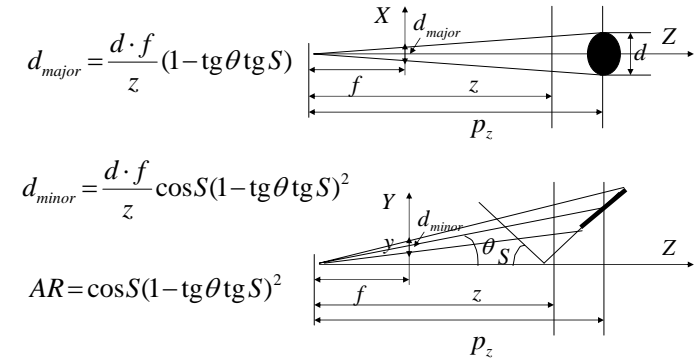
Suposem que $T=0$ i que l'element textural és rodó de diàmetre d .

Aleshores:

L'aspect ratio de l'elipse projectada sobre el punt (0,0) del pla imatge i considerant una projecció perspectiva ve donat per:



L'aspect ratio d'una elipse projectada sobre el punt (0,y) del pla imatge i considerant una projecció perspectiva ve donat per:



Estimació de la superfície:

Considerant les equacions deduïdes que permeten relacionar les propietats de les característiques:

Aspect ratio , àrea , densitat

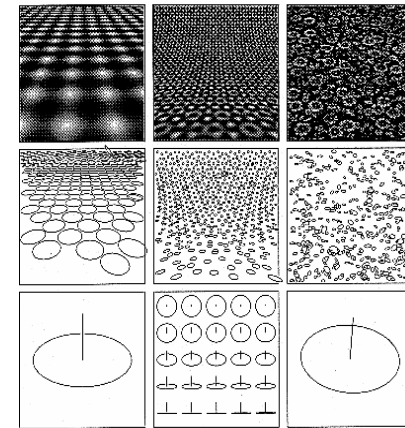
amb els paràmetres de la superfície:

TILT , *SLANT*

Aleshores es poden aproximar els valors per aquests paràmetres que més bé s'ajusten amb les propietats detectades a cada regió de la imatge.

S'haurà de definir per tant un criteri que mesuri el grau d'ajust.

Resultats:



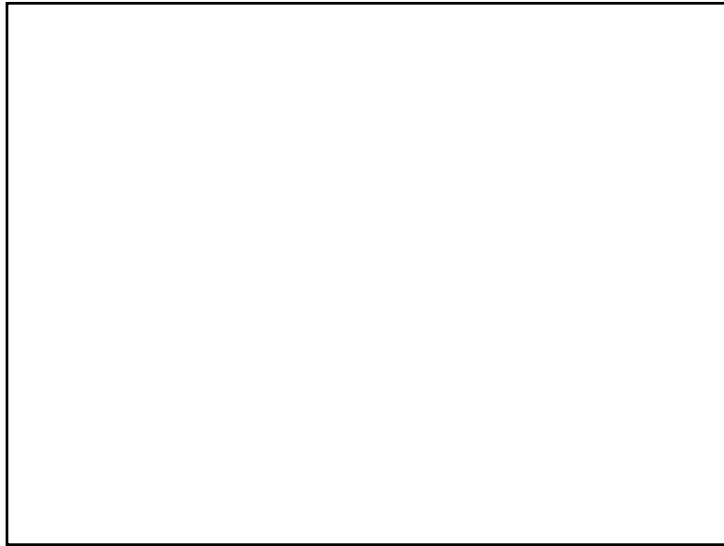
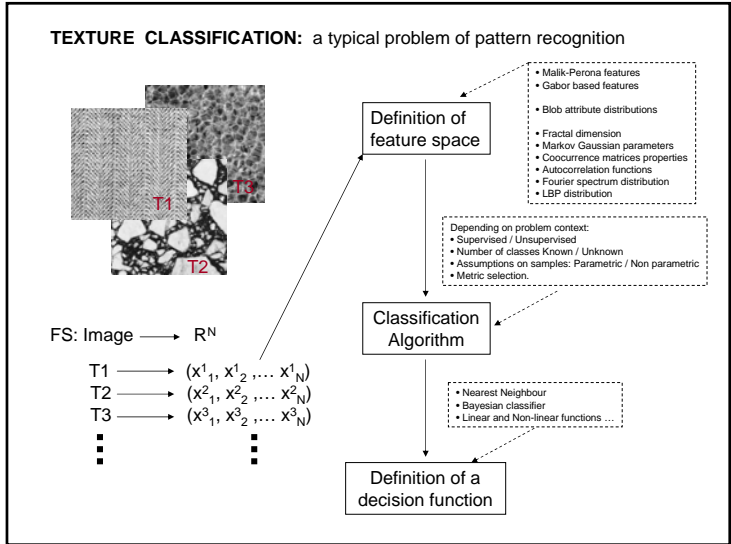


Table of contents:

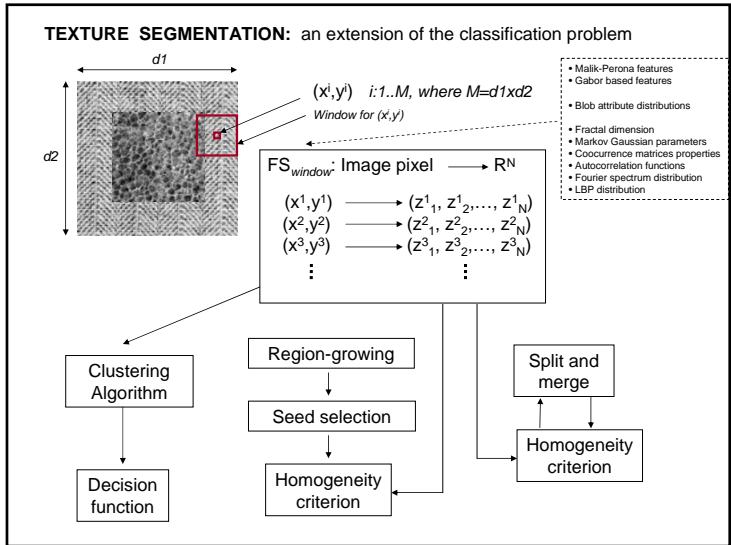
- Physics and Psychophysics of texture perception
- Computational models for texture perception
- Computational estimation of texture properties
- Building a texture representation space
- **Texture in visual tasks**
- Texture and Colour

- Texture in visual tasks:
- Texture classification
 - Texture segmentation
 - Texture description
 - Shape from texture

- Texture in visual tasks:
- **Texture classification**
 - Texture segmentation
 - Texture description
 - Shape from texture



- Texture in visual tasks:
- Texture classification
 - **Texture segmentation**
 - Texture description
 - Shape from texture



- Texture in visual tasks:
- Texture classification
 - Texture segmentation
 - **Texture description**
 - Shape from texture

TEXTURE DESCRIPTION: implies the definition of a basic set of properties

[Periodicity, Directionality, Randomness]

based on Wold features, that are derived from the Fourier transform

[Regularity, Directionality 1, Directionality 2, Scale 1, Scale 2]

based on Gabor filtering

Subtexture 1 - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

Subtexture 2 - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

⋮

Subtexture k - [Shape, Contrast, Scale, Orientation, Structure]

based on the detection of subtexture, that is, blob groups or emergent patterns sharing a property

Texture in visual tasks:

- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture

Shape from texture (extracció de forma a partir de textura)

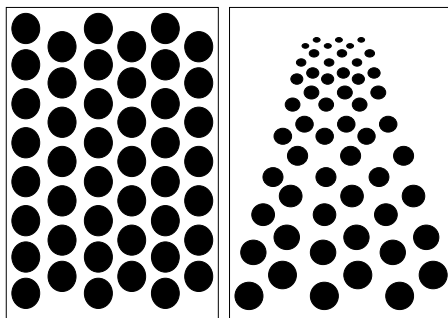


Table of contents:

- Physics and Psychophysics of texture perception
- Computational models for texture perception
- Computational estimation of texture properties
- Building a texture representation space
- Texture in visual tasks
- Texture and Colour

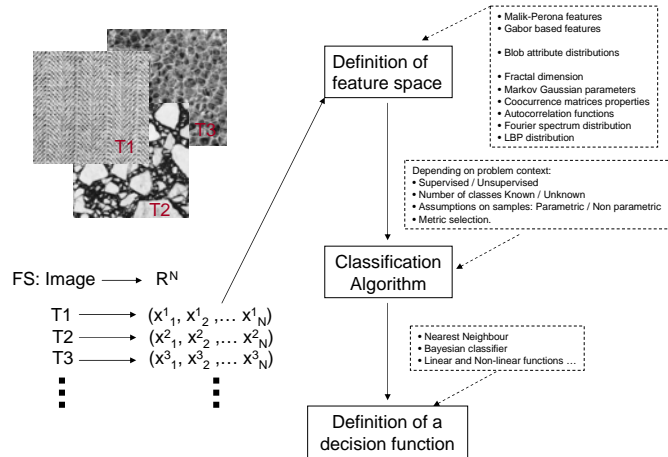
Texture in visual tasks:

- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture

Texture in visual tasks:

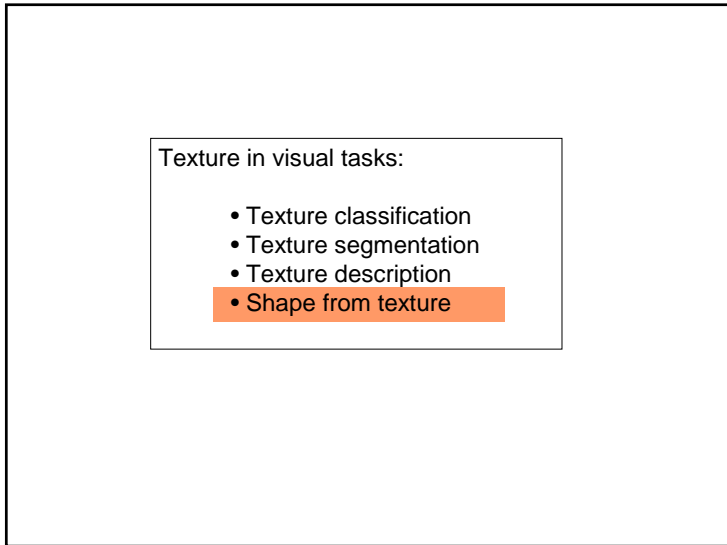
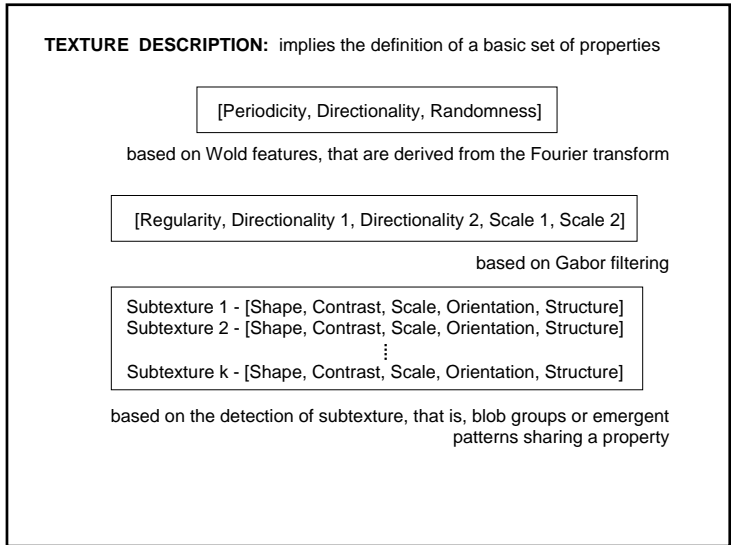
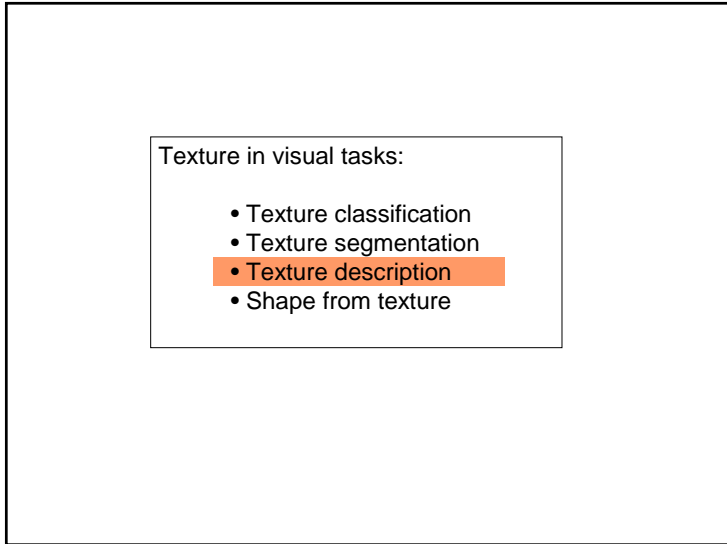
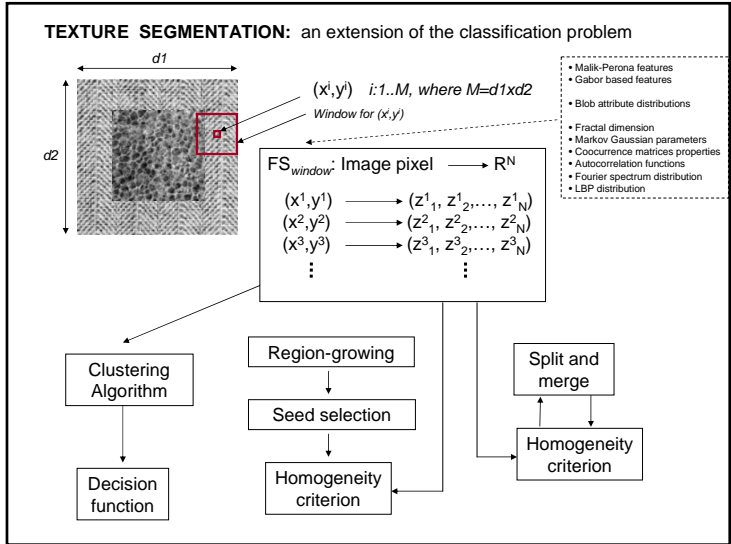
- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture

TEXTURE CLASSIFICATION: a typical problem of pattern recognition

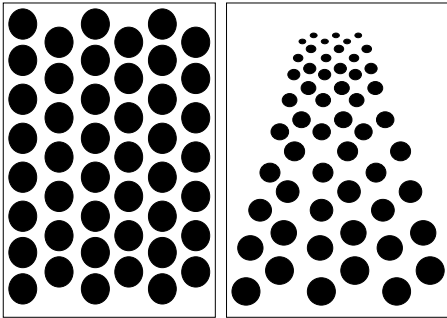


Texture in visual tasks:

- Texture classification
- Texture segmentation
- Texture description
- Shape from texture



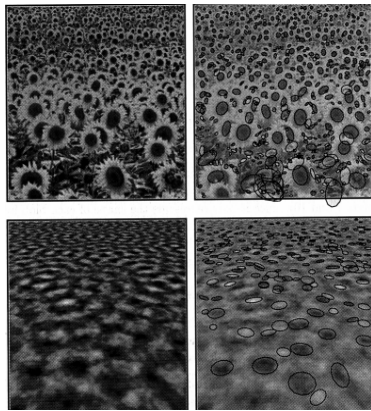
Shape from texture (extracció de forma a partir de textura)



Passos que segueixen els algorismes:

- Identificació dels elements texturals.
Element textural: Regió connexa de la imatge amb poca variació de nivell de gris.
- Càlcul dels gradients de textura:
 - Gradient d'àrea
 - Gradient de l'aspect-ratio
 - Gradient de densitat
- Estimació de la superfície.
Tipus de superfícies: planes, cilíndriques, esfèriques, etc.

Identificació dels elements texturals:



En general: Les regions blanques i negres es tracten per separat.
[Lindeberg 2000]

Càlcul del gradient de la textura:

Tres tipus de gradients:

- Gradient d'àrea

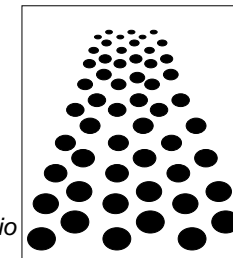


- Gradient de densitat

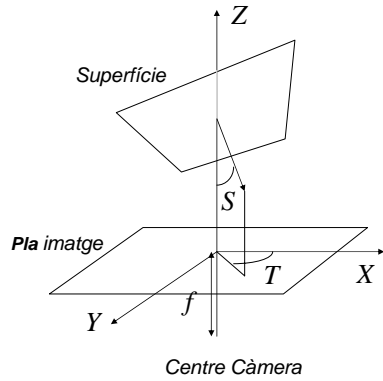


- Gradient de l'aspect-ratio

$$\text{AspectRatio} = \frac{\text{radi}_{\text{menor}}}{\text{radi}_{\text{major}}}$$



Model de la superfície: (suposem superfície plana)



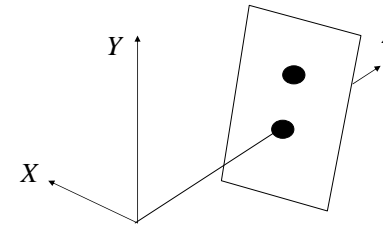
Slant: Angle entre l'eix òptic i la normal a la superfície.

Tilt: Angle entre la projecció paral·lela sobre el pla X de la normal a la superfície i l'eix X.

Problema: Trobar (S, T)

Per a cada tipus de característica (àrea, densitat o aspect ratio) s'extreu l'expressió de la seva variació sobre la superfície.

Exemple:



Suposem que $T=0$ i que l'element textural és rodó de diàmetre d .

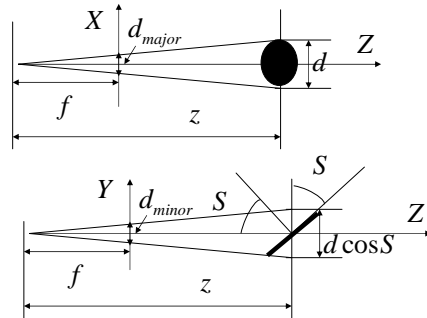
Aleshores:

L'aspect ratio de l'elipse projectada sobre el punt $(0,0)$ del pla imatge i considerant una projecció perspectiva ve donat per:

$$d_{major} = \frac{d \cdot f}{z}$$

$$d_{minor} = \frac{d \cdot f}{z} \cos S$$

$$AR = \cos S$$

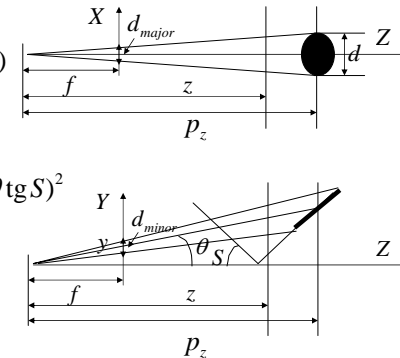


L'aspect ratio d'una elipse projectada sobre el punt $(0,y)$ del pla imatge i considerant una projecció perspectiva ve donat per:

$$d_{major} = \frac{d \cdot f}{z} (1 - \tan \theta \tan S)$$

$$d_{minor} = \frac{d \cdot f}{z} \cos S (1 - \tan \theta \tan S)^2$$

$$AR = \cos S (1 - \tan \theta \tan S)^2$$



Estimació de la superfície:

Considerant les equacions deduïdes que permeten relacionar les propietats de les característiques:

Aspect ratio , àrea , densitat

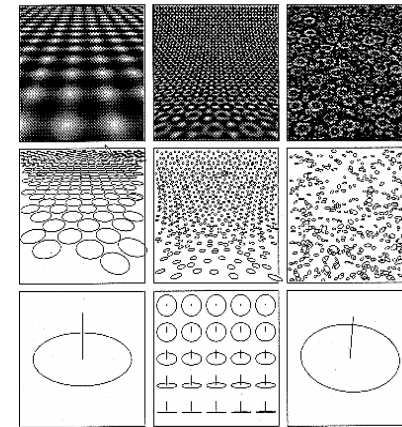
amb els paràmetres de la superfície:

TILT , *SLANT*

Aleshores es poden aproximar el valors per aquests paràmetres que més bé s'ajusten amb les propietats detectades a cada regió de la imatge.

S'haurà de definir per tant un criteri que mesuri el grau d'ajust.

Resultats:



Subjects to select a paper to read:

1. **Psychophysical** issues about texture perception.
2. Texture image formation and **physical** properties from texture images.
3. **Computational models** of the texture perception in HVS.
4. **Colour and texture**
5. **Semantic** description
6. Other **visual tasks** with textures