

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

|                      |                                          |
|----------------------|------------------------------------------|
| <b>Codi</b>          | 43871                                    |
| <b>Nom</b>           | Mecanismes i models avançats de la visió |
| <b>Cicle</b>         | Màster                                   |
| <b>Crèdits ECTS</b>  | 3.0                                      |
| <b>Curs acadèmic</b> | 2023 - 2024                              |

**Titulació/titulacions**

| <b>Titulació</b>                                                 | <b>Centre</b>      | <b>Curs</b> | <b>Període</b>      |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|---------------------|
| 2175 - M.U. en Optometria Avançada i Ciències de la Visió 13-V.2 | Facultat de Física | 1           | Primer quadrimestre |

**Matèries**

| <b>Titulació</b>                                                 | <b>Matèria</b>                               | <b>Caràcter</b> |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| 2175 - M.U. en Optometria Avançada i Ciències de la Visió 13-V.2 | 7 - Mecanismes i models avançats de la visió | Obligatòria     |

**Coordinació**

| <b>Nom</b>             | <b>Departament</b>                               |
|------------------------|--------------------------------------------------|
| LUQUE COBIJA, M JOSEFA | 280 - Òptica i Optometria i Ciències de la Visió |

**RESUM**

L'assignatura es centra en la descripció de la fenomenologia de la percepció humana de textures espaciotemporals i flux òptic, la descripció de l'arquitectura neuronal subjacent a aquests fenòmens i l'elaboració de models quantitius que els expliquin. Aquests models estan basats en transformacions lineals (tipus wavelet) i no lineals (normalització divisiva) adaptats a l'estadística de les imatges i seqüències de vídeo naturals.



## **CONEIXEMENTS PREVIS**

### **Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació**

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

### **Altres tipus de requisits**

Tot i que tots els conceptes, tant perceptuals com matemàtics, s'introdueixen adequadament en les sessions presencials, aquesta assignatura es cursa amb més facilitat tenint una mínima base d'àlgebra lineal i estant familiaritzat amb la transformada de Fourier i el concepte de filtre.

Així mateix, els i les estudiants obtindran un major aprofitament dels materials complementaris i les sessions pràctiques si estan familiaritzats amb l'eina de càlcul Matlab.

## **COMPETÈNCIES**

### **2175 - M.U. en Optometria Avançada i Ciències de la Visió 13-V.2**

- Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seua capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants siguen capaços d'integrar coneixements i afrontar la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, incloga reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
- Que els estudiants sàpiguen comunicar les conclusions (i els coneixements i les raons últimes que les sustenten) a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.
- Que els estudiants posseïsquen les habilitats d'aprenentatge que els permeten continuar estudiant d'una forma que haurà de ser en gran manera autodirigida o autònoma.
- Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
- Saber treballar en equips multidisciplinaris reproduint contextos reals i aportant i coordinant els propis coneixements amb els d'altres branques i intervinents.
- Participar en debats i discussions, dirigir-los i coordinar-los i ser capaços de resumir i extreure'n les conclusions més rellevants i acceptades per la majoria.
- Utilitzar les diferents tècniques d'exposició-oral, escrita, presentacions, panells, etc-per comunicar els seus coneixements, propostes i posicions.
- Projectar sobre problemes concrets els seus coneixements i saber resumir i extractar els arguments i les conclusions més rellevants per a la seva resolució.
- Tindre capacitat d'anàlisi crítica de la informació especialitzada en els àmbits propis del màster.



- Tindre un compromís ètic i responsabilitat social, tant en el que competix a la component assistencial lligada a la professió d'òptic-optometrista com al que respecta a la investigació clínica.
- Tindre capacitat de treball en equips multidisciplinaris en l'àrea de les ciències de la salut.
- Capacitat per a treballar, de forma crítica, amb distints models de la visió humana.
- Caracterització de les interaccions binoculars que es produïxen en la visió espacial. Modelització dels processos visuals binoculars.
- Saber relacionar el comportament psicofísic de la percepció de moviment amb els mecanismes fisiològics presents en les àrees V1 i MT del córtex visual.
- Aprofundir en les ciències de la visió com a ferramenta de coneixement i suport a l'especialització en Optometria.
- Conèixer la legislació aplicable en l'exercici professional, amb especial atenció a les matèries de d'igualtat de gènere entre home i dones, drets humans, solidaritat, protecció del medi ambient i foment de la cultura de la paz.

## RESULTATS DE L'APRENTATGE

1. Saber relacionar el comportament psicofísic de la percepció de textures amb les propietats dels mecanismes fisiològics presents en els camins visuals retina-còrtex.
2. Saber relacionar el comportament psicofísic de la percepció de moviment amb els mecanismes fisiològics presents en les àrees V1 i MT del còrtex visual.
3. Saber analitzar el contingut de les imatges i el comportament de sistemes lineals en el domini de les seves funcions pròpies i en dominis de representació estàndard (Fourier, Wavelets).
4. Saber analitzar el contingut de les seqüències d'imatges i el comportament de sistemes lineals en el domini de Fourier 3D.
5. Saber avaluar la visibilitat d'una certa objecte en moviment present en una seqüència complexa a partir del seu contingut espaciotemporal, freqüencial i de contrast, identificant els mecanismes corticals que intervenen en la seva detecció.
6. Manejar el model computacional estàndard per a realitzar prediccions sobre la visibilitat d'una certa textura present en una imatge complexa a partir del seu contingut espacial, freqüencial i de contrast, identificant els mecanismes corticals que intervenen en la percepció.
7. Saber avaluar els paràmetres útils per a la navegació en entorns 3D (estimació de profunditats i temps d'impacte) a partir de les claus de moviment (flux òptic).
8. Manejar el model computacional estàndard per realitzar tasques de classificació de formes i/o textures.



## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

### 1. Fenomenologia de la visió de textures espacials i de patrons en moviment

- 1.1 Psicofísica: (i) selectivitat freqüencial, (ii) emmascarament. Postefectes de contrast.
- 1.2 Fisiologia: (i) camps receptius dels sensors del LGN i V1, (ii) resposta no-lineal dels sensors de V1.
- 1.3 Sensibilitat al contrast espaciotemporal: finestra de visibilitat.
- 1.4 Camps receptius de les cèl·lules de V1 i MT. Sensors de freqüències espai-temporals i sensors de velocitat.
- 1.5 No linealitats i fenòmens d'adaptació al moviment. Post-efectes de moviment.

### 2. Algebra lineal per ciències de la visió

- 2.1 Imatges i seqüències com a vectors.
- 2.2 Representacions lineals d'imatges (canvis de base).
- 2.3 Sistemes lineals com matrius. Base pròpia del sistema i funció filtre.
- 2.4 Resposta d'un sistema de detectors.
- 2.5 Canvis de representació estàndard: transformada de Fourier, transformada de cosinus, transformades wavelet.

### 3. Flux òptic

- 3.1 Nivells d'abstracció en l'anàlisi del moviment.
- 3.2 Evolució temporal de la irradiància en el pla imatge: Flux òptic.
- 3.3 Utilitats de la informació de flux òptic. Flux òptic en situacions de translació i avanç. Focus d'expansió i temps d'impacte. Predicció de irradiancias.
- 3.4 Àmbit de l'estudi de visió de moviment: sensibilitat espai-temporal i moviment sense anàlisi de forma.
- 3.5 Equació del flux òptic en el domini espai-temporal.
- 3.6 El problema de l'obertura.
- 3.7 Equació del flux òptic en el domini de freqüències espai-temporals.
- 3.8 Mètodes de càlcul del flux òptic en el domini espaciotemporal i en el domini de Fourier.

### 4. Model standard de percepció de textures

- 4.1 Transformació lineal: sistema de sensors localitzats espacial i freqüencialment.
- 4.2 Funció filtre global: sensibilitat al contrast.
- 4.3 Resposta no-lineal: normalització divisiva.
- 4.4 Càlcul de distàncies en el domini de resposta. Sumació espacial i sumació freqüencial.



## **5. Model standard de visio de moviment**

- 5.1 Càlcul de flux òptic mitjançant els sensors de V1 i MT. Esquema general.
- 5.2 Energia de la resposta d'un sistema de sensors (filtre) de Gabor 3D a una seqüència de soroll blanc amb velocitat constant.
- 5.3 Generalització per seqüències no-blancues.
- 5.4 Estimació com comparació entre les mesures i les prediccions teòriques.
- 5.5 Resposta no-lineal i post-efectes.

## **6. Sesions pràctiques**

Textures. Reproducció de fenomenologia psicofísica i fisiològica mitjançant el model estàndard de percepció de textures:

1. Simulació d'un experiment de mesura dels camps receptius de V1, utilitzant estímuls puntuals en diferents posicions espacials.
2. Simulació de la mesura de la CSF acromàtica, utilitzant estímuls sinusoïdals de diferents freqüències.
3. Simulació de la mesura d'una CSF cromàtica, utilitzant estímuls sinusoïdals de diferents freqüències.
4. Simulació de la mesura de la resposta (no lineal) d'un sensor a la seva estímul de sintonitzat en diferents condicions d'emascament.
5. Simulació de la mesura de la corba de llindar incremental de contrast d'un estímul de freqüència espacial fixa, amb diferents condicions d'emascament.
6. Simulació de patologies en el model estàndard.
7. Mesures de diferència perceptual entre imatges.

Moviment. Reproducció de fenomenologia psicofísica i fisiològica mitjançant el model estàndard de percepció de moviment:

1. Seqüències de vídeo en Matlab. Generació de seqüències sintètiques i naturals, i anàlisi del seu contingut freqüencial.
2. Simulació d'anomalies en la CSF espaciotemporal.
3. Simulació de la resposta d'un sensor de V1.
4. Simulació de la resposta d'un sensor de MT.
5. Mesura de la corba de sintonitzat d'un sensor de V1.
6. Mesura de la corba de sintonitzat d'un sensor de MT.

**VOLUM DE TREBALL**

| ACTIVITAT                                       | Hores        | % Presencial |
|-------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Pràctiques en aula informàtica                  | 8,00         | 100          |
| Classes de teoria                               | 8,00         | 100          |
| Pràctiques en laboratori                        | 4,00         | 100          |
| Seminaris                                       | 4,00         | 100          |
| Preparació d'activitats d'avaluació             | 10,00        | 0            |
| Preparació de classes de teoria                 | 28,00        | 0            |
| Preparació de classes pràctiques i de problemes | 7,00         | 0            |
| <b>TOTAL</b>                                    | <b>69,00</b> |              |

**METODOLOGIA DOCENT**

S'utilitzen dos tipus de metodologia:

(A) En les sessions de teoria es fa servir la lliçó magistral combinada amb la realització d'experiències de càtedra numèriques. S'utilitza l'exposició en una pissarra electrònica (tablet-pc) evitant l'ús de power-point perquè els estudiants vagin prenent notes dels desenvolupaments matemàtics al mateix temps que el professor els exposa. La pissarra electrònica permet la realització de diagrames i notes addicionals no presents en els apunts originals. Així, tot i que els estudiants disposen dels apunts del curs amb anterioritat (a l'aula virtual), se'ls força a que vagin seguint les deduccions amb la consegüent assimilació dels conceptes.

D'altra banda, els conceptes teòrics es van il·lustrant amb experiments numèrics exposats i executats directament en aquestes classes. Els estudiants també disposen d'aquestes rutines com materials complementaris a l'aula virtual de manera que amb anterioritat o posterioritat a les classes, ells poden executar independentment aquests experiments. L'objectiu d'aquests materials complementaris (en Matlab) és doble: (1) que els estudiants compreguin la rellevància dels diferents paràmetres dels models i les representacions emprades millorant la comprensió de la teoria mitjançant l'obtenció de gràfics i la realització de càlculs concrets, i (2) que es familiaritzin amb l'ús de l'eina numèrica/gràfica que s'utilitzarà en les sessions pràctiques.

(B) En les sessions pràctiques de problemes (en laboratori d'aula d'informàtica) després d'una breu exposició del problema a tractar (la descripció de la mateixa també està a disposició dels alumnes amb anterioritat a l'aula virtual) es passa a una sessió de treball on els estudiants, en parelles, comencen a resoldre el problema (amb l'assistència del professor) utilitzant les rutines de Matlab que hem preparat. La finalització d'aquests treballs requereix un temps major que la duració de la pràctica (treball no presencial), animant als estudiants a anar a sessions de tutoria en grup per a la solució de dubtes de caràcter tècnic. En el cas de les sessions pràctiques és important que els estudiants hagin realitzat una aproximació prèvia al problema a tractar, familiaritzant-se amb les rutines a utilitzar. Això s'aconsegueix amb els materials complementaris inclosos en els temes de teoria. De manera opcional, per als estudiants amb pocs coneixements previs en Matlab, poden organitzar tutories en grup per intentar resoldre aquestes deficiències.



A més d'anar introduint l'eina que serveix per a la implementació dels models, l'objectiu de les sessions pràctiques és anar capacitant als estudiants per a la resolució d'un problema complex (que constituirà el treball que servirà per a l'avaluació d'aquesta part pràctica). En l'última sessió pràctica es proposarà un conjunt de treballs i es distribuirà als estudiants en grups de manera que cada grup abordi la solució d'un dels treballs proposats. Aquests treballs es lliuraran a la finalització del període d'exàmens.

## AVALUACIÓ

La qualificació de l'assignatura es realitzarà segons una d'aquestes opcions :

\* Opció A:

*Nota teoria + Nota Lab*

En aquest cas, la nota final s'obtindrà com la mitjana de dos factors:

- (i) un 70% dependrà d'un examen de qüestions teoricopràctiques, i
- ii) un 30% dependrà de la nota corresponent a les tasques de laboratori i treballs d'avaluació contínua proposats.

Per a fer ús d'aquesta opció serà necessari haver assistit a les sessions pràctiques. Si es desitja fer ús de l'opció A (comptabilització de la nota de laboratori) sense haver assistit a més del 75% de les sessions pràctiques, serà necessari fer un examen pràctic (en aula d'informàtica) sobre un dels problemes tractats en les sessions o en els treballs proposats.

\* Opció B:

*Nota teoria*

En aquest cas, la nota dependrà exclusivament d'un examen de qüestions teoricopràctiques. La possibilitat de superar l'assignatura segons l'opció B implica que l'assistència a les sessions pràctiques és opcional.

## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- Material general - Material general - General references  
Apuntes del curso (pdfs disponibles en el aula virtual) (pdfs available on the virtual classroom)
- Modelo estándar de texturas - Model estàndard de textures - Standard model of texture perception  
A.B. Watson. The cortex transform: rapid computation of simulated neural images. CVGIP, Vol. 39, 311-327 (1987) (cvgip\_watson87.pdf)  
A.B. Watson. Efficiency of a model human image code. J. Opt. Soc. Am, Vol. 4, 12, 2401-2417 (1987) (josa\_watson87.pdf)  
A.B. Watson & J.A. Solomon. Model of visual contrast gain control and pattern masking. J. Opt. Soc. Am, Vol. 14, 9, 2379-2391 (1997) (josa\_watson97.pdf)



- T. Serre, M. Kouh, C. Cadieu, U. Knoblich, G. Kreiman and T. Poggio. A theory of object recognition: Computations and circuits in the feedforward path of the ventral stream in primate visual cortex. AI Memo 2005-036. MIT Comp. Sci. & Artif. Intell. (2005) (Poggio05.pdf)
- Modelo estándar de movimiento - Model estàndard de moviment - Standard model of motion perception  
D.J. Heeger. Model for the extraction of image flow. J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 4, 8, 1455-1471 (1987) (josa\_heeger87.pdf)  
A.B. Watson & A.J. Ahumada. Model of human visual-motion sensing. J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 2, 322-342 (1985) (josa\_watson85.pdf)  
E.P. Simoncelli & D.J. Heeger. A model of neuronal responses in visual area MT. Vision Research, Vol. 38, 5, 743-761 (1998) (vis\_res\_simoncelli98.pdf)  
N. Rust, V. Mante, E.P. Simoncelli, & J.A. Movshon. How MT cells analyze the motion of visual patterns, Nature Neuroscience 9 (11): 1421-1431 (2006) (Rust\_Nature\_06.pdf).  
J. Malo La percepció del moviment: parte de lo que pasa por tu cabeza en unos milisegundos. Aletheia, CADE, Universitat de València, Nº 5, pp 11-17, Dec 2007 (Malo\_Aletheia\_08.pdf)
  - Fenomenología psicofísica y fisiológica - Fenomenologia psicofísica i fisiològica - Psychophysical and physiological phenomena  
B. Wandell. Foundations of Vision. Sinauer Assoc. Publ., MA, 1995  
Chalupa and Werner. The Visual Neurosciences (vol. 2). MIT Press, MA, 2003  
D. Regan. Human perception of objects. Sinauer Assoc. Publ., MA, 1999
  - Transformaciones lineales de imágenes y técnicas de flujo óptico - Transformacions lineals d'imatges i tècniques de flux òptic - Linear transformation of images and optical flow theories  
E.P. Simoncelli & E.H. Adelson. Subband transforms. Capítulo 4 de Subband Coding ed. J. Woods, Academic Press, 1990 (simoncelli90.pdf)  
A.N. Akansu, R.A. Haddad. Multiresolution signal decomposition. Capítulos 1 y 2, Academic Press, 1992 (akansu92.pdf)  
M. Tekalp. Digital Video Processing. Academic Press, NY, 1995 (Tekalp1995.djvu)
  - Representaciones de imágenes para la clasificación y la compresión de imágenes - Representacions d'imatges per a la classificació i la compressió d'imatges - Image classification and image compression  
Duda & Hart. Pattern classification and scene analysis. Cap. 1 y 2. Wiley-Interscience Publ. (2000) (Duda2000.pdf)  
Fukunaga, K. Introduction to statistical pattern recognition. Capítulos 9 y 10. Academic Press. (1990) (fukunaga90.pdf)
  - Estadística de las imágenes naturales y visión humana - Estadística de les imatges naturals i visió humana - Statistics of natural images and human vision  
H. Barlow. Redundancy reduction revisited. Network: Computation in Neural Systems, Vol. 12 241-253, (2001) (barlow01.pdf)  
E.P. Simoncelli & B. Olshausen. Natural image statistics and neural representation. Annual Review of Neuroscience. Vol. 24, 1193-1216 (2001). (rev\_neurosci\_simoncelli01.pdf)  
A. Renart, J. Rocha, N. Parga. Las respuestas de las neuronas visuales son independientes. El País 2010. (Las\_respuestas\_de\_las\_neuronas\_son\_independientes\_ELPAIS\_2010.pdf)



- Software general - Programari general - General software  
The MatWorks Inc. MATLAB: The language of technical computing and visualization.  
<http://www.mathworks.com/>  
J. Malo & M.J. Luque COLORLAB: Matlab toolbox for color image processing. Universitat de València 2002 <http://www.uv.es/vista/vistavalencia/software.html>  
E.P. Simoncelli MATLABPYRTOOLS: Matlab toolbox for multi-scale image processing.
- Software específic - Programari específic - Specific software  
J. Malo & M.J. Luque. Rutinas de Matlab desarrolladas para la asignatura y disponibles como materiales complementarios en el aula virtual (Matlab routines available in the virtual classroom).