

**Optimització i Inferència per a la Visió per  
Computador**

Codi: 43086

Crèdits: 6

| Titulació                                      | Tipus | Curs | Semestre |
|------------------------------------------------|-------|------|----------|
| 4314099 Visió per Computador / Computer Vision | OB    | 0    | 1        |

**Professor/a de contacte**

Nom: Coloma Ballester Nicolau

Correu electrònic: Desconegut

**Equip docent**

Joan Serrat Gual

Juan Francisco Garamendi Bragado

Karim Lekadir

Oriol Ramos Terrades

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

**Prerequisits**

Un grau en Enginyeria, Matemàtiques, Física o similar.

**Objectius**

L'objectiu d'aquest mòdul és l'aprenentatge dels algoritmes d'optimització i les tècniques d'inferència que estan darrere de moltes tasques en la visió per computador. Els conceptes principals inclouran la formulació adequada d'energies i la seva resolució, tècniques numèriques per problemes variacionals, algoritmes d'optimització de descens de gradient i eines útils per a estratègies d'aprenentatge profund. optimització convexa i models gràfics. Aquestes tècniques s'apliquen en el projecte en el context de la segmentació d'imatges i inpainting.

**Competències**

- Assumir tasques de responsabilitat en la gestió de la informació i el coneixement.
- Comprendre, analitzar i sintetitzar els coneixements avançats que hi ha en l'àrea, així com proposar idees innovadores.
- Conceptualitzar alternatives de solucions complexes per a problemes de visió i crear prototips que demostrin la validesa del sistema proposat.
- Identificar els conceptes i aplicar les tècniques fonamentals més adequades per resoldre els problemes bàsics de la visió per computador.
- Planificar, desenvolupar, avaluar i gestionar solucions per a projectes en els diferents àmbits de la visió per computador.
- Que els estudiants sàpiguin aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
- Seleccionar les eines de programari i els conjunts d'entrenament més adequats per desenvolupar les solucions per als problemes de visió per computador.
- Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
- Treballar en equips multidisciplinaris.

## Resultats d'aprenentatge

1. Assumir tasques de responsabilitat en la gestió de la informació i el coneixement.
2. Comprendre, analitzar i sintetitzar els coneixements avançats que hi ha en l'àrea, així com proposar idees innovadores.
3. Identificar els conceptes bàsics dels models gràfics i els algorismes d'inferència.
4. Identificar les millors representacions que es puguin definir per resoldre problemes tant d'optimització com d'inferència amb models gràfics.
5. Identificar les tècniques bàsiques d'optimització i els algorismes associats.
6. Que els estudiants sàpiguin aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
7. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
8. Seleccionar tècniques d'optimització i inferència i entrenar-les perquè solucionin un projecte concret.
9. Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
10. Treballar en equips multidisciplinaris.
11. Utilitzar tècniques d'optimització i inferència per planificar, desenvolupar, avaluar i gestionar una solució per a un problema concret

## Continguts

1. Introducció a problemes d'optimització i mètodes de minimització d'energia. Exemples i visió general d'una formulació variacional.
2. Repàs de l'àlgebra lineal computacional: mètodes de mínims quadrats, descomposició en valors singulars, pseudoinversa, mètodes iteratius. Aplicacions.
3. Tècniques numèriques per a problemes variacionals: derivada de Gateaux, equació d'Euler-Lagrange i mètodes de gradient. Aplicacions: denoising, inpainting d'imatges i Poisson editing. L'estratègia de Backpropagation per al càlcul de gradients. Algorismes d'optimització de descens per gradient útils per a estratègies d'aprenentatge profund.
4. Optimització convexa. Optimització amb i sense restriccions. Principis i mètodes de la dualitat. Problemes no-convexos i relaxació convexa. Aplicacions: restauració per Variació Total, càlcul de disparitat, càlcul de flux òptic.
5. Segmentació amb models variacionals. El funcional de Mumford i Shah. Representacions de forma explícita i implícita. Formulació amb conjunts de nivell.
6. Xarxes Bayessianes i MRFs. Tipus d'Inferència. Principals algorismes d'inferència. Exemples: stéreo, denoising.
7. Algorismes d'inferència. Belief propagation: message passing, loopy belief propagation. Exemple: inferència per a segmentació.

8. Structural learning. Exemple: contour labeling.

9. Mètodes de mostreig: Mètodes basats en partícules, Markov Chain Monte Carlo, Gibbs Sampling.

## Metodologia

### Methodology

Supervised sessions:

- Lecture Sessions, where the lecturers will explain general contents about the topics. Some of them will be used to solve the problems.

Directed sessions:

- Project Sessions, where the problems and goals of the projects will be presented and discussed, students will interact with the project coordinator about problems and ideas on solving the project (approx. 1 hour/week)
- Presentation Session, where the students give an oral presentation about how they have solved the project and a demo of the results.
- Exam Session, where the students are evaluated individually. Knowledge achievements and problem-solving skills

Autonomous work:

- Student will autonomously study and work with the materials derived from the lectures.
- Student will work in groups to solve the problems of the projects with deliverables:
- Code
- Reports
- Oral presentations

### Activities

| TYPE       | ACTIVITY                                | HOURS | LEARNING OUTCOMES                 |
|------------|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| Supervised |                                         |       |                                   |
|            | Project, Presentation and Exam Sessions | 10    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 |
| Directed   |                                         |       |                                   |
|            | Lecture Sessions                        | 20    | 1, 2, 3                           |

---

Autonomous

---

Homework

120

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

---

## Activitats formatives

| Títol                              | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge       |
|------------------------------------|-------|------|--------------------------------|
| Tipus: Dirigides                   |       |      |                                |
| Sessions teòriques                 | 20    | 0,8  | 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11        |
| Tipus: Supervisades                |       |      |                                |
| Sessions de seguiment de projectes | 8     | 0,32 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 |
| Tipus: Autònomes                   |       |      |                                |
| Treball autònom                    | 113   | 4,52 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10        |

## Avaluació

### Avaluació

La nota final d'aquest mòdul es calcula amb la següent fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0.4 \times \text{Examen} + 0.55 \times \text{Projecte} + 0.05 \times \text{Assistència}$$

on,

Examen: és la nota obtinguda en l'examen final del mòdul (ha de ser  $\geq 3$ )

Assistència: és la nota derivada de l'assistència a les sessions (mínim 70%)

Projecte: és la nota que posa el coordinador del projecte d'acord amb els resultats del seguiment setmanal del projecte i de les entregues. Tot d'acord amb criteris específics com ara:

- Participació en les sessions de discussió i en el treball en equip (avaluació entre-membres)
- Entrega de les parts obligatòries i opcionals del projecte.
- Desenvolupament del codi (estil, comentaris, etc.)
- Informe (justificació de les decisions preses en el desenvolupament del projecte)
- Presentació (Presentació i demostració del projecte desenvolupat)

[Activitats d'avaluació](#)

| Títol                  | Hores    | Pes | Resultats d'aprenentatge               |
|------------------------|----------|-----|----------------------------------------|
| Assistència a sessions | 0,5 0,05 |     | 8, 6, 4, 5, 1                          |
| Examen                 | 2,5 0,4  |     | 0,4 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10            |
| Projecte               | 6 0,55   |     | 0,55 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 |

### Activitats d'avaluació

| Títol                  | Pes  | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge    |
|------------------------|------|-------|------|-----------------------------|
| Assistència a sessions | 0,05 | 0,5   | 0,02 | 1, 2, 7, 9, 10              |
| Exàmen                 | 0,4  | 2,5   | 0,1  | 2, 3, 4, 5, 6, 9            |
| Projecte               | 0,55 | 6     | 0,24 | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 |

### Bibliografia

#### Journal articles:

1. Xavier Bresson and Tony F. Chan. "Fast Dual Minimization of the Vectorial Total Variation Norm and Applications to Color Image Processing. Inverse Problems and Imaging". American Institute of Mathematical Sciences. Vol 2, No. 4, pp 455-484 2008.
2. Chan, T. F., & Vese, L. a. "Active contours without edges". IEEE Transactions on Image Processing: A Publication of the IEEE Signal Processing Society, 10(2), pp 266-77, 2001.
3. Daphne Koller and Nir Friedman, "Probabilistic Graphical Models. Principles and techniques", 2009.
4. Patrick Pérez, Michel Gangnet, and Andrew Blake. "Poisson image editing". In ACM SIGGRAPH 2003 Papers (SIGGRAPH '03). ACM, New York, NY, USA, 313-318 2003.
5. L.I. Rudin, S. Osher, and E. Fatemi. "Nonlinear Total Variation based Noise Removal Algorithms". Physical D Nonlinear Phenomena, 60, pp 259-268, November 1992.
6. Ruder, Sebastian. "An overview of gradient descent optimization algorithms." *arXiv preprint arXiv:1609.04747*(2016).

#### Books:

1. S.P. Boyd, L. Vandenberghe, "Convex optimization", Cambridge University Press, 2004.
2. Tony F. Chan and Jianhong Shen. "Image Processing and Analysis: Variational, PDE, Wavelet and Stochastic Methods". Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.

3. J. Nocedal, S.J. Wright, "Numerical optimization", Springer Verlag, 1999.
4. Aubert Gilles, Pierre Kornprobst. "*Mathematical Problems in Image Processing: Partial Differential Equations and the Calculus of Variations*". Springer-Verlag New York.
5. Joe D. Hoffman. "*Numerical Methods for Engineers and Scientists*"
6. Daphne Koller and Nir Friedman, "*Probabilistic Graphical Models. Principles and techniques*", 2009.
7. Sebastian Nowozin and Christoph H. Lampert, "*Structured Learning and Prediction in Computer Vision*", Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision: Vol. 6: No. 3-4, pp 185-365, 2011.
8. C. Pozrikidis. "*Numerical Computation in Science and Engineering*".