



Pla Docent de l'Assignatura

Guia Docent

Nom de l'assignatura: Visió Tridimensional

Curs acadèmic: 2012-2013

Curs: Tercer

Trimestre:

Tercer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica (Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Optativa)

Codi assignatura: 21495-21631

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores

Llengua o llengües de docència: català i anglès

Professorat: Vicent Caselles, Gloria Haro

Professorat responsable: Gloria Haro

1. Dades descriptives de l'assignatura

Nom de l'assignatura: Visió Tridimensional

Curs acadèmic: 2012-2013

Curs: Tercer

Trimestre:

Tercer

Estudis: Grau en Enginyeria en Informàtica(Optativa) i Grau en Enginyeria en Sistemes Audiovisuals (Optativa)

Codi assignatura: 21495-21631

Nombre de crèdits ECTS: 4

Nombre total d'hores de dedicació: 100 hores

Llengua o llengües de docència: català i anglès

Professorat: Vicent Caselles, Gloria Haro

Professorat responsable: Gloria Haro

2. Presentació de l'assignatura

Aquesta assignatura tracta dels fonaments de la reconstrucció tridimensional d'una escena, objecte o persona a partir de dues o més càmeres posicionades en diferents punts de vista. La visió tridimensional té múltiples aplicacions, com poden ser: generació de nous punts de vista d'una escena, reconstrucció 3D de ciutats reconstrucció 3D de peces de museus i escultures, reconstrucció 3D del cos humà per reconeixement de gestos, seguiment del cos o fins i tot animació de personatges virtuals en cinema digital i videojocs.

Començarem estudiant els conceptes bàsics de geometria projectiva del pla i de l'espai i l'estimació d'homografies en 2D. Veurem alguns models de càmeres, és a dir, com modelar el mapeig entre el món 3D i la imatge 2D. Continuarem amb el calibratge de càmeres i amb la visió estèreo (a partir de dues vistes) i els conceptes implicats: calibratge a partir de patrons, autocalibratge fent servir imatges, geometria epipolar, matriu fonamental, rectificació, plans de l'escena i homografies. Finalment veurem la geometria de tres o més vistes: estudiarem el tensor trifocal i la reconstrucció tridimensional d'una escena.

L'assignatura tindrà una forta component pràctica, part de la qual es realitzarà en un laboratori que disposa de vuit càmeres. A les pràctiques els alumnes faran servir algunes llibreries proporcionades i també hauran de programar alguns dels algorismes estudiats.

Es recomana haver cursat amb èxit les següents assignatures: Àlgebra Lineal i Matemàtica Discreta, Càlcul i Mètodes Numèrics, Processament d'Imatge. L'assignatura optativa Anàlisi i Interpretació d'Imatges no és imprescindible però si recomanable.

English version:

This course deals with the fundamentals of the 3D reconstruction of a scene, object or person from two or more cameras at different points of view. The 3D vision has many applications: new views synthesis, 3D reconstruction of cities, sculptures or museum pieces, 3D reconstruction of the human body for gesture recognition, body tracking or even virtual characters animation in digital cinema and computer games.

First, the basic concepts of the projective geometry of the plane and the 3-space will be introduced, together with the estimation of homographies in 2D. Then, we will study different camera models, i.e., the mapping from the 3D world to the 2D image. We will study camera calibration and stereo vision techniques and the concepts involved: calibration with a pattern, autocalibration using images, epipolar geometry, fundamental matrix, rectification, scene planes and homographies. Finally, we will see the geometry of three or more views: we will learn the trifocal tensor and the 3D reconstruction of a scene.

The course will have a strong practical component, part of the lab sessions will take place in a room provided with 8 cameras. During the lab sessions the students will use some provided libraries and they will have to program some of the studied methods as well.

We recommend to have followed the following courses: Algebra, Calculus, Image Processing. The course Image Analysis and Interpretation is not necessary but highly recommended.

3. Competències a assolir a l'assignatura

Competències¹ a treballar a l'assignatura segons l'indicat en el pla d'estudis del grau.

Competències transversals	Competències específiques
<i>Instrumentals</i> G1. Capacitat d'anàlisi i síntesi G2. Capacitat d'organització i planificació G3. Capacitat per aplicar els coneixements a l'anàlisi de situacions i la resolució de problemes G4. Habilitat en la cerca i la gestió de la informació G5. Habilitat en la presa de decisions <i>Interpersonals</i> G8. Capacitat de treball en equip <i>Sistèmiques</i> G11. Capacitat d'aplicar amb flexibilitat i creativitat els coneixements adquirits i d'adaptar-los a contextos i situacions noves G12. Capacitat per progressar en els processos de formació i	<i>Competències Específiques de Formació Bàsica</i> E1. Adquirir els coneixements bàsics de geometria projectiva, afi i euclídea aplicada a càmeres i problemes de reconstrucció 3D. E2. Coneixement d'algorismes per a calcular homografies. E3. Adquirir els coneixements bàsics sobre els models de càmeres. E4. Coneixement d'algorismes per calcular la matriu d'una càmera. Adquirir els coneixements bàsics sobre calibratge d'una càmera. E5. Adquirir els coneixements bàsics sobre la geometria de dues vistes, la matriu essencial i la matriu fonamental. E6. Coneixement d'algorismes per a calcular la matriu fonamental. Rectificació d'imatges. E7. Adquirir els coneixements bàsics sobre Reconstrucció 3D d'una escena a partir de dues càmeres. E8. Adquirir els coneixements bàsics sobre la geometria de múltiples vistes, auto-calibratge i reconstrucció 3D a partir de múltiples càmeres. <i>Competències Específiques d'Enginyeria en Informàtica</i> IN37. Conèixer i saber aplicar les

¹ **Competències transversals:** Aquelles que es requereixen en l'exercici de qualsevol titulació o carrera (comunicació verbal i escrita, pensament analític i sistèmic, resolució de problemes, creativitat, etc.). Es classifiquen en:

- Instrumentals: Inclouen habilitats cognitives, metodològiques, tecnològiques i lingüístiques. (Ex: capacitat d'organitzar i planificar, capacitat de comunicar-se amb propietat de forma oral i escrita en català, castellà i/o anglès, tant davant d'audiències expertes com inexpertes).
- Interpersonals: Es defineixen com habilitats que tendeixen a facilitar els processos d'interacció social i cooperació. (Ex: capacitat per a treballar en grup, expressió del compromís ètic/social).
- Sistèmiques o integradores: Suposen una combinació de comprensió, sensibilitat i coneixement que permeten veure com s'agrupen i s'estableixen relacions entre les parts d'un tot. Aquestes competències requereixen, com a base, l'adquisició prèvia de competències instrumentals i interpersonals. (Ex: capacitat d'adaptar-se a nous contextos d'aprenentatge)

Competències específiques: Es relacionen amb els coneixements i pràctiques concretes del grau. (Ex: capacitat de descriure, programar, validar i optimitzar protocols i interfaces de comunicació en els diferents nivells d'una arquitectura de xarxes)

aprenentatge de manera autònoma i contínua	tècniques bàsiques de creació d'imatges gràfiques per ordinador, incloent els algorismes de geometria computacional i les tècniques de traçat de rajos. <i>Competències de tecnologia específica: Sistemes Audiovisuals</i> AU14. Adquirir els coneixements bàsics sobre mètodes numèrics d'optimització de problemes lineals i no lineals sense i amb restriccions. Tenir un coneixement de les aplicacions d'aquests mètodes en l'enginyeria i en particular, en l'enginyeria de la comunicació audiovisual. AU16. Adquirir els coneixements bàsics d'òptica i entendre el funcionament d'una càmera, en particular, de les càmeres digitals. AU17. Adquirir els coneixements bàsics del processament d'imatges: Adquisició, color, mostreig i quantització, els mètodes basats en transformades, la morfologia matemàtica. Conèixer la teoria de la informació i la compressió d'imatges. AU18. Adquirir els coneixements bàsics sobre l'anàlisi d'imatges. Adquirir els coneixements bàsics sobre l'obtenció de forma a partir del moviment, de la visió estereoscòpica, de la textura o de la intensitat. AU19. Adquirir els coneixements sobre l'estimació de paràmetres d'una càmera. Adquirir els coneixements bàsics sobre les relacions geomètriques entre diverses vistes d'una escena i la geometria de l'escena a partir d'imatges. AU20. Adquirir els coneixements bàsics de les tècniques de traçat de rajos, del modelatge geomètric i de la generació d'imatges sintètiques. AU26. Conèixer els fonaments pràctics i teòrics dels equips involucrats en la captura de vídeo, la seva reproducció així com el seu ús i aplicació en els sistemes audiovisuals més habituals avui dia.
---	--

4. Continguts

Bloc 1: Geometria projectiva i transformacions d'imatges.

Conceptes bàsics de geometria projectiva del pla i de l'espai. Transformacions: projectiva (homografia), afí, similaritat, Euclídea.

Rectificació afí i rectificació mètrica.

Estimació d'homografies en 2D: algorisme Direct Linear Transformation (DLT). Estimació robusta.

Bloc 2: Models de càmeres, geometria d'una vista.

Modelització del mapeig entre el món 3D i la imatge 2D. Matriu de projecció de la càmera, paràmetres interns de la càmera, paràmetres externs. Diferents models de càmeres: projectiu, afí, euclidià.

Calibratge de càmeres. Utilització de mires. Correcció de distorsions radials.

La geometria de línies, plans i còniques. Calibratge de càmeres i la imatge de la cònica absoluta (IAC). Calibratge a partir d'una única vista.

Bloc 3: Geometria de dues vistes.

La geometria epipolar i la matriu fonamental. Càlcul de les matrius de dues càmeres a partir de la matriu fonamental. La matriu essencial.

Algorismes per a calcular la matriu fonamental. Diferents criteris d'estimació. Algorisme basat en 8 correspondències. Algorisme Gold-Standard. Càlcul de la matriu fonamental a partir d'una homografia i altres dues correspondències.

Rectificació d'imatges.

Reconstrucció 3D d'una escena. Reconstrucció projectiva, afí i mètrica. Mètode de bundle adjustment.

Bloc 4: Geometria de múltiples vistes.

Introducció a la geometria de múltiples vistes. Reconstrucció projectiva: bundle adjustment. Reconstrucció afí. Mètodes de factorització. Auto-calibratge: mètode de la quàdrica dual absoluta. Calibratge estratificat.

5. Avaluació del nivell d'assoliment de les competències

L'avaluació serà contínua i els mecanismes d'avaluació de les competències seran:

- **Pràctiques als laboratoris d'ordinadors:** sis pràctiques. La realització de les pràctiques en les classes corresponents és un requisit indispensable per a aprovar l'assignatura. La nota de les practiques compta un 40% de la nota final. La nota final de pràctiques s'establirà després d'una entrevista personal. Aquesta activitat és no recuperable.
- **Prova final individual:** sobre aspectes teòrics i exercicis similars als realitzats als seminaris o explicats a les classes teòriques i de seminaris. També hi haurà preguntes relacionades amb les pràctiques de l'assignatura. Aquesta prova compta un 60%. La prova és recuperable al juliol.

Competències a assolir en l'assignatura	Indicador d'assoliment	Procediment d'avaluació	Temporalització
Capacitat d'anàlisi i síntesi (Ins1)	Resolució de qüestions teòriques i pràctiques. Proposta de solucions a problemes plantejats. Consulta de bibliografia	Seminaris, practiques, sessions de teoria i proves individuals.	Tot el trimestre.
Capacitat per a aplicar els coneixements a l'anàlisi de situacions i a la resolució de problemes (Ins2).	Anàlisi correcte i proposta de solució de problemes plantejats.	Seminaris, practiques i proves individuals.	Tot el trimestre.
Capacitat de treball en equip (I1)	Participació en les practiques i en els seminaris.	Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre.
Capacitat d'aplicar amb flexibilitat i creativitat els coneixements adquirits i d'adaptar-los a contextos i situacions noves (S1)	Treball en pràctiques i seminaris.	Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre
Capacitat per a progressar en els processos de formació i aprenentatge de manera autònoma i contínua (S2)	Qualitat de les memòries de pràctiques, del resultat de seminaris i	Teoria, Pràctiques i seminaris.	Tot el trimestre

	revisió del material de teoria.		
Competències específiques: E1-E11	Realitzar correctament les diferents proves de l'assignatura.	Pràctiques, proves intermitges i prova final	Tot el trimestre

6. Bibliografia i recursos didàctics

Bibliografia bàsica:

- R. I. HARTLEY, A. ZISSERMAN, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge University Press, 2000.
- D. A. FORSYTH, J. PONCE, *Computer vision : a modern approach*, Prentice Hall, 2003.

Bibliografia complementària:

- O. FAUGERAS, *Three-dimensional computer vision : a geometric viewpoint*, MIT Press, cop. 1993.
- O. FAUGERAS, Q.T. LUONG, *The geometry of multiple images*, MIT Press, 2001.
- R. SZELISKI, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2011. (disponible en línia a: <http://szeliski.org/Book/>).
- R.C. GONZALEZ, R.E. WOODS, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.

Recursos didàctics i material docent:

Els professors posaran més material a l'abast dels alumnes mitjançant l'aula moodle de l'assignatura. Aquest material anirà des de textos complementàries i articles, per a les sessions de teoria, fulls d'exercicis per a les sessions de seminari, guions de pràctiques i fonts d'informació diversos per a les sessions de pràctiques.

7. Metodologia

La metodologia d'aquesta assignatura combina sessions presencials, treball individual i treball en grup. Les sessions presencials seran tant sessions magistrals d'explicació del professor com sessions de pràctiques de laboratori i sessions de seminari, amb treball individual i en grup realitzat pels alumnes. Les sessions magistrals tindran una durada de dues hores. Les pràctiques tindran una durada d'una hora i mitja. Les sessions de seminaris seran de 2h o 1h (depenent del dia).

De forma més detallada, el treball dins i fora de l'aula s'ha organitzat de la forma següent:

- **Sessions magistrals o de grup gran:** es tracta de nou sessions en les que s'introdueixen els conceptes teòrics i es mostren els procediments adequats per a la resolució de pràctiques i problemes. El professor explicarà els conceptes teòrics bàsics i s'encarregarà de proposar i resoldre exemples de problemes tipus per tal de clarificar la teoria i per tal que els alumnes tinguin una primera aproximació a allò que es trobaran a la classe de seminaris. El pes de la sessió el porta el professor i s'espera dels alumnes que participin realitzant preguntes i comentaris.
- **Pràctiques amb ordinador:** són 6 sessions en grup mitjà, d'una hora i mitja de duració. Prèviament els alumnes disposaran de l'enunciat i material necessari per a preparar la sessió. La dinàmica d'aquestes sessions és la següent: En primer lloc, el professor fa una explicació breu de la pràctica a desenvolupar i després els alumnes treballen per a la realització de la pràctica.
- **Sessions de seminari:** són 6 sessions (dos de 2h i quatre de 1h). En aquestes sessions es resoldran exercicis pràctics sobre el contingut del temari explicat a les classes de teoria. Prèviament els alumnes disposaran dels enunciats i material necessari per a preparar la sessió.

Blocs de contingut	Hores a l'aula			Hores fora de l'aula
	Grup gran	Grup mitjà	Grup petit	
Bloc 1	4	3	3h	9
Bloc 2	4	1h30m	2h	15
Bloc 3	6	3h	2h	15
Bloc 4	4	1h30m	2h	15
Examen				10
Total	18	9	9	64
				100 d'hores total (ECTS*25)

8. Programació d'activitats

- Programació de sessions presencials

	Dilluns 16.30-18.30	Dimecres 18.30-20.30	Divendres 14.30-16.30
1 08-12 abr	8/04 T1 - 1	10/04	12/04
2 15-19 abr	15/04 T1 - 2	17/04	19/04 T1 - 3
3 22-26 abr	22/04 T1 - 4	24/04	26/04 S101
4 29 abr-3maig	29/04 T1 - 5	1/05 FESTIU	3/05 S101
5 6-10 maig	6/05 T1 - 6	8/05 S101 (1 hora)	10/05 P101 (sala PCs)
6 13-17 maig	13/05 T1 - 7	15/05	17/05 P101 (sala PCs)
7 20-24 maig	20/05 FESTIU	22/05 S101 (1 hora)	24/05 P101 (sala PCs)
8 27-31 maig	27/05 T1 - 8	29/05 S101 (1 hora)	31/05 P101 (sala PCs)
9 3-7 juny	3/06 T1 - 9	5/06	7/06 P101 (sala PCs)
10 10-14 juny	10/06	12/06 S101 (1 hora)	14/06 P101 (sala PCs)

- Llistat d'activitats (amb termini de lliurament i avaluació)

Activitat	Data enunciat	Data lliurament	Data de lliurament de resultats
Pràctica 1	8 maig 2013	15 maig 2013	22 maig 2013
Pràctica 2	15 maig 2013	22 maig 2013	29 maig 2013
Pràctica 3	22 maig 2013	29 maig 2013	5 juny 2013
Pràctica 4	29 maig 2013	5 juny 2013	12 juny 2013
Pràctica 5	5 juny 2013	12 juny 2013	19 juny 2013
Pràctica 6	12 juny 2013	19 juny 2013	26 juny 2013