



ACG116/4: Máster Erasmus Plus “Color in Science and Industry (COSI)”

- Aprobado en la sesión extraordinaria del Consejo de Gobierno de 20 de febrero de 2017

PROPUESTA ABREVIADA DE MÁSTER CONJUNTO INTERNACIONAL ERASMUS PLUS

TÍTULO DE LA PROPUESTA DE MÁSTER Y ECTS totales	Máster Erasmus Mundus "COLor in Science and Industry (COSI)
DPTO/INST/CENTRO(S) PROPONENTE(S) DE LA UGR	Departamento de Óptica
COORDINADOR DE LA PROPUESTA EN LA UGR	Juan Luis Nieves Gómez 615952301 (958241900), jnieves@ugr.es
UNIVERSIDAD COORDINADORA	Université Jean Monnet (St. Etienne, France)
UNIVERSIDADES SOCIAS	Universidad de Granada (UGR), Granada - España. University of Eastern Finland (UEF), Joensuu - Finlandia. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Gjøvik - Noruega.
CENTROS, EMPRESAS, INSTITUCIONES PARTICIPANTES	<i>CENTROS ASOCIADOS</i> - Monash University Malaysia, (MUM) Malaysia - Toyohashi University of Technology (Japón) TUT - Institut Teknologi Bandung (Indonesia) ITB - Jadavpur University (India) <i>EMPRESAS, INSTITUCIONES PARTICIPANTES</i> - Technicolor (Francia), - Olympus Corporation (Japan), - SPECIM Spectral Imaging Ltd (Finland), - SoftColor Ltd (Finland) - Hewlett-Packard España (España) - Chromasens GmbH (Alemania) - Tecnia (España) - Akzo Nobel (Netherlands) - Sociedad Española de Óptica SEDOPTICA (España)
RAMA DE CONOCIMIENTO	Óptica
ORIENTACIÓN DEL MÁSTER	Investigación, Académica, Industrial
COMPETENCIAS	Los principales objetivos del son: - proporcionar a los estudiantes las competencias interdisciplinarias apropiadas en Óptica, Fotónica, Ciencia del Color, Imagen Digital y Multimedia, y Tecnologías de Imagen Espectral; - aunar la comprensión de la Visión



	<p>Computacional, procesamiento digital y los fenómenos físicos subyacentes; - adquirir la capacidad de aunar la Ciencia del Color, el procesamiento digital de imágenes y las tecnologías multimedia.</p> <p>Este programa Master proporciona un conocimiento multidisciplinar en Fotónica, Ciencia y Tecnología del Color, tecnologías de imagen espectral, y la imagen digital y las tecnologías multimedia aplicadas a los problemas industriales, tecnológicos y de investigación. Los estudiantes se formarán para convertirse en los mejores especialistas en estos campos, beneficiándose además de un programa obligatorio de movilidad internacional, lo que redundará en la completa adaptación a diferentes sistemas educativos (España, Francia, Noruega y Finlandia) y en la excelencia de su formación. El diseño del programa aprovecha al máximo las potencialidades de cada uno de los socios del consorcio así como sus infraestructuras. Las habilidades lingüísticas se constituyen, dentro de una era dominada por la globalización, en un activo importante para la búsqueda de trabajos tanto de investigación en laboratorios públicos como en la empresa privada en diferentes países, por lo que nuestro consorcio COSI ha establecido el inglés como idioma obligatorio de enseñanza en todas las universidades/centros participantes. Además, los estudiantes se ponen en contacto con la cultura y las lenguas de Europa y tienen la oportunidad de vivir en diferentes ciudades europeas (Saint Etienne, Granada, Joensuu, Gjøvik) con una larga tradición en educación a lo largo de los años. Con la incorporación de universidades asiáticas, como centros asociados dentro de COSI en los que los estudiantes podrán realizar internships o sus tesis fin de máster, aumentamos la oferta de movilidad y de contacto con otras culturas.</p>
--	---

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA *(use las líneas que estime necesarias):*

En 2007 el máster Erasmus Mundus CIMET obtuvo dicha etiqueta y ha venido impartándose desde Septiembre de 2008 en las cuatro universidades participantes: University of Eastern Finland (Finlandia), Norwegian University of Science and Technology (Noruega), Universidad de Granada (España) y la Université Jean Monnet (France), como universidad coordinadora. En 2014 el mismo consorcio consiguió la renovación de dicha etiqueta de excelencia pero bajo la nueva denominación





Erasmus+ y con el nombre de "Color in Science and Industry (COSI)" con el que comenzó a impartir su primera promoción en 2015.

Dada la proximidad en el tiempo con la que afrontamos esta nueva renovación de etiqueta Erasmus+, la presente solicitud mantiene el nombre del máster "Color in Science and Industry" pero en relación con el plan de estudios y movilidad respecto al máster que viene impartándose desde Septiembre de 2015, se incluye un enfoque más orientado a tener presencia tanto de industrias afines dentro de la estructura del máster, con inclusión de centros asociados o "associated partners", apoyo expreso de empresas del sector, como de centros de enseñanza e investigación. Tras casi diez años desde la implantación de CIMET, seguimos pensando que nuestra propuesta internacional permite al máster desarrollarse más y adaptarse mejor a los rápidos cambios que tanto la sociedad como la industria demandan en el campo de la ciencia y tecnología del color, la imagen, la Óptica y las tecnologías multimedia.

Actualmente el máster Erasmus+ COSI atrae más de 200 solicitudes de admisión anuales procedentes de más de 65 nacionalidades distintas. La calidad de la formación que reciben durante los dos años de duración del máster, unida a la excelencia de los estudiantes que lo cursan, ha permitido conseguir pleno empleo para los más de 50 estudiantes que han conseguido completarlo en las diferentes ediciones. Una gran mayoría de esos estudiantes están realizando tesis doctorales en prestigiosas universidades de Europa y Estados Unidos y el resto han sido contratados por empresas del sector.

MÁSTERES DE LA UGR RELACIONADOS Y POSIBLE CONCURRENCIA (Indíquese también la posible concurrencia con enseñanzas de Grado)

En la actualidad el máster Erasmus+ COSI, así como la propuesta que ahora hacemos, ofrece una formación académica dentro de la UGR que no se solapa con ningún máster oficial de los que oferta nuestra universidad. Es el único máster en Europa dedicado a los tópicos interdisciplinares en donde la ciencia y tecnología del color juegan un papel esencial.

En cuanto a la concurrencia con enseñanzas de Grado, durante los años de impartición de CIMET y de COSI hemos comprobado que los estudiantes que han cursado el máster fundamentalmente proceden de las siguientes titulaciones: Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Informática, Ingeniería Electrónica, Grado en Física y Grado en Matemáticas. Este es el perfil mayoritario del estudiante que ingresa en el máster y se volverá a permitir el acceso al máster COSI desde dichos estudios.

TIPO DE TITULACIÓN DOBLE / MÚLTIPLE / CONJUNTA

Múltiple en cada una de las Universidades del consorcio

UNIVERSIDADES QUE EXPIDEN EL TÍTULO/LOS TÍTULOS:





Université Jean Monnet (UJM), St. Etienne - Francia.
Universidad de Granada (UGR), Granada - España.
University of Eastern Finland (UEF), Joensuu -Finlandia.
Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Gjøvik - Noruega.

ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES (*use las líneas que estime necesarias*):

El procedimiento de selección es transparente, y es una responsabilidad compartida, y de obligado cumplimiento, por cada uno de los Coordinadores Académicos locales el proceso de evaluación de todas las solicitudes. Cada expediente de solicitud es evaluado por los cuatro coordinadores académicos (siguiendo criterios comunes), siempre que la solicitud esté completa y se reciba en tiempo y forma adecuados. El consorcio, y en concreto la Universidad coordinadora, cuenta con una persona de apoyo administrativo que se encargará de comprobar si las solicitudes están completas o si les falta algún tipo de documento, en cuyo caso se pondrá en contacto con los solicitantes para subsanar esa falta de documentación.

Procedimiento de solicitud:

Los estudiantes realizarán su solicitud online a través de la aplicación que CIMET ha habilitado para ello en <https://international-sciencemasters.univ-st-etienne.fr/login>. El servidor se abre a principios de otoño de cada año y permanece abierto durante todo el curso académico. Toda la información enviada por los estudiantes estará accesible tanto para el personal administrativo como para los coordinadores académicos de cada universidad. Los candidatos seleccionados deberán enviar la solicitud de papel por correo ordinario para su verificación posterior.

Paralelamente al proceso anterior, la coordinación local en la Universidad de Granada velará por la revisión de las solicitudes que se reciban en los plazos y procedimientos que se establecen por el Distrito Único Andaluz, sin que ello signifique restar ni dar prioridad a estudiantes que utilicen este medio para solicitar acceso a CIMET. En cualquiera de los casos, la Coordinación local contactará con los estudiantes nacionales que estén interesados y que solo tuvieran conocimiento de CIMET a través de la aplicación del Distrito Único.

Documentación a aportar:

1. Curriculum Vitae.
2. Carta personal de motivación.
3. Copias del expediente académico.
4. Dos cartas de recomendación.
5. Acreditación de idioma Inglés (B2 o superior o sus equivalente TOEFL, etc.).
6. Posibles publicaciones, en caso de ser mencionadas en el Curriculum Vitae.

De acuerdo a la documentación presentada, el proceso de selección de candidatos tendrá en cuenta los siguientes aspectos:





1. Expediente académico

Atendiendo a la excelencia académica del candidato: expediente y notas en los estudios de licenciatura y/o grado (es decir, 180 créditos ECTS en el sistema europeo) o equivalente, en materias como la física, la óptica, la ciencia de la imagen, ciencias de la computación, las matemáticas o cualquier disciplina relacionada con la descripción cuantitativa del color, siempre y cuando el solicitante pueda presentar pruebas de los conocimientos previos necesarios (es decir, una base de competencias mínimas), en particular en los ámbitos de los fundamentos físicos / técnica, fundamentos de informática y análisis de imágenes y fundamentos de procesamiento de señales.

Los solicitantes de terceros países tienen que ser graduados estando en posesión de un diploma de posgrado equivalente a un nivel de postgrado de 180 ECTS en el sistema europeo. Los solicitantes deben tener al menos un promedio de C en la escala de calificación ECTS, o equivalente, durante sus estudios de pregrado.

2. Idioma

Competencia y acreditación lingüística: el estudiante debe demostrar su conocimiento y manejo del idioma Inglés (hay que tener en cuenta que toda la docencia del máster es en este idioma en todos los centros del consorcio CIMET). Por ello deben probar un nivel B2 o equivalente en TOEFL (213 puntos o 550 points, según sea online o en papel), IELTS de 6.5 o Cambridge Proficiency Certificate of English grade C.

3. Carta de Motivación

Carta personal de motivación y adecuada exposición de los motivos por los que el estudiante desea su entrada en CIMET.

4. Política de igualdad de género y oportunidades

Más allá de estos tres criterios principales, y siempre que la cualificación y la calidad de los candidatos sea idéntica, el consorcio tendrá una especial atención al principio de igualdad de género en la cooperación con los organismos nacionales y europeos encargados de ayudar y asesorar a las instituciones de educación superior hacia la igualdad de género en las comunidades de estudiantes, académicos y de investigación.

ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS Y CRONOGRAMA:

Estructura General

El Máster COSI es un programa a tiempo completo de 2 años de duración y 120 ECTS. El programa abarca en sus enseñanzas y prácticum áreas de la fotónica y la óptica, la ciencia del color, imagen digital, análisis de datos y estadística, y ciencias de la computación y tecnología de imagen espectral. Los estudiantes cubrirán una primera especialización en los dos primeros semestres en la ciencia del color, el procesado de imagen y la visión computacional y artificial; una segunda especialización se



introducirá en el semestre tercero donde el estudiante podrá elegir entre las Técnicas y Sistemas de Imagen Espectral o la especialización en Tecnologías Multimedia en Color.

- El primer semestre se centra en cursos básicos sobre: fotónica y óptica, la ciencia del color, análisis y procesamiento de imágenes, análisis de datos y estadística, y diseño de algoritmos. El primer semestre (S1) se desarrolla enteramente en Francia (en la UJM). Además se introducirá al estudiante una materia sobre los problemas de actualidad que la industria demanda. Estos cursos fundamentales son necesarios para los estudiantes antes de comenzar las dos especializaciones que deben seguir más adelante.
- El segundo semestre (S2) se imparte íntegramente en Granada (UGR) y se dedica a cursos obligatorios sobre: colorimetría avanzada, percepción y visión humana, introducción a la tecnología de imagen espectral, y visión computacional, así como diferentes cursos optativos.
- El tercer semestre (S3) se imparte en Noruega (NTNU) o en Finlandia (UEF) y, como se ha comentado, es aquí donde se introducen las dos especialidades en Tecnología Espectral y Tecnologías Multimedia.
- El cuarto semestre (S4) está dedicado a la realización de la tesis de máster, que puede ser realizada en cualquiera de las Universidades del consorcio o en los centros y empresas asociadas dentro de COSI (“associated partners” e “industrial partners”).

Del adecuado desarrollo de esta estructura tanto a nivel académico como administrativo, velarán las Comisiones Académicas (“Academic Board”, formado por los coordinadores locales, personal administrativo de apoyo, representantes de las empresas y centros asociados, y representante de los estudiantes) y la Comisión de Calidad (“Quality Assurance Board”, con la misma distribución de representación que la anterior, pero personas diferentes, y apoyado por personal externo al máster tanto de Universidad como de Empresa).

-Movilidad de los estudiantes por semestres

La movilidad de los estudiantes se organiza en función de los módulos o especializaciones que se han definido para los 2 años (4 semestres) de duración del máster:

- **Módulo Fundamental (30 ECTS):** 5 cursos obligatorios y 1 curso optativo (5 ECTS por curso) ofertados en la UJM en Francia.
- **Módulo introductorio sobre Color Imaging, Capture, Processing and Computational Vision (30 ECTS):** 3 cursos obligatorios y 4 cursos optativos (5 ECTS según el curso; ver tabla más adelante). Los estudiantes son libres de elegir entre todas las asignaturas optativas pero tratando de buscar cierta coherencia con el destino y especialización que elegirán en el semestre tercero.
- **Módulos específicos (30 ECTS cada uno):** 4 cursos obligatorios y 2 cursos optativos (5 ECTS por curso). Los cursos y el semestre S3 se organiza en función de que el estudiante se desplace a Noruega (NTNU) o a Finlandia (UEF) y, como se ha comentado, es aquí donde se introducen las dos especialidades en Tecnología



Espectral y Tecnologías Multimedia.

- Trabajo Fin de Máster (o Tesis de Máster) de (30 ECTS): un único modulo que puede ser realizado en cualquiera de las Universidades del consorcio o en los centros y empresas asociadas dentro de CIMET ("associated partners").

-Listado de las asignaturas por semestre, que indica: denominación, ECTS y carácter (obligatoria/optativa), sin olvidar que todas se imparten en inglés.

Semestre 1	Asignatura	ECTS
Impartido en: Univ. Jean Monnet (UJM) Total créditos: 30 ECTS	Fundamentals of Photonics and Optics (obligatorio)	5
	Design and Analysis of Algorithms (obligatorio)	5
	Color Science (obligatorio)	5
	Image processing and analysis (obligatorio)	5
	Data analysis and Statistics (obligatorio)	5
	Introduction to specialization fields and industrial application (obligatorio)	5
	(Optativa) French or French culture	2

Semestre 2	Asignatura	ECTS
Impartido en: Univ. Granada (UGR) Total créditos: 30 ECTS (los estudiantes pueden seleccionar libremente entre Optativas A y B)	Applied Advanced Colorimetry (obligatorio)	5
	Advanced Color Image Processing (obligatorio)	5
	Fundamentals of Spectral Science (obligatorio)	5
	Computer Vision (obligatorio)	5
	<i>Optativas A: Especialización en Color, Spectral Imaging & Technology</i>	
	Fourier Optics	5
	Image Acquisition and Reproduction	5
	(optativa) Spanish course	5
	<i>Optativas B: Especialización en Computer Vision & Media Technology</i>	
	Human Perception and Cognition	5
Data Science	5	
Radiometry, Sources and Detectors	5	

Semestre 3	Asignaturas	ECTS
Impartido en:	Advanced course in video processing (compulsory)	5
	Industrial Project (compulsory)	5



Gjovik University College (GUC) 30 ECTS	Advanced Course in Color Image Reproduction (compulsory)	5
	Optional course: Advanced Course in Game Technology	5
	Optional course: Selected topics in color imaging	5
	Optional course: Content-based image Indexing and Retrieval	5
	Optional course: Pattern Recognition 2	5
	Norwegian language and culture (compulsory)	5
Semestre 3	Asignaturas	ECTS
Impartido en: University of Eastern Finland (UEF) 30 ECTS	Computational Color (compulsory)	5
	Spectral Imaging Devices (compulsory)	5
	Industrial Project (compulsory)	5
	Optional course: Stochastics Processes	5
	Optional course: Machine Vision	5
	Optional course: Display Technologies	5
	Finnish or Finnish culture (compulsory)	5
Semestre 4		ECTS
En cualquiera de las cuatro Universidades socias (UGR, UEF, GUC or UJM) o En cualquiera de los centros/empresas asociadas	<i>Master Thesis (including Scientific Methodology)</i>	30

- Información relativa al TFM (ECTS, instituciones etc.)

Durante el Semestre 4 los estudiantes realizarán su Trabajo Fin de Máster o Tesis de Máster y tendrán la oportunidad de acercarse al campo de la investigación tanto en los laboratorios de las Universidades del consorcio, como en los centros y empresas asociadas (Chromasens, Technicolor, Olympus, Tecnalia, Azko Nobel etc.).

Al inicio de curso (alrededor de Octubre) se solicitará a cada uno de los miembros del consorcio una lista de propuestas y tópicos de tesis de máster, que se distribuirá entre los estudiantes. Los estudiantes elegirán tópico (tres como máximo), justificando su elección adecuadamente, y se procederá a la asignación por expediente. Hasta ahora la oferta del consorcio COSI viene siendo de unos 50 a 80 temas de Tesis de Máster, de los cuales alrededor del 30% fueron propuestos por las empresas y centros tecnológicos.



El estudiante puede realizar su trabajo Fin de Máster en un centro o institución fuera del consorcio siempre y cuando se firme con el mismo un acuerdo por escrito que incluya las condiciones de trabajo, remuneración si existiera, tuto/res en la empresa, etc.

PARA LAS ASIGNATURAS QUE SE IMPARTEN EN LA UGR aportar la siguiente información:

Materia/asignatura 1 (denominación): Applied Advanced Colorimetry

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

To supply an introduction to color difference models and color appearance models and the state of the art in these topics, their historical evolution and present development. Also, different knowledge on industrial color applications and color imaging technology.

On completion of this course the students will be able to:

- Demonstrate the computation of color differences using CIELAB-based and other advanced color-difference formulas.
- Evaluate the agreement between perceived and measured color differences.
- Know current approaches to evaluate color differences in images.
- Know color descriptions and specific indices employed in industrial colorimetry.
- Describe the perceptual attributes of color and the different systems for the representation of color.
- Describe different Chromatic Adaptation models.
- Describe different Color Appearance Models and demonstrate computations with them.
- Practical implementation of measurements of the appearance.
- Describe device characterization and calibration.
- Describe the requirements for consistent color reproduction across different media.
- Describe image quality.

Profesorado Rafael Huertas Roa; Luis Gómez Robledo

Materia/asignatura 2 (denominación) Human Perception and Cognition

5 ECTS



Breve contenido (máx. 200 palabras)

The aim of the course is to provide a solid and integrated view of the visual processes with an emphasis on the physical aspects and on automatic processing of visual information. This more quantitative approach is complemented with notions of retinal and cortical organization and with the fundamentals on visual psychophysics. Although the course aims at a solid theoretical basis, practical issues and problem solving will be considered wherever appropriate and independent project development and research will be strongly encouraged.

On completion of this course the students will be able to:

- anatomically and functionally identify the main components of the human visual system.
- apply visual optical to describe the imaging process in the eye.
- identify the physical constraints imposed on the visual system and to relate them with the limitation on visual performance.
- identify and to describe the main psychophysical aspects of human vision and to describe the basic psychophysical techniques.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to visual perception. Visual perception and the main components of the human visual system. The visual process: image formation, transduction, codification, retinal and cortical processing. Receptive fields, LGN and cortex processing. Basic numbers in human vision.
- Visual Optics. Optics of the eye, spherical and astigmatic ametropy, aberrations. Magnification. Accommodation. Contrast sensitivity.
- Photopic and scotopic vision. Photopic and scotopic vision: photopic, scotopic and mesopic vision. Spectral sensitivities and Purkinje Shift. Night myopia. Visual Fields, spatial and temporal summation. Perimetry.
- Colour perception. Fundamentals of colour perception: colour matching and the trichromacy, spectral sensitivities of photoreceptors. Hue cancellation and opponent colours. Colour constancy. Colour illusions. Acquired and inherited colour vision deficiencies.
- Spatial and temporal aspects of visual perception. Perception of objects and shapes. Perception of movement. Binocular vision and depth perception. Stereo acuity. Eye movements. Troxler phenomenon intensification.

Profesorado Juan Luis Nieves; Luis Gómez Robledo;

Materia/asignatura 3 (denominación) Fundamentals of Spectral Science

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

The main aim of this course is to provide the basis of the multispectral approach of color imaging, i.e., imaging systems that use more than three acquisition channels. The contents include image capture procedures, spectral characterization of image capture devices, estimation of spectral functions from conventional image capture



systems, evaluation of the accuracy or performance of multispectral images, and a basic description of some of the most relevant applications of multispectral images.

On completion of this course the students will be able to:

- Demonstrate an understanding of basic multispectral color science.
- Analyze, compare, develop and implement algorithms for spectral estimation from camera responses.
- Describe, analyze and reason about how multispectral acquisition devices work and how can they be optimized for a particular application.
- To know the state of the art of spectral color science and some of its most relevant fields of application.

Topics to be taught (may be modified):

- Overview of color imaging: light and surfaces, color vision, colorimetry, physics of image capture.
- Spectral measurements: theory and instruments.
- Spectral characterization of image acquisition systems: experimental determination of spectral response curves, influence of noise.
- Mathematical modelization of spectral functions: reflectances, illumination, color signals, etc. Linear and non-linear models: principal and independent component analysis.
- Spectral estimation from camera responses: models, algorithms, a priori necessary information, selection of data sets, use of color filters, filter selection, quality evaluation of the spectral signals obtained, influence of noise.
- Spectral accuracy performance: theoretical and experimental evaluation.
- Experimental spectral image acquisition systems.
- Applications of spectral imaging.

Profesorado Javier Hernández Andrés; Eva Valero Benito

Materia/ asignatura 3 (denominación) Data Science

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

This course prepares students to make sense of real-world phenomena and everyday activities by synthesizing and mining big data with the intention of uncovering patterns, relationships, and trends. Big data has emerged as the driving force behind critical business decisions. Advances in our ability to collect, store, and process different kinds of data from traditionally unconnected sources enables us to answer complex, data-driven questions in ways that have never been possible before. This course examines learning from data in order to gain useful predictions and insights. It introduces methods for five key facets of an investigation: data wrangling, cleaning, and sampling to get a suitable data set; data management to be able to access big data quickly and reliably; exploratory data analysis to generate hypotheses and intuition; prediction based on statistical methods such as regression and





classification; and communication of results through visualization, stories, and interpretable summaries. The course is built around three modules: prediction and elections, recommendation and business analytics, and sampling and social network analysis.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to data (data types, data movement, terminology, etc.)
- Relational Database Management Systems
- Hadoop Introduction, NoSQL - MapReduce vs. Parallel RDBMS
- Search and Text Analysis
- Entity Resolution
- Inferential Statistics
- Testing and Experimental Design
- Bayesian vs. Classical Statistics
- Probabilistic Interpretation of Linear Regression, and Maximum Likelihood
- Graph Algorithms
- Raw Data to Inference Model
- Motivation & Applications of Machine Learning
- Supervised Learning
- Models that are Robust
- Data Sciences with Text and Language
- Data Sciences with Location

Profesorado José Manuel Benítez; Miguel Lastra

Materia/ asignatura 3 (denominación) Fourier Optics

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

This course develops an understanding of the fundamentals of diffraction limited and aberrated limited imaging systems. The course covers advanced topics in diffraction, Fourier Optics and optical image processing. Different architectures for optical-based image manipulation will be given, including optical correlation, wavefront coding, recording and manipulation, spatial filtering techniques, optical pattern detection, recognition and extraction, and optical correlators used in inspection industry. This course provides also an opportunity to engage with practical and theoretical aspects of optical and digital holography.

On completion of this course the students will be able to:

- Understand how diffraction and aberrations influence optical image quality.
- Analyse how an optical image can be encoded, manipulated and processed using optical-based techniques, with emphasis on coherent image formation.
- Make appropriate use of Fourier techniques in optical image processing.

Topics to be taught (may be modified):

- Overview of optical imaging: domains of image science. Electromagnetic waves and rays.
- Basics of signal processing. Fourier analysis in two dimensions. Linear systems. Two-dimensional sampling theory: the Whittaker-Shannon theorem.
- Diffraction-limited imaging. Image formation with coherent and incoherent illumination.





<p>Analysis of optical resolution.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Frequency analysis of optical imaging systems. Frequency response for diffraction-limited optical systems: coherent and incoherent imaging. Optical transfer function (OTF), modulation transfer function (MTF) and phase transfer function (PTF): characterisation and measures. ▪ Aberrated imaging systems. Generalized pupil function. Apodization. Image quality in aberrated systems. ▪ Fundamental of wavefront modulation. Spatial light modulators. Diffractive optical elements. ▪ Spatial filtering. The VanderLugt filter. The Joint Transform Correlator. Optical pattern recognition architectures: the Matched Filter. Image processing tools for pattern recognition. ▪ Optical image restoration. Optical Transfer Function for image motion and vibration. Effects of atmospheric blur and target acquisition. ▪ Optical holography. Recording of digital holograms. Numerical reconstruction of digital holograms. "Inverse problem": approach to process holograms. Applications.
<p>Profesorado Juan Luis Nieves; Javier Hernández Andrés</p>
<p>Materia/ asignatura 3 (denominación) Image Acquisition and Reproduction</p>
<p>5 ECTS</p>
<p>Breve contenido (máx. 200 palabras) Algorithms for scene understanding and realistic image synthesis require accurate models of the way real-world materials scatter light. This course describes recent work in the graphics and vision communities to measure the spatially- and directionally-varying reflectance and subsurface scattering of complex materials, and to develop efficient representations and analysis tools for these datasets. We describe the design of acquisition devices and capture strategies for BRDFs and BSSRDFs, efficient factored representations, and a case study of capturing the appearance of human faces.</p> <p>Topics to be taught (may be modified):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radiometry and Appearance Models • Principles of Acquisition • Spatially-Varying Reflectance Models • From BSSRDF to 8D Reflectance Fields • Calibration of printers, LCD displays and scanners • Applications: The Human Face Scanner Project
<p>Profesorado Francisco Javier Romero; Luis Gómez Robledo</p>
<p>Materia/ asignatura 3 (denominación) Advanced Color Image Processing</p>
<p>5 ECTS</p>



Breve contenido (máx. 200 palabras)

This course is a graduate-level course to the advanced digital image processing. It emphasizes advanced principles of image processing, with focusing in scientific as well as technical applications. We expect to cover topics such as advanced color image processing, fuzzy logic applied to image processing problems, applications of wavelets, multiscale representation of images, compression image standards, PDE applied to image processing, computational photography and 3D reconstruction.

Programming assignments will use MATLAB and the MATLAB Image Processing Toolbox, though the use of other computer languages and/or software packages will be accepted. Additional seminars will be organized to introduce specific tools or applications to enlarge the covering of image processing and analysis.

Topics to be taught (may be modified):

- Advance color image processing: denoising, edge detection, texture analysis, color constancy.
- Fuzzy logic applied to color and gray scale image processing.
- Multiscale image representation: gaussian pyramid, laplacian pyramid, wavelets decomposition.
- Wavelets applications: smoothing, denoising, edge detection, texture analysis.
- Image compression: JPEG, JPEG2000.
- Partial differential equations applied to image processing: variational and PDE methods, smoothing, noise removal, edge detection, inpainting.
- Computational photography: super resolution, HDR imaging.
- 3D Reconstruction.

Profesorado Eva Valero; José Antonio Díaz Navas

Materia/ asignatura 3 (denominación) Computer Vision

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

The challenge of computer vision is to develop a computer based system with the capabilities of the human eye-brain system. It is therefore primarily concerned with the problem of capturing and making sense of digital images. The field draws heavily on many subjects including digital image processing, artificial intelligence, computer graphics and psychology.

This course will explore some of the basic principles and techniques from these areas which are currently being used in the research and development of computer vision systems:

- to develop the students' understanding of the basic principles and techniques of image analysis and image understanding and of the current approaches to image formation and image modelling;
- to develop the students' skills to analyse and design a range of algorithms for image processing and computer vision ;
- to develop the students' understanding of the fundamentals of 3D imaging



techniques;

- to develop the students' skills to compare these techniques, to evaluate solutions to problems in computer vision, and to design the most appropriate one relative to image acquisition constraints, expected accuracy and expected processing time;
- to develop the students' skills to put into practice these techniques by acquiring and processing images.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to visual perception. Visual perception and the main components of the human visual system.
- Image quality. Image quality and psychophysical methods of assessing of the perceived quality of images.
- Introduction to computer vision. Introduction to computer vision: what is computer vision? The Marr paradigm and scene reconstruction, Model-based vision. Other paradigms for image analysis: bottom-up, top-down, neural network, feedback. Pixels, lines, boundaries, regions, and object representations. "Low-level", "intermediate-level", and "high-level" vision.
- Applications of computer vision. Image Processing Shape from X Shape from shading. Photometric stereo. Occluding contour detection. Motion Analysis. Motion detection and optical flow structure from motion. Object recognition model-based methods. Appearance-based methods. Invariants.

Materia/asignatura 3 (denominación) Radiometry, Sources & Detectors

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

This course develops an understanding of the measurement of electromagnetic radiation in spectral regions from ultraviolet to infrared. The course covers principles of radiometric, photometric and spectrophotometric instrumentation, including the study of light sources and physical detectors.

On completion of this course the student will be able to:

- Understand (i.e. to describe, analyse and reason about) how to use the methodology in quantifying electromagnetic radiation, from ultraviolet to infrared.
- Correctly use radiometric and photometric quantities and units.
- Understand (i.e. to describe, analyse and reason about) how to characterize light sources with different emission spectra.
- Understand (i.e. to describe, analyse and reason about) how to characterize photodetectors with different properties and responsivities.
- Demonstrate the use of mathematical tools to solve problems in radiometry and photometry.

Topics to be taught (may be modified):

- Fundamentals of radiometry: Radiometric quantities and important laws.
- Photometric quantities: Photometry versus radiometry, radiometric and photometric quantities.
- Sources: Thermal sources (blackbody and incandescent lamps), gas discharge, luminescent, laser, solid state (light emitting diodes).



- Secondary light sources. Transmission, reflection, absorption.
- Photodetectors: Important features and types (thermal, photoemissive, photoconductive and photovoltaic detectors).
- Electronics reviews: detector electronics, detector interfacing.
- Noise in detection. Performance limits.
- Matrix detectors.
- Design and calibration of a radiometric system. Measurement uncertainty.
- Radiometric, spectroradiometric and photometric instruments.
- Radiometric measurements of satellite observation and remote sensing.
- Radiometry of laser and coherent sources.

Profesorado Ana Carrasco Sanz; Antonio Manuel Pozo Molina

Materia/asignatura 3 (denominación) Data Science

5 ECTS

Breve contenido (máx. 200 palabras)

This course prepares students to make sense of real-world phenomena and everyday activities by synthesizing and mining big data with the intention of uncovering patterns, relationships, and trends. Big data has emerged as the driving force behind critical business decisions. Advances in our ability to collect, store, and process different kinds of data from traditionally unconnected sources enables us to answer complex, data-driven questions in ways that have never been possible before. This course examines learning from data in order to gain useful predictions and insights. It introduces methods for five key facets of an investigation: data wrangling, cleaning, and sampling to get a suitable data set; data management to be able to access big data quickly and reliably; exploratory data analysis to generate hypotheses and intuition; prediction based on statistical methods such as regression and classification; and communication of results through visualization, stories, and interpretable summaries. The course is built around three modules: prediction and elections, recommendation and business analytics, and sampling and social network analysis.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to data (data types, data movement, terminology, etc.)
- Relational Database Management Systems
- Hadoop Introduction, NoSQL - MapReduce vs. Parallel RDBMS
- Search and Text Analysis
- Entity Resolution
- Inferential Statistics
- Testing and Experimental Design
- Bayesian vs. Classical Statistics
- Probabilistic Interpretation of Linear Regression, and Maximum Likelihood
- Graph Algorithms
- Raw Data to Inference Model





- Motivation & Applications of Machine Learning
- Supervised Learning
- Models that are Robust
- Data Sciences with Text and Language
- Data Sciences with Location

Profesorado Juan Luis Nieves; Luis G. Robledo

Firma, sello y fecha

En Granada a 9 de Enero de 2017.

Juan Luis Nieves
Coordinador local del máster COSI

DOCUMENTACIÓN que se Anexa:

- *Información curricular abreviada del profesorado de la UGR que participa en la propuesta, según el modelo establecido por la Escuela Internacional de Posgrado.*

- *Información de la carga docente del profesorado de la UGR que participa en la propuesta, según el modelo establecido por la Escuela Internacional de Posgrado.*

PRESENTACIÓN:

La propuesta deberá presentarse en formato electrónico, junto a la documentación complementaria, enviándola a la dirección epinternacional@ugr.es antes de la fecha indicada.

