

GUÍA DOCENTE

Imagen Médica Avanzada

I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

Nombre de la asignatura:	Imagen Médica Avanzada
Carácter:	Materia de especialidad
Titulación:	Máster en Ingeniería Biomédica
Ciclo:	Intensificación en Tec. de la Información y Comunicaciones en Medicina
Departamento:	Informática
Profesores responsables:	Juan Domingo / David Moratal

II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

La asignatura estudia las aplicaciones del proceso digital de imagen y la visión por computador al análisis e interpretación de las distintas modalidades de imagen médica. En este sentido se hace un repaso de las mismas, indicando qué particularidades de ellas es necesario tener en cuenta para el procesamiento posterior, y seguidamente se explican aquellas técnicas del proceso de imagen que realmente se usan con imágenes médicas, de modo que podemos ver el curso como la particularización y en ciertos casos extensión de un curso de proceso digital de imagen, restringiendo las técnicas a aquellas útiles en este contexto y fijando los ejemplos y estudios de caso a imágenes de este tipo. En ese sentido se sigue la organización de cursos similares en universidades de Estados Unidos y Reino Unido, donde se aprecia la organización general de un curso de proceso de imagen o visión por computador usual (niveles bajo, medio y alto) pero adaptado de modo que se hace menos hincapié, o incluso se suprimen, temas como el color, reconstrucción del 2-1/2 D, interpretación de escenas, etc. y sin embargo se incide en aspectos como segmentación, reconstrucción volumétrica, visualización, etc.

III.- VOLUMEN DE TRABAJO

El total debe corresponder, según la equivalencia establecida por la Universitat de Valencia respecto a créditos ECTS, a $26.6 \text{ horas/crédito} \times 5 \text{ créditos} = 133 \text{ horas}$. La distribución aconsejable sería:

Asistencia a clases teóricas: Se estiman 35 horas de clase magistral, en las que, más que una explicación detallada al uso, se intentará exponer los aspectos más difíciles y atender las preguntas de los alumnos sobre el tema que deberán traer preparado. Dichos temas se suministrarán de antemano en forma de apuntes, artículos o capítulos de libros.

Asistencia a clases prácticas: Aproximadamente 10 horas deberán centrarse en ejercicios de laboratorio con software apropiado, realizados en el laboratorio y guiados por el profesor.

Visitas guiadas a instalaciones de adquisición y tratamiento de imágenes médicas: se calculan un total de 5 horas en dos visitas de 2.5 horas en las que se muestren sobre el terreno tanto los dispositivos de captura como las técnicas básicas de procesamiento que realmente se usen y los problemas que se presentan diariamente.

Preparación de trabajos: Una parte importante de la evaluación de la asignatura recaerá sobre trabajos, que se propondrán para su ejecución en grupos de dos o tres personas. El volumen de trabajo correspondiente debería fijarse en unas 30 ó 31 horas por persona.

Estudio-preparación clases de teoría: La experiencia en cursos similares nos sugiere que el tiempo de preparación de una clase por parte del alumno, si se le dan los materiales para ello, no debería ser mayor que el de la propia clase, teniendo en cuenta que no se trata de entender con detalle todos los aspectos, sino de saber qué es lo importante, y preparar las preguntas que se quieran hacer. Así pues, se estima en 40 horas.

Asistencia a tutorías: Esencialmente, se plantean como tutorías personales, y por ello se estima que en 6 horas cada alumno puede resolver con el profesor todas las dudas del estudio personal que no haya podido plantear en las clases de teoría o de problemas.

Asistencia a seminarios y otras actividades: En este caso el planteamiento será traer al aula a expertos que, por su trayectoria profesional, conozcan algún aspecto del uso de la informática en el área biomédica y que comuniquen a los alumnos al menos lo esencial del contenido y métodos de su trabajo diario, o bien llevar a los alumnos al lugar de trabajo de estas personas. Se darían en dos de estas charlas, con una duración de 3 horas cada una (total de 6 horas). Alternativamente, una de ellas se puede sustituir por una visita a empresas del área.

En síntesis:

ACTIVIDAD	Horas/curso
ASISTENCIA A CLASES TEÓRICAS	35
ASISTENCIA A CLASES PRÁCTICAS	10
VISITAS GUIADAS	5
PREPARACIÓN DE TRABAJOS	31
ESTUDIO PREPARACIÓN CLASES	40
ASISTENCIA A TUTORÍAS	6
ASISTENCIA A SEMINARIOS Y ACTIVIDADES	6
TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO	133

IV.- OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos de la asignatura son:

- Dotar al alumno de la información y las habilidades necesarias para poder evaluar, definir y planificar las necesidades de un sistema integrado para el uso cotidiano de imágenes biomédicas, que pueda incluir la captura, el almacenamiento, la compresión, la interconexión con el resto de sistemas de información, el procesado y la interpretación, al menos parcial, de los resultados del proceso.
- Describir el estado de la investigación y las tendencias consolidadas actuales en la integración de sistemas de imagen biomédica.

- Exponer las principales técnicas de proceso de imagen con aplicaciones a la imagen biomédica y entender su propósito de modo que al alumno sepa elegir la adecuada para cada caso y sepa usar apropiadamente software que la implemente.
- Discutir la validez de los resultados obtenidos del análisis de una imagen médica, estableciendo procedimientos de validación y dando márgenes de confianza que puedan guiar eficazmente al experto médico en la emisión de un diagnóstico o en la planificación de un tratamiento.

V.- CONTENIDOS

El contenido de la asignatura se estructura en los siguientes temas:

Tema 1: Introducción

Este tema repasará brevemente los conceptos esenciales del procesamiento digital de imágenes que apenas se mencionaron en el módulo “Señales e Imágenes Médicas”. En concreto, se recordarán los conceptos de muestreo, cuantización, y los teoremas relacionados para hacer notar cómo influyen en la calidad de la imagen, así como la necesidad de compresión y sus tipos.

Tema 2. Adquisición

Se repasan las modalidades de adquisición vistas en “Señales e imágenes médicas” y se explican las no vistas allí, indicando qué características de cada una es necesario tener en cuenta para el procesamiento posterior, qué información se puede obtener de cada modalidad y qué nivel de fiabilidad presenta dicha información.

Tema 3: Preprocesado

Este tema tratará de mostrar las principales operaciones que se realizan en el nivel bajo del proceso de visión (desde la imagen icónica hasta el “*raw primal sketch*”) incidiendo en aquellas técnicas de mayor utilidad específicamente en imagen médica, y mostrando los ejemplos sobre éstas.

Tema 4: Segmentación

Este tema comienza en la imagen preprocesada y muestra algunas técnicas útiles para llegar hasta la imagen segmentada, es decir, aquella en la que a cada elemento (pixel o vóxel) de la imagen se le asocia una etiqueta simbólica indicando su pertenencia a una región, que en todo caso se intenta que coincida con una atribución semántica útil (tipo de tejido, área normal o alterada, etc.) . Este es probablemente el tema hoy día más importante en aplicaciones médicas por sus implicaciones en el diagnóstico asistido.

Tema 5: Corrección

Expone las técnicas usadas para alinear imágenes médicas, tanto en 2D como en 3D, debido a la especial importancia de este paso en sistemas de ayuda al diagnóstico por imagen, en su vertiente de comparación de imágenes de un mismo paciente en diversos instantes, o tomadas en distintas perspectivas, o de comparación con una muestra de imágenes de otros individuos, sanos o enfermos.

Tema 6: Análisis: extracción de características

Una vez encontradas las regiones significativas, o al menos separadas éstas del resto, es habitualmente necesario cuantificar parámetros de las mismas, bien de tipo geométrico (áreas, volúmenes, etc) o de tipo fisiológico (fenómenos funcionales que tienen un correlato en la imagen

observada). Para ello el análisis de imágenes dispone de una serie de herramientas que se mencionarán en este tema.

Tema 7: Modos de visualización

Se mostrarán las técnicas que consiguen que la imagen se vea de modo que el análisis realizado por el profesional médico sea lo más simple posible, y se resalten aquellas características en que éste está más interesado. A la visualización en 2D, 3D o 4D (incluyendo variación temporal) se unen las técnicas de superposición de información anexa (por ejemplo, de otras modalidades de imagen) y de conexión con sistemas de realidad virtual.

Tema 8: Aplicaciones avanzadas

En este tema final se muestran ejemplos reales de aplicación de las técnicas estudiadas, o de alguna otra más compleja, a diversos tipos de imágenes médicas, tratando de llegar al punto en el que éstas dan información útil para realizar un diagnóstico o determinar el grado de gravedad del daño detectado. El objetivo debería ser que el estudiante pueda al menos intuir en cada caso cuáles de entre las técnicas estudiadas podrían ser aplicables.

Tema 9: Perspectiva histórica y retos futuros en el diagnóstico por imagen

Estado actual y potencial futuro en el diagnóstico asistido por computador en imagen médica.

PRÁCTICAS

Práctica 1. Preprocesado de imágenes médicas

Práctica 2. Tutorial del espacio- k

Práctica 3. Segmentación y corrección de imágenes médicas

VI.- DESTREZAS A ADQUIRIR

Se asume que los alumnos poseían los conocimientos informáticos necesarios y que habían cursado anteriormente asignaturas como “Señales e imágenes médica”. Sobre esto se puede diseñar una asignatura que asegure ciertas competencias que son las que se van a demandar a un ingeniero biomédico cuyo trabajo se centre en la gestión y análisis de imágenes obtenidas principalmente en un entorno hospitalario, o quizá de investigación o en laboratorio. En este sentido, al finalizar la asignatura un estudiante incluso sin conocimientos previos, debiera ser capaz de:

- Elegir el sistema de captación, almacenamiento y proceso de la imagen adecuado para la aplicación que se le solicita, incluyendo el hardware y el software apropiado. Debe poder atender a las restricciones de capacidad computacional necesaria y coste económico, lo cual implica prestar una especial atención a las alternativas de software libre que puedan existir.
- Instalar y configurar dicho sistema para el trabajo diario. En concreto, debería conocer las herramientas básicas de gestión, almacenamiento y análisis de la imagen (standard DICOM, sistemas PACS, etc.) y saber elegir la óptima para su entorno, instalarla y mantenerla.
- Realizar tareas de extracción y análisis de la información, sabiendo generar informes útiles y comprensibles para los profesionales sanitarios con lo que trabaje.

VII.- HABILIDADES SOCIALES

- Habilidad en la búsqueda, selección y valoración de información, usando tanto la información relevante disponible en la red como la bibliografía tradicional.
- Habilidad para resolver problemas cuya solución no deriva de la aplicación de un procedimiento estandarizado.
- Capacidad para obtener la información adecuada con la que poder afrontar nuevos problemas científicos que se le planteen.
- Capacidad de la persona para planificar y conducir su propio aprendizaje.
- Facilidad en la comunicación de información, tanto de modo oral como escrito.
- Capacidad para trabajar en grupo a la hora de enfrentarse a situaciones problemáticas de forma colectiva.

VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Tema	Título y contenido	Horas de teoría + práctica + visitas
1	INTRODUCCIÓN - Concepto de señal e imagen digital. - Pérdidas de información en imágenes digitales: muestro y cuantización. Teorema del muestreo. Conceptos de pixel, vóxel, frecuencia espacial, etc. - Tipos de imágenes y ejemplos. (según la fuente, el tipo de información almacenada, etc.). - Compresión de imágenes con y sin pérdidas. - Almacenamiento de imágenes: formatos de almacenamiento (DICOM), conexión con los sistemas PACS y RIS. - Visualización de imágenes. Monitores y otros sistemas.	5+0+0
2	ADQUISICION Revisión de las principales técnicas de imagen biomédica. - Rayos X - TC - Ecografía - IRM - Medicina nuclear - Microscopía (SEM, AFM, ...)	5+0+2.5
3	PREPROCESADO - Técnicas de filtrado lineal en el dominio espacial y en el dominio de Fourier. Significado físico. - Filtros de atenuación de ruido y de realce de bordes. Filtros de deconvolución óptima. - Detección de aspectos relevantes (esquinas, barras, <i>blobs</i>..) - Operaciones básicas de la morfología matemática	4+5+0

4	SEGMENTACION - Técnicas de segmentación en 2D - Basadas en contornos: enlace de contornos, búsqueda del borde opuesto, contornos activos. - Basadas en el contenido de las regiones: umbralización, técnicas de crecimiento de regiones y de división y fusión. - Basada en morfología matemática: operaciones elementales (erosión, dilatación, apertura, cierre) y avanzadas (<i>watershed</i>). - Técnicas de segmentación en 3D - Basadas en el contenido: umbralización interactiva, dependiente de la - posición o con histéresis, segmentación basada en la textura. - Basadas en superficies: técnicas de conjuntos de nivel - Técnicas avanzadas: segmentación difusa, <i>watershed</i> tridimensional...	7.5+2.5+0
5	COREGISTRACION - Técnicas para el encaje (coregistro) de imágenes basadas en detección y correspondencia de aspectos relevantes o en la correspondencia entre regiones (Procrustes, etc.) - Técnicas básicas para la fusión de imágenes de la misma modalidad o de distintas modalidades (PET-TC, PET-RM, etc.)	5+1+0
6	ANALISIS Y EXTRACCION DE CARACTERISTICAS - Distribución de los valores de la señal. Histogramas - Conteo de formas - Características de las formas: compacidad, excentricidad, momentos, etc. - Estimadores de los valores reales a partir de los valores medidos en la imagen.	2.5+0+0
7	MODOS DE VISUALIZACION - Maximum Intensity Projection - Surface Rendering - Volume Rendering	5+1.5+0
8	APLICACIONES AVANZADAS - IVUS: contornos activos	4+0+0

	- Detección de microaneurismas - Osteoporosis: análisis global de la microarquitectura trabecular - Estudios de activación funcional mediante RM en pacientes de esquizofrenia - Técnicas de aceleración en RM cardiaca	
9	PERSPECTIVA HISTORICA Y RETOS FUTUROS Herramientas software existentes para el diagnóstico asistido por computador en imagen médica (Slicer 3D, Osirix, Vequion-ViewForum de Philips, Medis software, ...).	1+0+2.5

IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Handbook of Biomedical Image Analysis
Volume I: Segmentation Models Part A
Edited by Jasjit S. Suri, David L. Wilson and Swamy Laxminarayan
Kluwer Academic / Plenum Publishers, ISBN 0-306-48550-8

An Introduction to Mathematics of Emerging Biomedical Imaging
Habib Ammari
Springer, ISBN 978-3-540-79552-0

Biomedical Imagen Analysis: Tracking
Scott T. Acton and Nilanjan Ray
Morgan & Claypool, ISBN: 1-598290-18-5

Computed Tomography: From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT
Thorsten M. Buzug
Springer, ISBN 978-3-540-39407-5

Mathematical Models for Registration and Applications to Medical Imaging
Otmaz Scherzer, ed.
Springer, ISBN-10 3-540-25029-8 S

X.- METODOLOGÍA

Se combinarán la clase magistral, la clase de problemas y las conferencias/seminarios.

No obstante, la clase magistral no debe entenderse al modo clásico de exposición completa y detallada de un tema por el profesor: se trata de que el contenido de dicha clase, en forma de apuntes y/o capítulos de libro, así como las transparencias que se usen, ha sido entregado previamente a los alumnos, o puesto a su disposición en el aula virtual, y que éstos lo han leído como preparación previa. De este modo bastará exponer sucintamente el tema,

deteniéndose únicamente en los aspectos de comprensión difícil o para atender las preguntas de los alumnos.

Respecto a los trabajos, que se realizarán en grupos de dos o tres personas, se preferirán trabajos cortos tales como: resumen de un tema colateral con la pertinente búsqueda bibliográfica, realización de programas modulares en los que cada componente del grupo realice una parte, instalación y configuración de un programa en un sistema, etc.

Por último, las conferencias/seminarios se plantean invitando a una persona con experiencia profesional en la aplicación de la imagen médica en medicina, o en sanidad en general, que explique sucintamente su trabajo diario, el tipo de problemas que debe resolver, y atienda las preguntas en forma de coloquio posterior con los alumnos y el profesor habitual.

XI.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Se efectuarán tres modos de evaluación:

- Corrección de los trabajos, en principio del texto, prácticas, etc. que los alumnos entreguen, con la posibilidad de llamar a tutorías durante un máximo de media hora por persona a algunos alumnos para que expliquen lo escrito o verificar su autoría.
- Evaluación continua en las clases, pidiendo que se entreguen los ejercicios cortos del día o que alguno de los alumnos realice alguno de ellos en la pizarra.
- Corrección de un trabajo individual de cierta entidad sobre un tema previamente acordado por el profesor, o propuesto por éste, que incluya la correcta y completa citación de la bibliografía pertinente, el estudio detallado del caso que se proponga y la discusión de los resultados.

El peso de cada una de estas partes en la evaluación global sería del 40%, 10% y 50% respectivamente.