

Formulario de Aprobación Curso de Posgrado

Asignatura: Métodos Avanzados de Procesamiento de Imágenes: desde fotografía móvil a la estructura atómica de proteínas

Profesor de la asignatura¹: Alberto Bartesaghi, PhD, Duke University, Durham, NC, USA
(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

Profesor Responsable Local¹: Dr. Federico Lecumberry, Grado 4, IIE
(título, nombre, grado, Instituto)

Otros docentes de la Facultad: No
(título, nombre, grado, Instituto)

Docentes fuera de Facultad: No
(título, nombre, cargo, Institución, país)

Programa(s): Maestría y Doctorado en Ingeniería Eléctrica; Maestría en Ingeniería Matemática; Maestría y Doctorado en Informática;

Instituto ó Unidad: Instituto de Ingeniería Eléctrica

Departamento ó Area: Departamento de Procesamiento de Señales

¹ Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.

(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

Horas Presenciales: 20

Nº de Créditos: 5

Público objetivo y Cupos: Estudiantes de Maestría y Doctorado en Ingeniería Eléctrica, Computación y carreras afines. No hay cupos.

Objetivos: El objetivo del curso es cubrir los aspectos teóricos y prácticos del procesamiento avanzado de imágenes incluyendo un análisis de los principales desarrollos algorítmicos que han aparecido en los últimos años en el área de fotografía computacional y criomicroscopía electrónica. El curso introduce los conceptos necesarios para que los estudiantes sean capaces de entender, ejecutar e implementar sus propias técnicas para el procesamiento avanzado de imágenes.

El curso cubre dos partes. La primera es una introducción a problemas generales de procesamiento de imágenes bajo regímenes extremos de relación señal a ruido, incluyendo técnicas avanzadas de registrado, restauración, clasificación y mejoramiento. Los conceptos abordados son utilizados en varias aplicaciones de tratamiento de imágenes incluyendo fotografía en clave baja (Low-Light Photography), super-resolución y procesamiento de rafagas de imagenes (Burst Photography), como los implementados en dispositivos móviles modernos iPhone X y Google Pixel 3.

La segunda parte cubre aspectos específicos relacionados con el procesamiento de imágenes 3D de criomicroscopía electrónica (Cryo-EM). Cryo-EM es una técnica experimental para determinar la estructura de proteínas que en los últimos años ha revolucionado la biología estructural. Si bien la técnica fue desarrollada años atrás, la reciente introducción de una nueva generación de cámaras con tecnología CMOS en combinación con avances en procesamiento de imágenes, han permitido estudiar complejos macromoleculares de gran importancia biomédica con precisión atómica. Cryo-EM fue recientemente otorgada el premio Nobel de química y está siendo adoptada rápidamente por la industria farmacéutica para el diseño de fármacos en base a sus estructuras tridimensionales. En esta parte del curso se introducen los principios fundamentales de la técnica y los últimos avances algorítmicos en términos de procesamiento de imágenes (incluyendo aplicaciones de aprendizaje profundo o Deep Learning). El curso incluye una parte práctica en que los estudiantes aprenden a ejecutar todos los pasos

necesarios para convertir secuencias de imágenes de gran escala en estructuras moleculares de proteínas a alta resolución.

Conocimientos previos exigidos: Conocimientos básicos de procesamiento de señales, probabilidad y programación.

Conocimientos previos recomendados: Teoría de Fourier, procesamiento de imágenes.

Metodología de enseñanza:

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

- Horas clase (teórico): 10
- Horas clase (práctico): 0
- Horas clase (laboratorio): 5
- Horas consulta: 5
- Horas evaluación: 0
 - Subtotal horas presenciales: 20
- Horas estudio: 15
- Horas de resolución ejercicios/prácticos: 0
- Horas proyecto final/monografía: 40
 - Total de horas de dedicación del estudiante: 75

Forma de evaluación: La evaluación del curso consiste en la entrega de ejercicios obligatorios en máquina y un proyecto final individual.

Temario:

- Técnicas de restauración de imágenes bajo regímenes extremos de relación señal a ruido
- Uso de datos de gran escala (Big Data) para reducir ruido en imágenes
- Procesamiento de ráfagas de imágenes (Burst Photography)
- Técnicas de super-resolución de imágenes
- Principios fundamentales de criomicroscopía electrónica (Cryo-EM)
- La revolución de resolución en Cryo-EM
- Técnicas computacionales para estudiar la dinámica de biomoléculas
- Aplicaciones de aprendizaje profundo (Deep Learning) en Cryo-EM

Bibliografía:

La bibliografía seguirá varios artículos publicados recientemente.

- [1] Grant, T., A. Rohou and N. Grigorieff, "cisTEM, user-friendly software for single-particle image processing," *Elife*, vol. 7, 2018.
- [2] Zivanov, J., T. Nakane, B. O. Forsberg, D. Kimanius, W. J. Hagen, E. Lindahl and S. H. Scheres, "New tools for automated high-resolution cryo-EM structure determination in RELION-3," *Elife*, vol. 7, 2018.
- [3] Bartesaghi, A., C. Aguerreberre, V. Falconieri, S. Banerjee, L. Earl, X. Zhu, N. Grigorieff, J. Milne, G. Sapiro, X. Wu and S. Subramaniam, "Atomic Resolution Cryo-EM Structure of β -Galactosidase," *Structure*, vol. 26, no. 6, 2018.
- [4] Aguerreberre, C., M. Delbracio, A. Bartesaghi and G. Sapiro, "Fundamental Limits in Multi-Image Alignment," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 64, no. 21, pp. 5707–5722, 2016.
- [5] Wagner, T., F. Merino, M. Stabrin, T. Moriya, C. Gatsogiannis and S. Raunser, "SPHIRE-crYOLO: A fast and well-centering automated particle picker for cryo-EM," *bioRxiv*, p. 356584, Jun. 2018.
- [6] Lehtinen, J., J. Munkberg, J. Hasselgren, S. Laine, T. Karras, M. Aittala and T. Aila, "Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data," Mar. 2018.
- [7] Ripstein, Z. A. and J. L. Rubinstein, "Processing of Cryo-EM Movie Data," *Methods Enzymol.*, vol. 579, pp. 103–124, Jan. 2016.
- [8] Dabov, K., A. Foi, V. Katkovich and K. Egiazarian, "Image Denoising by Sparse 3-D Transform-Domain Collaborative Filtering," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 16, no. 8, pp. 2080–2095, Aug. 2007.
- [9] Protter, M., M. Elad, H. Takeda and P. Milanfar, "Generalizing the Nonlocal-Means to Super-Resolution Reconstruction," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 1, pp. 36–51, Jan. 2009.

Datos del curso

Fecha de inicio y finalización: 13 al 17 de Mayo de 2019

Horario y Salón: Lunes a Viernes de 9AM a 12PM
