

Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente

Asignatura:

Problemas inversos en procesamiento de imágenes computacional: del modelado a los algoritmos.

Modalidad:

(posgrado, educación permanente o ambas)

Posgrado

☒

Educación permanente

☒

Profesor de la asignatura ¹:

Dr. Luca Calatroni.

Associate Professor, Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi (DIBRIS), Università degli studi di Genova

Profesor Responsable Local ¹:

Dr. Pablo Musé. Prof. Titular G5, IIE.

Otros docentes de la Facultad:

Dra. Lara Raad, Prof. Adjunta G3, IIE.

Docentes fuera de Facultad:

(título, nombre, cargo, institución, país)

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)

[Si es curso de posgrado]

Programa(s) de posgrado: Maestría y Doctorado en Ing. Eléctrica.

Instituto o unidad: Instituto de Ingeniería Eléctrica

Departamento o área: Procesamiento de Señales

Horas Presenciales: 25

(se deberán discriminar las horas en el ítem Metodología de enseñanza)

Nº de Créditos: 5

[Exclusivamente para curso de posgrado]

(de acuerdo a la definición de la Udelar, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem Metodología de enseñanza)

Público objetivo: Este curso busca introducir las técnicas modernas de resolución de problemas inversos, con un foco en restauración de imágenes, a estudiantes de posgrado en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Computación, Matemática, Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático o ramas afines. Las aplicaciones a bioimagenología pueden ser también de interés para investigadores de las ciencias biológicas.

Cupos: No tiene.

(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

Objetivos:

El curso se centra en el estudio de metodologías matemáticas y computacionales que sustentan las técnicas más innovadoras de procesamiento y análisis de imágenes. Los problemas inversos constituyen la base de numerosos desarrollos en los que es necesario recuperar información visual a partir de datos incompletos, ruidosos o degradados, un reto que atraviesa diferentes disciplinas científicas y tecnológicas.

En este contexto, el curso ofrece una formación que integra tres dimensiones complementarias. En primer lugar, la modelización matemática de los procesos de adquisición de datos, que permite establecer de manera rigurosa la relación entre las medidas disponibles y la imagen subyacente. En segundo lugar, el diseño e implementación de algoritmos capaces de resolver problemas altamente complejos, recurriendo a técnicas de optimización numérica, métodos iterativos y estrategias de regularización. Finalmente, se enfatiza la aplicación práctica de estas herramientas en casos representativos de la investigación actual.

Entre los ejemplos que se abordarán destacan la deconvolución de imágenes, esencial para corregir desenfoques y mejorar la calidad de observaciones en microscopía y astronomía; la tomografía computacional, pilar de la obtención de imágenes médicas no invasivas y de gran impacto clínico; los métodos de superresolución, que permiten generar detalles más allá de los límites físicos de los sensores y son de gran relevancia en biología y seguridad; y las técnicas de inpainting de imágenes, útiles para la restauración digital, la edición inteligente y la recuperación de información en contextos artísticos, industriales y forenses. Estos casos ilustran cómo la teoría de problemas inversos se traduce en soluciones concretas que responden a desafíos actuales en ciencia, tecnología e innovación.

Conocimientos previos exigidos:

Conocimientos sólidos de Cálculo diferencial, Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística, Programación (conocimientos sólidos en al menos un lenguaje de programación). Cursos introductorios de optimización y de aprendizaje automático.

Conocimientos previos recomendados: nociones de procesamiento de imágenes, nociones de optimización convexa.

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)

Descripción de la metodología:

Se dictarán 20 hs. de clases teórico-prácticas divididas en 5 clases de cuatro horas cada una, concentradas en una semana. Se destinarán 5 horas en total a consultas. Se estima una dedicación similar por parte del estudiante para estudiar los temas impartidos en clase, y 20 horas para la realización del trabajo final.

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico-práctico): 20

- Horas de clase (laboratorio):
- Horas de consulta: 5
- Horas de evaluación:
 - Subtotal de horas presenciales: 25
- Horas de estudio: 25
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos:
- Horas proyecto final/monografía: 25
 - Total de horas de dedicación del estudiante: 75

Forma de evaluación:

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de posgrado, si corresponde]

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de educación permanente, si corresponde]

La evaluación consistirá en un trabajo obligatorio (ejercicios teóricos por escrito, notebooks de Python), a realizarse durante las semanas posteriores al dictado intensivo. Este trabajo obligatorio, de duración a definir, será monitoreado por los profesores locales, y evaluado en conjunto con el Prof. Calatroni para definir la aprobación.

Temario:

Los temas a cubrir serán:

- 1) Fundamentos de problemas inversos y optimización: definiciones, enfoques bayesianos, enfoques variacionales y métodos de aprendizaje (Plug-and-Play, Unrolling); optimización convexa y no convexa. (4h, modalidad teórica-práctica).
- 2) Problemas inversos estándar: deconvolución, superresolución, tomografía y resonancia magnética; soluciones mediante algoritmos clásicos y métodos de optimización de primer orden. (4h, modalidad teórica-práctica).
- 3) Aplicaciones en microscopía avanzada: deconvolución y superresolución para imágenes confocales e ISM (Image Scanning Microscopy); reconstrucción a partir de fluctuaciones moleculares con sensores SPAD. (4h, modalidad teórica-práctica).
- 4) Reconstrucción en imagen médica: ejemplos de resonancia magnética dinámica y tomografía de impedancia eléctrica (EIT), con énfasis en problemas no lineales modelados por EDPs. (4h, modalidad teórica-práctica).
- 5) Laboratorios computacionales: implementación, ajuste y prueba de algoritmos de reconstrucción en Python utilizando la librería DeepInv. (4h, modalidad práctica).

Bibliografía:

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

-
- Amir Beck. First-Order Methods in Optimization. SIAM, 2017.
 - Mario Bertero & Patrizia Boccacci. Introduction to Inverse Problems in Imaging. CRC Press, 1998.
 - Antonin Chambolle & Thomas Pock. An Introduction to Continuous Optimization for Imaging. Acta Numerica, Vol. 25, 2016, pp. 161–319.
-

- Heinz W. Engl, Martin Hanke & Andreas Neubauer. Regularization of Inverse Problems. Kluwer Academic Publishers, 1996.
 - Per Christian Hansen, Jakob Jørgensen, William R. B. Lionheart (2021) – Computed Tomography: Algorithms, Insight, and Just Enough Theory. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
 - Per Christian Hansen. Discrete Inverse Problems: Insight and Algorithms. SIAM, 2010.
 - David Holder, (2005). Electrical Impedance Tomography: Methods, History and Applications. Institute of Physics Publishing (IOP). ISBN: 978-0750309523.
 - Ulugbek S. Kamilov, Charles A. Bouman, Gregory T. Buzzard, Brendt Wohlberg. Plug-and-Play Methods for Integrating Physical and Learned Models in Computational Imaging: Theory, Algorithms, and Applications. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 40, No. 1, 2023, pp. 85–97.
 - Vishal Monga, Yuelong Li & Yonina C. Eldar – Algorithm Unrolling: Interpretable, Efficient Deep Learning for Signal and Image Processing. Proceedings of the IEEE, Vol. 109, No. 11, 2021, pp. 1784–1825.
 - Jennifer Mueller & Samuli Siltanen – Linear and Nonlinear Inverse Problems with Practical Applications. SIAM, 2012.
 - Frank Natterer - (1986). The Mathematics of Computerized Tomography. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
 - Julian Tachella, Mathieu Terris, Samuel Hurault, Andreas Wang et al. (2025). DeepInverse: A Python package for solving imaging inverse problems with deep learning. arXiv preprint arXiv:2505.20160.
-

Datos del curso

Fecha de inicio y finalización: 27/07/2026 a 31/07/2026 (fecha tentativa)

Horario y Salón: A definir

Arancel:

[Si la modalidad no corresponde indique "no corresponde". Si el curso contempla otorgar becas, indíquelo]

Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado: no corresponde

Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente: 5000 UI
