

# Problemas inversos y su regularización

Trimestre 25-I Grupo CZ12 Clave: 2137082

## Maestría en Ciencias (Matemáticas Aplicadas e Industriales)

---

✉	<b>Dr. José Héctor Morales Bárcenas</b> Grupo de Ciencia de Datos CBI Área de Análisis Numérico y Modelación Matemática Departamento de Matemáticas UAM Iztapalapa
✉	<a href="mailto:jhmb@xanum.uam.mx">jhmb@xanum.uam.mx</a>
Oficina y ☎	AT-218, +52 (55) 5804-4654 ext. 3336
🕒 clase	Martes y jueves de 10:00 a 12:00 hrs.
🏠 oficina	Jueves de 10:00 a 13:00 hrs en el AT-218 o por email o video llamada.
URL	<a href="https://sites.google.com/view/hectormoralesuam/home">Página Personal</a> <a href="https://sites.google.com/view/hectormoralesuam/home">https://sites.google.com/view/hectormoralesuam/home</a> Google Classroom Class Code: j6kl2tf
📖 <b>Texto</b>	Albert Tarantola, INVERSE PROBLEM THEORY AND METHODS FOR MODEL PARAMETER ESTIMATION, SIAM, 2005.
Seriación	Autorización.

### Descripción

🚲 Se trata de curso introductorio a *los problemas inversos* cuya motivación es la modelación matemática en diversas áreas experimentales, con componentes de aprendizaje estadístico y cómputo científico.

### Objetivos

🏠 Que el alumno comprenda la teoría matemática básica de los problemas inversos. La programación en cualquier lenguaje es bienvenida, aunque sugerimos Python.

### Temario

- 📍 1. Introducción panorámica de los problemas inverso.
- ⚽ 2. Los problemas inversos en matemáticas: conceptos de mal planteado y regularización.
- 🦠 3. Problemas inversos estadísticos: enfoque bayesiano.
- 🌱 4. Aprendizaje estadístico (“Machine Learning”).
- 🐟 6. Regularización y selección de modelos en aprendizaje estadístico.
- 🔮 7. Aprendizaje profundo (“Deep Learning”) en problemas inversos.

## Referencias bibliográficas

- Aster, R.C., Borchers, B., and Thurber, C.H. (2013) PARAMETER ESTIMATION AND INVERSE PROBLEMS, Elsevier.
- Arridge, S.R., Maaß, P., and Schönlieb, C.-B., DEEP LEARNING FOR INVERSE PROBLEMS. *Oberwolfach Rep.* 18 (2021), no. 1, pp. 745789
- Brunton, S.L. and Kutz, J.N. DATA-DRIVEN SCIENCE AND ENGINEERING: MACHINE LEARNING, DYNAMICAL SYSTEMS, AND CONTROL. 2nd Ed., Cambridge, 2022 — S.L. Brunton, S.L., Noack, B.R., and Koumoutsakos, P., MACHINE LEARNING FOR FLUID MECHANICS, *Annu. Rev. Fluid Mech.* 2020. 52:477-508
- Colton, D. and Kress, R. (1998) INVERSE ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC SCATTERING THEORY, 2nd Ed., Springer.
- Devaney, A.J. (2012) MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF IMAGING, TOMOGRAPHY AND WAVEFIELD INVERSION, Cambridge.
- Feeman, T.G. (2015) THE MATHEMATICS OF MEDICAL IMAGING: A BEGINNERS GUIDE, Springer.
- Fink, M. TIME-REVERSED ACOUSTICS, *Scientific American*, November 1999.
- Groetsch, C.W. INTEGRAL EQUATIONS OF THE FIRST KIND, INVERSE PROBLEMS AND REGULARIZATION: A CRASH COURSE. *Journal of Physics: Conference Series* 73 (2007) 012001 — INVERSE PROBLEMS IN THE MATHEMATICAL SCIENCES, Vieweg Publishing, Wiesbaden, 1993.
- Kirsch, A. (2011) AN INTRODUCTION TO THE MATHEMATICAL THEORY OF INVERSE PROBLEMS, 2nd Ed., Springer.
- Linge, S. and Langtangen, H.P. (2020) PROGRAMMING FOR COMPUTATIONS – PYTHON, Springer. — (2016) PROGRAMMING FOR COMPUTATIONS – A GENTLE INTRODUCTION TO NUMERICAL SIMULATIONS WITH PYTHON. Texto en línea: [S. Linge and H. P. Langtangen: Programming for Computations](#)
- Louis, A.K. and Natterer, F. MATHEMATICAL PROBLEMS OF COMPUTERIZED TOMOGRAPHY, in *Proceedings of the IEEE*, 71(3), 379-389, March 1983.
- Siegfried, T. (2010). ODDS ARE, ITS WRONG. *Science News*, 177(7), 26-29.
- Stuart, A.M. INVERSE PROBLEMS: A BAYESIAN PERSPECTIVE, *Acta Numerica* (2010), 451-559
- Ranschaert, E.R., Morozov, S., and Algra, P.R. (Editors). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICAL IMAGING, Springer, 2019.
- Tarantola, A. and Valette, B., INVERSE PROBLEMS = QUEST FOR INFORMATION, *J. Geophysics*, 1982, 50, 159-170 — Tarantola, A. POPPER, BAYES AND THE INVERSE PROBLEM, *Nature Physics* 2 August 2006.
- Tayal, K., Lai, C.-H., Kumar, V., Sun, J., INVERSE PROBLEMS, DEEP LEARNING, AND SYMMETRY BREAKING, arXiv:2003.09077
- Vasudevan, R.K., Ziatdinov, M., Vlcek, L. et al. OFF-THE-SHELF DEEP LEARNING IS NOT ENOUGH, AND REQUIRES PARSIMONY, BAYESIANITY, AND CAUSALITY. *npj Comput Mater* 7, 16 (2021).
- Vogel, C.R., COMPUTATIONAL METHODS FOR INVERSE PROBLEMS, SIAM, 2002.
- Wang, G., Zhang, Y., Ye, X., and Mou, X. MACHINE LEARNING FOR TOMOGRAPHIC IMAGING, IOP, 2020.

**Política académica: No hay excepciones**

**Evaluación** Las tareas semanales contarán 20% de la calificación final y 80% un proyecto a desarrollar en el trimestre.

**Calificaciones** Escala de calificación:

$$6.0 \leq S < 7.5, \quad 7.5 \leq B < 8.5, \quad 8.5 \leq MB \leq 10.0.$$

**Asistencia** La asistencia al curso es obligatoria, garantizando un buen desempeño. Seguiremos los lineamientos que marque la Universidad en caso de confinamiento. Es obligación de los estudiantes estar al día con las notas del curso, de las fechas de exámenes y entrega de tareas. Administraré el curso a través de la Plataforma de **Classroom** (el registro en Servicios Escolares es independiente), por lo que es obligatorio que todo estudiante tenga acceso a la misma por medio de un email personal de Gmail. Al momento de registrarse deberá hacer uso de un nombre y un apellido, sin apodos o sobrenombres.

**Integridad** La relación alumno-profesor debe estar basada en la confianza y el respeto. Adquirir o copiar sin plasmar el esfuerzo del alumno en su trabajo es notable y va en detrimento de la calificación. Adicionalmente, no está permitido el uso de artefactos (celulares en particular) que interfieran con el desarrollo de la clase. No se admiten estudiantes inscritos en otros grupos y no se guardan calificaciones (no se aceptan oyentes).

Ciudad de México, 9 de febrero de 2025