

Título: Métodos de Inversión

Primera clase Abril 30, 2024

Martes, Miércoles, Jueves 10:00AM Salon Meridiano, Observatorio, UNLP

M D Sacchi

University of Alberta

msacchi@ualberta.ca

Contenidos y objetivos: En geofísica, las observaciones adquiridas sobre la superficie terrestre codifican información no observable del interior terrestre. La teoría de inversión establece estrategias y métodos numéricos para transformar observaciones en propiedades o procesos que dan origen a estas observaciones. El objetivo de este curso es describir métodos numéricos para la resolución de problemas inversos lineales y no lineales que surgen frecuentemente en geofísica. Este curso utiliza ejemplos de geofísica aplicada, aunque las técnicas descritas son usualmente utilizadas también en sismología global, geodesia, geodinámica, astronomía, y en toda disciplina en donde se desee transformar observaciones en distribuciones de propiedades físicas que explican dichas observaciones.

Duración: Total de 64 horas. 32 horas clases en donde el instructor presenta aspectos teóricos, problemas prácticos y soluciones; más 32 horas en donde el estudiante deberá trabajar en la resolución de ejercicios de problemas inversos.

Requisitos: Conocimiento de Análisis de Fourier, Álgebra Lineal, Métodos Numéricos, Programación preferiblemente Julia o Python (C/C++ o Fortran también son bienvenidos). El instructor asume que el estudiante puede programar sin requerimiento de asistencia.

Programa:

- 1) Elementos fundamentales de Álgebra Lineal
- 2) Introducción al problema inverso en geofísica y otras disciplinas
- 3) Problema inverso lineal discreto
 - Problemas mal condicionados, y bien condicionados, métodos de regularización
 - Mínimos cuadrados y mínimos cuadrados amortiguados
 - Soluciones de norma mínima y de norma mínima pesada
 - Curvas de trade-off, estimación de parámetros de regularización
 - Soluciones vía SVD (descomposición en valores singulares), número de condición, matrices de resolución del dato y del modelo
 - Descripción bayesiana del problema inverso, matrices de covarianza, modelos iniciales
 - Soluciones explícitas e iterativas (método de gradiente conjugado) con operadores lineales explícitos e implícitos (operador lineal y su adjunto)
 - Ejemplos: Tomografía sísmica, inversión gravimétrica, deconvolución de imágenes 2D, inversión AVO

- 3) Métodos robustos y métodos para soluciones *sparse* (ralas)
 - Normal Lp para medir ajuste de datos, soluciones robusta mediante Mínimos Cuadrados Iterativos Pesados
 - Soluciones ralas mediante métodos iterativos (ISTA: Iterative Soft Thresholding Algorithm, ADMM: Alternating Direction Method of Multipliers)
 - Preservación de discontinuidades en problemas de inversión mediante métodos de Variación Total
 - Ejemplos: Aplicaciones a técnicas de reconstrucción de datos, compressive sensing, deconvolución “sparse-spike”, AVO
- 4) Problemas lineales inversos asociados a la ecuación de onda
 - Derivación de algoritmos de migración tipo RTM (*Reverse Time Migration*) mediante la aproximación de Born
 - Modelos de migración extendidos, el problema de migración mediante el método de mínimos cuadrados, diferencias entre migración e inversión lineal
- 5) Problemas no lineales inversos asociados a la ecuación de onda
 - El problema: Ajustar datos en superficie obedeciendo a la ecuación de onda en todo el dominio (Constrained PDE problem, Adjoint State Method)
 - Método del gradiente descendiente, método Gauss-Newton, estimación del operador Jacobiano, operadores de sensibilidad y Hessiano en problemas asociados a la ecuación de onda
 - Full waveform Inversion (FWI) en el dominio de las frecuencias y del tiempo para la ecuación acústica
 - Extensión al caso elástico y discusión del problema de “crosstalk” entre parámetros

Trabajos Prácticos

5 trabajos prácticos con temas a determinar.

Modalidad de calificación:

Aprobación de Trabajos Prácticos (70%)
Presentación de artículos (30%)*

* Idealmente, cada estudiante lee, analiza y expone para toda la clase (15 minutos) al menos 2 artículos relacionados a un problema inverso en su área de investigación.

Bibliografía:

- W Menke, Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory, 2012, Elsevier 3rd Edition
- A Tarantola, Inverse Problem Theory and Methods for Model Parameter Estimation, 2005, SIAM
- M D Sacchi, Inverse Problems, Course notes for GEOPH 531, University of Alberta

- Colección de artículos de revistas: GJI, Geophysics, Geophysical Prospecting, GJR.