



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## INVERSE PROBLEMS IN GEOPHYSICS

**MATTIA ALEARDI**

Anno accademico

2023/24

CdS

EXPLORATION AND APPLIED  
GEOPHYSICS

Codice

234DD

CFU

6

| Moduli                            | Settore/i | Tipo    | Ore | Docente/i      |
|-----------------------------------|-----------|---------|-----|----------------|
| INVERSE PROBLEMS IN<br>GEOPHYSICS | GEO/11    | LEZIONI | 48  | MATTIA ALEARDI |

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Obiettivo primario del corso è quello di fornire allo studente le basi teoriche e pratiche per affrontare e risolvere i problemi inversi con particolare riguardo all'ambito geofisico. A tal fine il corso combina sia lezioni frontali in cui vengono introdotti gli aspetti più propriamente teorico/matematici, con esercitazioni pratiche di laboratorio nelle quali il problema inverso viene affrontato dal lato pratico/implementativo mediante l'uso del linguaggio di programmazione Matlab. Particolare attenzione sarà rivolta nell'associare gli aspetti più matematici e teorici con i loro risvolti e significati pratici. Per questo durante le lezioni si introdurranno numerosi esempi applicativi che spaziano dalla deconvoluzione, all'inversione di dati sismici a esempi di tomografia sismica. Il corso focalizzerà l'attenzione soprattutto sui problemi inversi lineari sia perché molto diffusi in ambito geofisico sia perché la loro comprensione è fondamentale per risolvere i problemi non lineari.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

la verifica delle conoscenze verrà effettuata in sede d'esame mediante prova scritta da risolvere tramite Matlab che certificherà le capacità pratica dello studente nel risolvere mediante strumenti informatici un problema inverso. La successiva prova orale ha l'obiettivo di verificare il grado di padronanza e comprensione raggiunto dallo studente sulla parte più propriamente teorica.

#### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di risolvere problemi inversi tramite linguaggio Matlab ed avrà acquisito le basi fondamentali per risolvere problemi classici di inversione geofisica lineari e non lineari. Le basi teoriche/pratiche acquisite potranno essere inoltre utilizzate per futuri approfondimenti nel campo dell'inversione di dati geofisici.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Saranno svolte lezioni pratiche di risoluzione di problemi inversi tramite codici scritti in linguaggio Matlab

#### *Comportamenti*

Lo studente acquisirà competenze teoriche e pratiche circa le problematiche (es. ambiguità soluzione, instabilità inversione) inerenti alla risoluzione di problemi inversi in ambito geofisico.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Saranno svolte lezioni pratiche di risoluzione di problemi inversi tramite codici scritti in linguaggio Matlab

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze pregresse di analisi matematica ed algebra lineare.  
Capacità di programmare in linguaggio Matlab.

#### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

Fitting lineare come problema inverso: norma di un vettore e suo significato nel risolvere un problema inverso, soluzione ai minimi quadrati, soluzione ai minimi quadrati come soluzione di massima verosimiglianza, pesatura outliers e soluzione in norma L1, regressioni vincolate mediante moltiplicatori di Lagrange. Propagazione degli errori dallo spazio dei dati allo spazio dei modelli. Stabilità di un problema inverso e problemi mal-condizionati. Problemi inversi sovra-, sotto-, esattamente determinati e a determinazione mista, soluzione in minima norma nello spazio dei modelli, regolarizzazione di Tikhonov. Inserimento vincoli nell'inversione: soluzione ai minimi quadrati smorzati, vincoli di



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

smoothness, e minimi quadrati pesati. Analisi di sensitività: matrici di risoluzione del dato, del modello e di covarianza. La decomposizione ai valori singolari come strumento per risolvere un problema inverso. Cenni di approccio Bayesiano ai problemi inversi e di risoluzione di problemi inversi non lineari.

### Bibliografia e materiale didattico

- Aster, R., Borchers, B., and Thurber, C. (2005). Parameter estimation and inverse problems: Elsevier academic press. Burlington, Massachusetts.
- Menke, W. (1984). Geophysical data analysis: Discrete inverse theory. Academic Press, New York.
- Richardson, R.M, and Zandt G (2003). Inverse problems in geophysics. Lecture Notes, University of Arizona. Scaricabile gratuitamente dal web.
- Tarantola, A. (2005). Inverse problem theory and methods for model parameter estimation. Siam.
- Duijndam, A.J.W. (1987). Detailed Bayesian inversion of seismic data. Technische Universiteit Delft.
- Ulteriore materiale didattico sarà fornito dal docente.

Le slides in pdf delle lezioni sono nella sezione file della pagina Teams del corso

[https://unipiit.sharepoint.com/sites/a\\_\\_td\\_61434/Materiale%20del%20corso/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fa%5F%5Fd%5F61434%2F Materiale%20del%20corso%2Fslide%5Finv%5Fprob%5FENG%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fa%5F%5Fd%5F61434%2FMateriale%20del%20corso&p=true&ga=1](https://unipiit.sharepoint.com/sites/a__td_61434/Materiale%20del%20corso/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fa%5F%5Fd%5F61434%2F Materiale%20del%20corso%2Fslide%5Finv%5Fprob%5FENG%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fa%5F%5Fd%5F61434%2FMateriale%20del%20corso&p=true&ga=1)

### Modalità d'esame

Colloquio orale

### Note

Mattia Aleardi (presidente)

Eusebio Stucchi (presidente supplente)

*Ultimo aggiornamento 01/03/2024 10:52*