

Corso di Laurea Magistrale in Fisica		Insegnamento / Course METODI INVERSI / INVERSE METHODS		
SSD: FIS/06	CFU/Credits: 8	Anno di corso: I	Lezione (ore): 64	Esercitazione (ore): 0
<b>Obiettivi formativi:</b> L'obiettivo principale del corso è di favorire la conoscenza e la comprensione della filosofia e delle metodologie di risoluzione di problemi di stima di parametri ed inversi, con particolare attenzione ad alcuni problemi chiave quali l'incertezza, i problemi mal posti, la regolarizzazione, il bias e la risoluzione. E' sviluppata la capacità di apprendere gli aspetti teorici mediante esempi sviluppati in ambiente MATLAB.		<b>Training objectives:</b> The main goal of the course is to promote the knowledge and understanding of parameter estimation and inverse problem philosophy and methodology, specifically regarding such key issues as uncertainty, ill-posedness, regularization, bias, and resolution. Learning skill of theoretical points is developed through MATLAB codes.		
<b>Programma sintetico (sillabo):</b> 1) Richiami di algebra lineare, calcolo vettoriale, probabilità e statistica. 2) Caratterizzazione dei problemi inversi e loro classificazione. Esistenza, unicità e stabilità della soluzione. 3) Regressione lineare in norma $L_2$ e in norma $L_1$ . Minimi quadrati e aspetti statistici. Propagazione Monte Carlo degli errori. 4) Problemi inversi a deficienza di rango e mal-condizionati. Decomposizione ai valori singolari e soluzione inversa generalizzata. 5) Tecniche di regolarizzazione di Tikhonov. Implementazione SVD della regolarizzazione di ordine zero e superiore. Risoluzione, bias e incertezza della soluzione di Tikhonov. 6) Discretizzazione di problemi inversi continui mediante espansione del modello e mediante funzioni di base. 7) Metodi iterativi per la tomografia sismica. Metodo dei gradienti coniugati. Risoluzione per i metodi iterativi. 8) Tecniche di inversione e regolarizzazione nel dominio di Fourier. Sistemi lineari nei domini del tempo e della frequenza. Regolarizzazione water level e di Tikhonov. 9) Problemi inversi non lineari e tecniche numeriche di ottimizzazione. Metodi di Gauss-Newton, Levenberg-Marquardt e Occam. Regolarizzazione e risoluzione. Metodi Monte Carlo e di ricerca diretta. Annealing. Algoritmo genetico. 10) Approccio bayesiano alla risoluzione di problemi inversi. Caso normale-multivariato. Metodo Marchov Chain Monte Carlo.				
<b>Contents:</b> 1) Review of linear algebra, vector calculus, and probability and statistics. 2) Inverse problem characterization and their classification. Existence, non-uniqueness, and stability of the solution. 3) Linear regression in $L_2$ and $L_1$ norm. Least-squares and statistical aspects. Monte Carlo error propagation. 4) Rank-deficient and ill-conditioned inverse problems. Singular value decomposition and generalized inverse solution. 5) Tikhonov regularization. SVD implementation of zero-and higher-order Tikhonov regularization. Resolution, bias and uncertainty of the solution. 6) Discretizing continuous inverse problems by expansion of the model, and by basis functions. 7) Iterative methods for seismic tomography. Conjugate gradient method. Resolution for iterative methods. 8) Inversion and regularization techniques in the Fourier domain. Linear systems in time and frequency domains. Water level and Tikhonov regularization. 9) Non-linear inverse problems and numerical optimization techniques. Gauss-Newton, Levenberg-Marquardt, and Occam methods. Regularization and resolution. Monte Carlo and direct search methods. Annealing. Genetic algorithm). 10) Bayesian approach to inverse problems solving. The normal multivariate case. Marchov Chain Monte Carlo method.				
<b>Esami propedeutici / Propaedeutic exams: -</b>				
<b>Prerequisiti / Prerequisites:</b> E' richiesta buona familiarità con i concetti principali dell'algebra lineare, delle equazioni differenziali, del Calcolo Vettoriale e di Probabilità e Statistica. Sono inoltre utili nozioni di Calcolo Numerico. / We expect that students will have prior familiarity with linear algebra, differential equations, vector calculus, probability, statistics, and calculus.				
<b>Finalità e modalità di verifica dell'apprendimento / exam</b> Lo studente dovrebbe essere in grado di dimostrare di aver acquisito conoscenze e competenze nell'affrontare in autonomia e con spirito critico l'inversione di dati sperimentali, con particolare attenzione ad aspetti fondamentali quali l'incertezza, la regolarizzazione e la risoluzione della soluzione. L'esame consiste nella presentazione e discussione di uno o più esercizi assegnati durante il corso e in un colloquio orale sugli argomenti trattati. / oral presentation and discussion of one of the exercises developed during the course				
Il corso può essere erogato in lingua inglese in presenza di studenti stranieri (es. Erasmus) / The course can be given in English in presence of foreign students (e.g. Erasmus)				