



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI) MODELLI NUMERICI PER I CAMPI

SSD: ELETTRONICA (ING-IND/31)

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA ELETTRICA (M60)
ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ALBANESE RAFFAELE
TELEFONO:
EMAIL: raffaele.albanese@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO: NON PERTINENTE
MODULO: NON PERTINENTE
CANALE: FG A-Z
ANNO DI CORSO: I
PERIODO DI SVOLGIMENTO: SEMESTRE I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha l'obiettivo di illustrare gli aspetti fondamentali della modellistica numerica d'interesse per un ingegnere elettrico e dell'Informazione, fornendo gli strumenti di base per la risoluzione con il calcolatore di problemi di campo. L'approccio seguito si propone di mediare tra il rigore richiesto da una corretta impostazione matematica e la necessità di condurre gli allievi a risolvere problemi applicativi più direttamente legati ai loro specifici interessi. Il linguaggio di programmazione MATLAB® è utilizzato nel laboratorio numerico.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici necessari per affrontare la risoluzione di un problema di campo al calcolatore e valutare criticamente le caratteristiche attese di una soluzione numerica di un problema di campo, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di utilizzare concretamente le conoscenze acquisite, dando prova di saperle applicare nella impostazione della soluzione di un problema di campo al calcolatore e nella valutazione critica delle caratteristiche attese dalla soluzione numerica, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

1. Richiami di Algebra Lineare

Spazi lineari a dimensioni finite. Matrici. Matrici simmetriche, hermitiane, normali, unitarie, ortogonali. Determinante. Autovalori ed autovettori. Autovettori linearmente indipendenti. Diagonalizzazione. Localizzazione degli autovalori. Primo e secondo teorema di Gershgorin. Predominanza diagonale. Matrici definite positive. Prodotto scalare. Norme vettoriali. Quoziente di Rayleigh–Ritz. Equivalenza delle norme. Continuità della norma. Norme matriciali. Decomposizione a valori singolari (SVD). Condizionamento di una matrice

2. Problemi differenziali e Integrali

Generalità sui modelli descritti da equazioni alle derivate parziali. Linee caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi lineari. Linee caratteristiche per le equazioni iperboliche. Cenni sulle equazioni integrali. Formulazione integrale del problema esterno per il potenziale elettrostatico. Esempio applicativo: il problema delle risonanze elettrostatiche di un oggetto di permittività uniforme.

3. Metodo delle Differenze

Finite Approssimazione della derivata prima e seconda. Soluzione dell'equazione di Poisson con il metodo delle differenze finite. Consistenza, stabilità e convergenza.

3. Metodo degli elementi finiti

Formulazioni del problema di campo: forma forte e forma debole; Formulazioni variazionali. Introduzione al metodo degli elementi finiti. Equazione di Poisson. Interpolazione polinomiale. Polinomi di Lagrange. Splines lineari a tratti. Errore di interpolazione. Formulazioni variazionali e formulazioni deboli. Il metodo di Galerkin. Convergenza del metodo degli elementi finiti. Funzioni di forma lineari e coordinate baricentriche. Elementi isoparametrici di ordine superiore a 1.

4. Integrazione numerica

Integrazione numerica. Formula dei rettangoli; formula dei trapezi, formula di Simpson. Errore di discretizzazione. Formule di Gauss Legendre.

5. Sistemi di equazioni algebriche lineari

Risoluzione di sistemi di equazioni algebriche. Metodi diretti. Il metodo di eliminazione di Gauss con Pivot parziale. Fattorizzazione LU. Fattorizzazione mediante successione di matrici. Fattorizzazione LLH. Il Metodo di Cholesky. Matrici sparse e matrici bandate. Cenni al problema

della riduzione della banda. Cenni al problema del condizionamento e della stabilità numerica. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche ai minimi quadrati. Equazioni normali. Soluzioni numerica delle equazioni normali. Soluzione mediante il metodo QR. Soluzione mediante decomposizione in valori singolari. Matrice pseudoinversa. Cenni alla soluzione di problemi di ottimizzazione vincolata con il metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Cenni alla regolarizzazione di Tihonov. Risoluzione di sistemi lineari con metodi iterativi. Convergenza del metodo iterativo. Velocità di convergenza. Condizioni di arresto dell'iterazione. Metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel. Il metodo di rilassamento. Convergenza e stima dell'errore. Il metodo del gradiente e del gradiente coniugato

6. Sistemi di equazioni algebriche non lineari

Sistemi di equazioni algebriche non lineari. Metodo della bisezione. Iterazione del punto fisso. Metodo di Newton Raphson. Convergenza, Stima dell'errore, velocità di convergenza.

7. Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine a derivate ordinarie

Metodi numerici. Metodi di sviluppo in serie. Il metodo di Eulero. Errore di discretizzazione locale. Consistenza del metodo. Studio della convergenza. Errore globale e stabilità numerica. Il metodo di Eulero implicito. Il metodo theta. Influenza degli errori di arrotondamento. Cenni sui metodi di Runge-Kutta.

8. Cenni sul “Machine Learning”

Introduzione al “machine learning”. Elementi di unsupervised learning: analisi alle componenti principali. Reti Neurali: definizioni, topologia. Percetttrone ad uno o più layers. Proprietà di interpolazione universale. Algoritmo Stochastic Gradient Descent (SGD). Introduzione al toolbox di Matlab per la progettazione di algoritmi di machine learning basati su reti neurali. Risoluzione numerica di problemi di interpolazione con reti neurali. Algoritmo di Back Propagation (BP) per il calcolo del gradiente della “loss function” di una rete neurale. Automatic Differentiation (AD): modalità forward e modalità backward. Grafo computazionale. Connessioni tra AD e BP

9. Soluzione numerica delle Equazioni di Maxwell nel limite quasi stazionario.

L'equazione della diffusione del campo magnetico. Soluzione con il metodo delle differenze finite. Il metodo di Eulero esplicito, implicito e theta. Stabilità. Equazioni delle onde. Formula di D'Alembert. Integrazione esplicita. Analisi di stabilità. Condizione di Courant-Friedrichs-Lewy. Il problema della dispersione numerica. Formulazioni agli elementi finiti per le equazioni di Maxwell. Cenni sugli edge elements.

MATERIALE DIDATTICO

Testi di riferimento

[1] F. Trevisan, F. Villone, Modelli numerici per campi e circuiti, SGE Padova

[2] G. Miano, Modelli Numerici per i Campi, Napoli, settembre 2009, dispense disponibili in formato pdf sul sito www.elettrotecnica.unina.it alla pagina del corso del prof. G. Miano

[3] Ulteriore materiale didattico (incluso il software utilizzato nelle ore di laboratorio) è disponibile sul sito www.elettrotecnica.unina.it e su TEAMS all'indirizzo del corso. Eventuali ulteriori riferimenti potranno essere dati durante lo svolgimento del corso.

Testi di consultazione

[1] V. Comincioli. Analisi numerica: Metodi Modelli Applicazioni. Nuova edizione, in formato ebook,

981 pp. Apogeo, Feltrinelli Milano, 2005

[2] A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Numerical Mathematics (Texts in Applied Mathematics Book 37) Springer 2017.

[3] A. Quarteroni, Numerical Models for Differential Problems (MS&A Book 16) 3rd Edition, Springer 2017

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Lezioni frontali (85% circa), esercitazioni e laboratorio informatico con uso di software scritto in MATLAB® (15% circa)

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame

- Scritto
- Orale
- Discussione di elaborato progettuale
- Altro

In caso di prova scritta i quesiti sono

- A risposta multipla
- A risposta libera
- Esercizi numerici

b) Modalità di valutazione