

PROGRAMMA DEL CORSO DI
LABORATORIO DI CALCOLO NUMERICO
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AMBIENTALE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE
A.A. 2024/2025 - DOCENTE: DOTT.SSA FEDERICA PES

- 1. Introduzione a Matlab.** Costanti e variabili, tipi `double` e `complex`. Operatori aritmetici e funzioni elementari. Funzioni statistiche `sum`, `mean`. Variabili predichiarate. Gestione della sessione di lavoro. La funzione `diary`. Errori di arrotondamento e loro propagazione nei calcoli, *overflow* e *underflow*. `Inf` e `NaN`. Controllo del workspace. Documentazione e `help`. Costruzione e manipolazione di arrays (vettori e matrici generate da `zeros`, `ones`, `eye`, `rand`, `randn`). Estrazione di sottomatrici da una matrice mediante subindexing. Funzioni `linspace` e `diag`. Memorizzazione e caricamento di dati con le istruzioni `save` e `load`. Formato di visualizzazione dei numeri. Funzioni per numeri complessi. Misura del tempo di esecuzione: `tic` e `toc`. Creazione e annotazione di grafici `title`, `xlabel`, `ylabel`, `legend` e gestione delle figure. Modifica dello stile delle linee col comando `set`. Operatori che agiscono componente per componente (dot-operators `.*`, `./`, `.^`). Operazioni logiche *and*, *or*, *not*. Vettorializzazione di una matrice `v = A(:)` e riordinamento lessicografico di un vettore in una matrice tramite `reshape`. Creazione e manipolazione di matrici sparse.
- 2. Programmazione.** Programmazione mediante *scripts*. Uso dell'editor. Cicli `for` e `while`. Controllo del flusso: `if`, `elseif`, `else`. L'istruzione `switch` per effettuare scelte multiple. Le istruzioni `input`, `disp`, `warning`, `error` e `fprintf`. Esempio di programmazione: Game of Life. Comando `pause`. L'istruzione `round` e l'istruzione grafica `imagesc`.
Calcolo dei coefficienti di Fourier e grafico di somme parziali di serie di Fourier. Puntatori a funzioni (funzioni anonime). Funzioni definite in modo diverso su diversi sottointervalli. Composizione di stringhe con `sprintf`. Funzione `integral`.
Programmazione mediante *functions*. Passaggio dei parametri di input e di output. Documentazione di una funzione mediante l'istruzione `help`. La funzione `nargin` per verificare il numero dei parametri in ingresso e assegnare valori di default. Esempio di programmazione: il metodo di Newton per la soluzione di equazioni non lineari; definizione di algoritmo iterativo; regole di stop. Creazione di una function per il metodo di Newton. Iterazione controllata mediante l'istruzione `while`. Sperimentazione numerica al variare dei parametri del metodo su alcune equazioni non lineari.
- 3. Algebra lineare.** Norme vettoriali e comando `norm`. Matrici, inversa `inv`, calcolo del determinante `det`, calcolo di autovalori `eig`, costruzione di matrici strutturate: hermitiana, simmetrica, definita positiva, unitaria, ortogonale `orth`, triangolare superiore `triu`, triangolare inferiore `tril`, diagonale `diag`, a banda (tridiagonali e pentadiagonali), diagonalmente dominanti. Matrici sparse e comandi `sprand`, `sprandsym`, `spy`, `nnz`. Norme matriciali e comando `norm`.
Sistemi di equazioni lineari: risoluzione su Matlab col metodo di Gauss (operatore backslash `\`), confronto dei tempi usando `inv` e `\`, sistemi sparsi e comando `sparse`, confronto dei tempi usando matrice tridiagonale "piena" e sparsa. Metodi iterativi di Jacobi e di Gauss-Seidel. Condizione necessaria e sufficiente per la convergenza. Criteri di arresto: scarto relativo tra iterazioni successive, numero massimo di iterazioni, condizione sul residuo. Creazione di una function per il metodo di Jacobi. Creazione di una function per il metodo di Gauss-Seidel. Costruzione di un sistema lineare test con matrice strettamente diagonalmente dominante. Costruzione di un sistema lineare test con matrice tridiagonale. Rilevazione della convergenza di un metodo iterativo. Sperimentazione numerica al variare dei parametri del problema test e del metodo.
- 4. Risoluzione di ODE.** Problemi di Cauchy: creazione di alcuni problemi test. Implementazione del metodo di Eulero per l'approssimazione della soluzione. Risoluzione con la funzione

`ode23` e con il metodo di Eulero. Visualizzazione dei risultati e degli errori. Sistemi di equazioni differenziali e notazione vettoriale. Il modello SIR in epidemiologia. Realizzazione di una funzione che calcoli il modello differenziale SIR. Risoluzione del problema mediante la funzione `ode45` e il metodo di Eulero. Visualizzazione dei risultati al variare dei coefficienti β e γ del modello, della numerosità della popolazione e del periodo temporale.

Risoluzione numerica di un problema differenziale con valori agli estremi (o problema ai limiti) mediante differenze finite. Implementazione del metodo e visualizzazione grafica dei risultati.

5. **Risoluzione di PDE.** Risoluzione numerica di un problema differenziale ellittico in due variabili mediante differenze finite del secondo ordine. Scrittura di un problema modello con soluzione nota. Puntatori a funzioni in due variabili. Creazione e manipolazione di una discretizzazione per un dominio piano (griglia). Scrittura e calcolo di funzioni di due variabili. Visualizzazione di superfici `surf`. Calcolo sulla griglia delle funzioni coefficienti del problema differenziale. Struttura della matrice associata ad un problema ellittico. Preparazione ed allineamento delle cinque diagonali della matrice. Creazione di una matrice sparsa mediante la funzione `spdiags`. Costruzione del termine noto del sistema lineare derivante dalla discretizzazione di una PDE ellittica. Risoluzione del sistema lineare e ricostruzione della soluzione del problema, mediante riordinamento lessicografico di un vettore in una matrice e l'aggiunta delle condizioni al contorno. Visualizzazione della soluzione approssimata e dell'errore. Visualizzazione grafica della soluzione approssimata e dell'errore.

Testi consigliati

- [1] The MathWorks, Inc., Natick, MA. *Manuali Matlab*. Licenza di Ateneo disponibile.
- [2] Documentazione Matlab, https://it.mathworks.com/help/index.html?s_tid=CRUX_lftnav
- [3] T.A. Davis and K. Sigmon. *MATLAB Primer, 7th Edition*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2004. Edizioni precedenti sono reperibili gratuitamente in rete.
- [4] S. Seatzu, C. van der Mee, and P. Contu. *Matematica Applicata. Un Secondo Corso*, volume 13 of *SIMAI e-lecture notes*. SIMAI, Torino, 2017. <https://cab.unime.it/journals/index.php/lecture/article/view/1663>.