Introduzione a Matlab

Silvia Falletta

Dip. Scienze Matematiche - Politecnico di Torino

Introduzione a Matlab

Alcune informazioni su Matlab

- Matlab è uno strumento per il calcolo scientifico utilizzabile a più livelli
  - calcolatrice tascabile
  - ambiente grafico
  - linguaggio di programmazione
- Il nome Matlab è una abbreviazione di Matrix-Laboratory:
  - la struttura di base è la matrice: ogni quantità (variabile) viene trattata come una matrice
  - uno scalare reale è una matrice 1×1

- In Matlab non è necessario dichiarare esplicitamente all'inizio del lavoro una variabile in termini delle sue dimensioni e del tipo dei suoi coefficienti (interi, reali, complessi)
  $\longrightarrow$ notevole semplificazione
- è già predefinito un ampio insieme di matrici elementari (matrice identità, matrice nulla...)
  $\longrightarrow$ matrici più complesse possono essere costruite rapidamente partendo da queste matrici fondamentali
- sono predefiniti vari operatori algebrici fra matrici di uso comune, quali ad esempio somma, prodotto, elevamento a potenza, nonché il calcolo del determinante o del rango di una matrice;
- sono predefinite numerose funzioni primitive di uso generale, dette **built-in functions**. Esse permettono di risolvere problemi complessi, ad esempio il calcolo degli autovettori ed autovalori di una matrice, la risoluzione efficiente di sistemi lineari, oppure la ricerca degli zeri di una funzione.

Le raccolte di funzioni dedicate ad uno specifico argomento vengono dette **toolboxes**. La finanza, la statistica, l'analisi dei segnali e delle immagini sono alcuni dei campi a cui sono dedicati dei toolboxes di Matlab

Dove trovare ulteriori informazioni su Matlab?

- sul sito ufficiale di Matlab **www.mathworks.com** sono disponibili numerosi manuali (in inglese) sia introduttivi che dedicati più approfonditamente ad aspetti specifici (programmazione, grafica, toolboxes...)
- sui siti di numerose università sono riportati tutorial ed esempi di problemi studiati con l'uso di Matlab

Matlab è un software a pagamento. Esistono softwares gratuiti, Octave - Scilab, che ne riproducono buona parte delle funzioni fondamentali (con minime differenze di sintassi e una grafica un po' piú povera). **www.octave.org**, **www.scilab.org**.

Per iniziare...

All'avvio di Matlab appare il prompt », ovvero la linea da cui digitare le istruzioni nello spazio di lavoro.

Il comando **demo** mostra degli esempi significativi di possibili applicazioni del software. Il comando **doc** introduce ad alcuni aspetti di base di Matlab e mostra quali pacchetti (toolboxes) siano installati nella versione in uso.

L'**help** (**doc**) di MATLAB permette di ottenere informazioni dettagliate su qualsiasi comando.
Ad esempio: **help sqrt** (oppure **doc sqrt**). Il solo comando **help** elenca gli argomenti per i quali è disponibile la guida, suddivisi in grandi aree tematiche (funzioni elementari, trattamento di matrici, grafica...)

Alcuni trucchi utili...

- è possibile richiamare "storicamente" i comandi precedentemente digitati nella sessione di lavoro usando i tasti $\uparrow, \downarrow$
- è possibile spostarsi lungo la linea di comando corrente e modificare la riga scritta utilizzando i tasti $\rightarrow$, $\leftarrow$
- è possibile completare un'istruzione già precedentemente digitata scrivendone le prime lettere e utilizzando poi il tasto $\uparrow$

Scalari in Matlab

In Matlab non è necessario definire e dichiarare le variabili.
Tutte le variabili vengono trattate senza distinzione fra interi, reali e complessi.

Iniziamo ad usare Matlab come una semplice calcolatrice:
ad esempio scriviamo
»z=3*2
assegnando cosi alla variabile z il valore 6.
Se scriviamo solamente
»3*2
il valore 6 viene assegnato alla variabile **ans** (abbreviazione di answer). Tale variabile contiene sempre l'ultimo valore non esplicitamente assegnato dall'utente ad una variabile.

Il ; alla fine dell'istruzione sopprime la visualizzazione a schermo del risultato (ma non l'esecuzione effettiva dell'operazione!).

Ad esempio, assegniamo alla variabile **a** il risultato di una certa operazione, senza visualizzarlo, e poi richiamiamo **a** (senza **;**) per vederne il valore

```
»a=sqrt(100);
»a
```

Se **a** e **b** sono due variabili scalari, abbiamo: la somma **a+b**, la sottrazione **a-b**, il prodotto **a*b**, la divisione **a/b**, la potenza **a^b**.

Ricordiamo che in Matlab vale la usuale precedenza fra operazioni, ad esempio la moltiplicazione (e divisione) ha precedenza sulla addizione (e sottrazione) e l'elevamento a potenza ha precedenza su addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione.

Ad esempio:

```
» 3+2*4
11
» 3*2^4
48
```

Per alterare l'ordine delle operazioni ci si serve delle parentesi tonde. Anche quando non si vogliano alterare le precedenze, l'uso delle parentesi tonde è comunque sempre buona norma per chiarezza.

```
» (3+2)*4
20
» (3*2)^4
1296
```

Variabili predefinite:
sono **pi** (pigreco), **i,j** (unità immaginarie), ...
Ogni variabile può essere tuttavia sovrascritta, ad esempio possiamo assegnare **pi=5** (attenzione!).
Per cancellare il valore di una variabile (o se è predefinita riportarla al suo valore di default) usiamo il comando **clear**. Ad esempio

```
»pi
3.1416
»pi=5;
» clear pi
» pi
3.1416
```

Il comando **clear all** cancella il valore di tutte le variabili (provare ad usare tale comando in combinazione con il comando **whos** che elenca le variabili presenti nello spazio di lavoro).

Formati di output

In output una variabile intera viene visualizzata generalmente in un formato privo di punto decimale. Una variabile reale viene visualizzata solo con quattro cifre decimali.

```
» sin(2)
ans =
0.9093
» log(3)
ans =
1.0986
```

Se si vuole modificare il formato di output si può utilizzare:

- **format short** fixed point con 4 cifre decimali
- **format long** fixed point con 14 cifre decimali
- **format short e** floating point con 4 cifre decimali
- **format long e** floating point con 15 cifre decimali
- **rat** frazione irriducibile

```
» format long
» log(3)
ans =
1.09861228866811
» format short e
» log(3)
ans =
1.0986e+000
» format long e
» log(3)
ans =
1.098612288668110e+000
» format rat
» log(3)
ans =
713/649
```

Vettori in Matlab

Per introdurre un **vettore riga** è sufficiente inserire fra parentesi quadre i valori delle componenti del vettore stesso separati da spazi bianchi o virgole, ad esempio per introdurre $w \in \mathbb{R}^{1\times 3}$:

```
» w=[1 2 3]
```

oppure

```
» w=[1, 2, 3]
```

Per introdurre un **vettore colonna** basta inserire fra parentesi quadre i valori delle componenti del vettore stesso separati da un punto e virgola, ad esempio per introdurre $v \in \mathbb{R}^{3\times 1}$:

```
» v=[1; 2; 3]
```

Utilità

Il comando **v=[1:10]** genera un vettore riga di dieci componenti dato dai valori 1,2,...,10.

Il comando **v=[1:.5:10]** genera un vettore riga di venti componenti dato dai valori 1,1.5,2,2.5,...,9.5,10, ovvero con passo 0.5.

La sintassi generale è **v=[valore_iniz:passo:valore_finale]**. Il passo può essere anche negativo, ad ex. **v=[10:-.5:1];**

Il comando **linspace(valore_iniz, valore_finale, N)** genera N valori equispaziati fra **valore_iniz** e **valore_finale** (estremi compresi).
Ad esempio

```
» v=linspace(0,1,5)
0 0.2500 0.5000 0.7500 1.0000
```

Per **accedere alla componente di un vettore**, ad esempio alla terza, e assegnare alla variabile **z** tale valore, scriviamo **z=v(3)**. Attenzione: in Matlab l'indicizzazione inizia da 1 e non da zero!

Nota: esiste in Matlab la parola chiave **end** per accedere all'ultimo elemento di un vettore. Ad ex., se **v** ha dieci elementi, **v(end)** equivale a **v(10)**.

Matlab produce un messaggio di errore quando si cerca di accedere ad una componente non definita, ad esempio se **v** ha dieci elementi e vogliamo accedere a **v(11)**, oppure se vogliamo accedere a **v(0)** o a **v(-2)**.

Per controllare la dimensione di una variabile, usiamo il comando **size**, ad esempio **size(v)**. Questo comando è anche utile quando Matlab segnala un conflitto di dimensioni fra quantità che si vogliono manipolare.

Inoltre, dato un vettore **v**, il comando `length(v)` ne restituisce la lunghezza.

Il comando **zeros(n,1)** produce un vettore colonna di lunghezza *n* con elementi tutti nulli.

Il comando **zeros(1,n)** produce un vettore riga di lunghezza *n* con elementi tutti nulli.

Il comando **ones(n,1)** (**ones(1,n)**) genera un vettore colonna (riga) con tutte le componenti pari a 1.

Operazioni su vettori

Dato un vettore v di n componenti, si può calcolare in Matlab:

- vettore trasposto: **v'** (verificare le dimensioni di `v'`!)
- modulo del vettore $||v|| = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}$: comando **norm(v)** (equivalente alla norma 2 del vettore: **norm(v,2)**)

Siano ora v, w due vettori riga di $\mathbb{R}^n$, con componenti v_i e w_i, $i = 1, \ldots, n$ rispettivamente. Si ha:

- somma algebrica $v + w = (v_1 + w_1, ..., v_n + w_n)$. In Matlab: **v+w**
- prodotto scalare $(v, w) = (v_1 w_1 + v_2 w_2 + ... + v_n w_n)$. In Matlab: **v*w'** (oppure **dot(v,w)**)

Attenzione alle dimensioni dei vettori!

Esistono anche delle operazioni su vettori "componente per componente", che in Matlab si eseguono usando la sintassi "punto".

Dati v, w vettori riga di $\mathbb{R}^n$, con componenti v_i e w_i, $i = 1, \ldots, n$, si ha

- prodotto componente per componente (attenzione: differente dal prodotto scalare!). Esso genera un vettore dato da $(v_1 w_1, v_2 w_2, ..., v_n w_n)$. In Matlab: **v.*w**. Se i due vettori non hanno la stessa dimensione, si genera un errore
- elevamento a potenza componente per componente: ex. vogliamo calcolare il cubo di ciascuna componente, ovvero calcolare il vettore $(v_1^3, v_2^3, ..., v_n^3)$. In Matlab: **v.^3**

Istruzioni di manipolazione di sottoblocchi di vettori e di concatenazione

Siano **v=[1 2 3 4 5]** e **w=[100 200]**. Per concatenare due vettori usiamo la sintassi

```
» z=[v w]
» z
1 2 3 4 5 100 200
```

Per eliminare da **v** la terza e la quarta componente usiamo il vettore vuoto **[]**:

```
» v=[1 2 3 4 5];
» v(3:4)=[];
» v
1 2 5
```

Siano **v=[1 2 3 4 5]** e **w=[100 200]**. Per sostituire alle ultime due componenti di **v** le componenti di **w**, scriviamo

```
» v=[1 2 3 4 5];
» w=[100 200];
» v(end-1:end)=w;
» v
1 2 3 100 200
```

Matrici in Matlab (primi comandi)

Per assegnare le matrici

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

diamo i comandi, rispettivamente

```
» A=[1 2 3; 4 5 6];
» B=zeros(2,3);
```

Possiamo calcolare

```
» C=A+B;
» D=A*B'; (attenzione alle dimensioni!)
```

oppure

```
» A= eye(5);
» B= rand(5);
» C= B-A;
» s=A(1,2)+C(3,3);
```

Istruzioni di manipolazione di sottoblocchi di matrici e di concatenazione

Sia **A=eye(4)** e **B=rand(2)**. Per sostituire alle ultime due righe e colonne di **A** la matrice **B**, scriviamo

```
» A=eye(4); B=rand(2);
» A(3:4,3:4)=B;
```

Per eliminare da **A** la terza colonna usiamo il vettore vuoto **[]**:

```
» A=rand(4);
» A(:,3)=[];
```

Infine, per concatenare due matrici usiamo la sintassi (attenzione alle dimensioni!)

```
» A=eye(3,2); B=zeros(3,4);
» C=[A,B];
```

Grafica

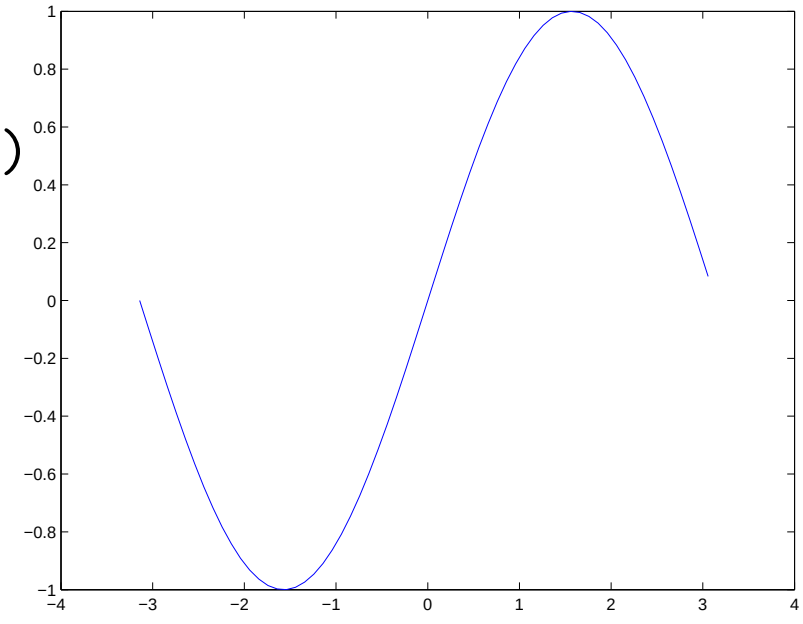
Matlab consente di rappresentare graficamente funzioni e vettori o matrici di dati. E' possibile tracciare grafici di curve bi(tri)dimensionali, superfici e curve di livello.

Per disegnare una funzione: fplot, plot

```
» fplot('sin(x)',[-pi, pi])
```

oppure

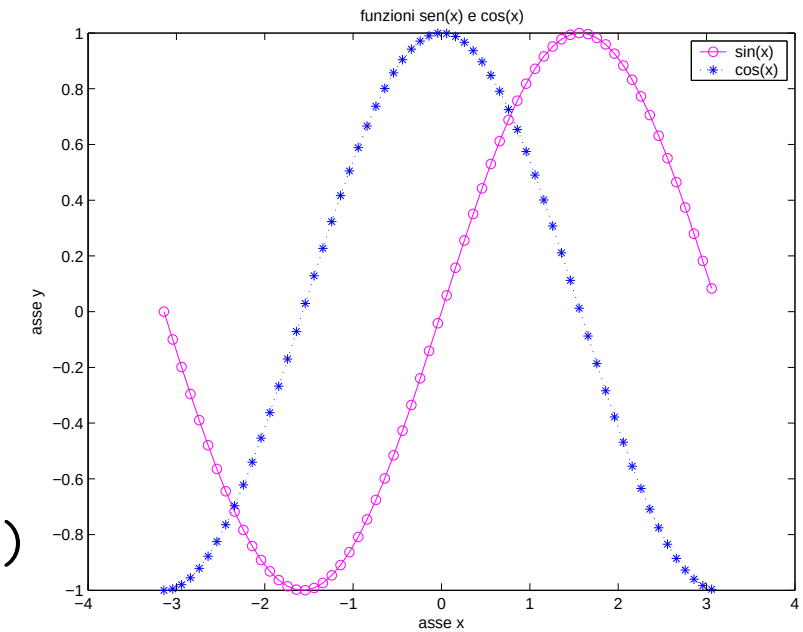
```
» x = [-pi:.1:pi];
» y = sin(x);
» plot(x,y);
```



Grafici personalizzati: **help plot**

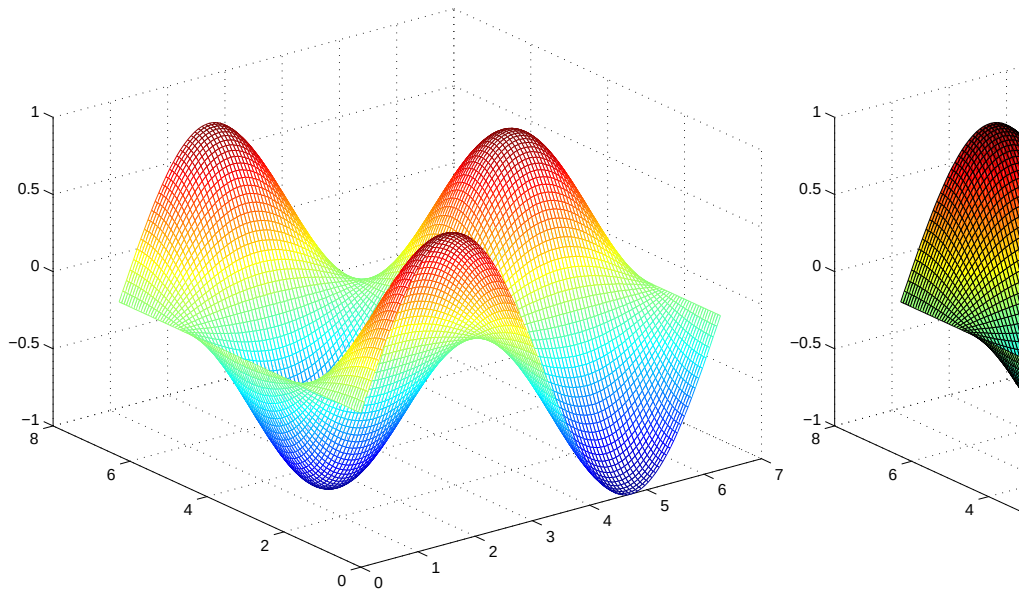
Esempi

```
» plot(x,sin(x),'-om');
» hold on
» plot(x,cos(x),':*b');
» xlabel('asse x');
» ylabel('asse y');
» title('funzioni sen(x) e
cos(x)');
» legend('sin(x)','cos(x)')
```



Grafici tridimensionali

```
» x=[0:2*pi/100:2*pi];
» y=[0:2*pi/100:2*pi];
» [X,Y]=meshgrid(x,y);
» Z=sin(X).*cos(Y);
» mesh(X,Y,Z)
» surf(X,Y,Z)
» contour(X,Y,Z)
» contourf(X,Y,Z)
```



Funzioni simboliche

Esiste in Matlab una sintassi che permette di definire una funzione in modo simbolico. Tale potenzialità permette di manipolare agevolmente funzioni anche molto complesse e dipendenti da più parametri.

Nella forma più semplice della sintassi, utilizziamo il comando **inline**, che definisce una funzione "in linea", ovvero direttamente nello spazio di lavoro, senza ricorrere ad un file esterno.

Per esempio, definiamo la funzione $f(x) = (\sin(x) + x)^2$:
`» f=inline('(sin(x)+x).^2','x')` dove abbiamo indicato esplicitamente che **f** è funzione di **x**.

Attenzione alla sintassi con gli apici e i punti e attenzione all'operazione di elevamento a potenza componente per componente!

Ad una funzione così definita non sono associati dei valori numerici (verificare con **whos f**). Se ora vogliamo associare dei valori numerici, scriviamo

```
» x=0:0.01:2*pi;
» y=f(x);
```

La sintassi **f(x)** permette di assegnare ad **f** dei valori numerici in corrispondenza degli elementi del vettore **x**. Tali valori numerici vengono conservati nel vettore **y** (verificare con **whos y**).

Possiamo per esempio disegnare il grafico di $y = f(x)$ con il semplice comando

```
» plot(x,y)
```

Attenzione: perchè il comando

```
» plot(x,f)
```

non funziona?

Istruzioni di controllo e istruzioni condizionali

Sintassi generale:

```
if (condizione1==true)
istruzione1
...
elseif (condizione2==true)
istruzione 2
...
else
istruzione 3
...
end
```

```
for contatore = start:passo:end
istruzione
...
istruzione
end

while (condizione==true)
istruzione
...
aggiornamento condizione
end
```

Operatori logici

In Matlab gli operatori logici restituiscono il valore 1 se la condizione è vera, mentre restituiscono 0 se la condizione è falsa

- AND: **&**
- OR: ||
- **a** è uguale a **b**?: **a==b**
- **a** è diverso da **b**?: **a~=b**

Esempi di uso di istruzioni **if**, **for**, **while** con operatori logici:

```
» n=5;
» for i = 1:n
    if (i==1)||(i==3)
      a(i) = 1/i;
    else
      a(i) = 1/((i-1)*(i-3));
    end
  end
```

```
» n=7;
» for i = 1:n
    for j=1:n
      A(i,j)=1/(i+j-1);
    end
  end

» n=10; i=1;
» while(i<=n)
    if (i~=3)
      a(i) = 1/(i-3);
    else
      a(i) = 1/i;
    end
    i=i+1;
  end
```

Programmare in Matlab: m-file

È possibile memorizzare le successioni di comandi Matlab in un file di testo, chiamato *m-file*, e salvato con l'estensione ".m". Un *m-file* è un programma eseguibile.
Per creare un *m-file* occorre aprire un file con l'editor del Matlab, digitare in esso istruzioni e poi salvarlo.

Gli *m-file* possono essere di due tipi:

- *script*: definiti semplicemente da una sequenza di comandi Matlab
- *function*: prevedono parametri di input e di output

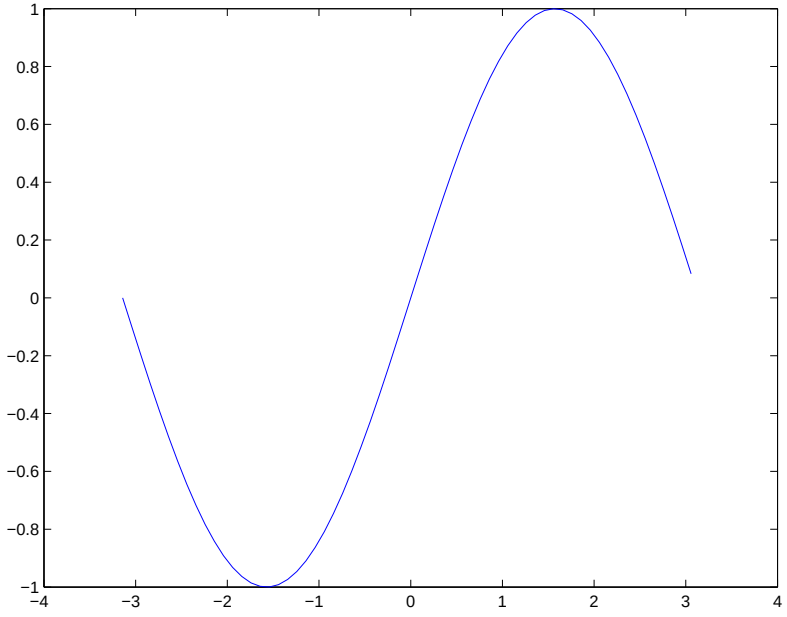
Script

Script "grafico_seno.m"

```
x = [-pi:.1:pi];
y = sin(x);
plot(x,y);
```

Digitando poi sul prompt di Matlab

```
» grafico_seno
```



Function

```
function [y1,y2,...,yn] = nome_function(x1,x2,...,xm)
```

Function "rettangolo.m"

```
function [A,p,d] = rettangolo(a,b)
A = a*b;
p = 2*(a+b);
d = sqrt(a^2 + b^2);
```

Digitando poi sul prompt di Matlab

```
» [A,p,d] = rettangolo(2,5)
A = 10
p = 14
d = 5.3852
```

Alcuni comandi fondamentali da conoscere...

- l'istruzione **diary mywork.dat** apre il file di testo mywork.dat nel quale viene trascritto (a partire da quel momento) il flusso delle istruzioni digitate (è una cronaca del lavoro svolto). L'istruzione **diary off** interrompe la scrittura della cronaca e chiude il file mywork.dat
- l'istruzione **whos** elenca le variabili attualmente attive in memoria e dà alcune informazioni importanti sulle loro caratteristiche (tipo di oggetto, dimensioni in memoria..)
- l'istruzione **save area.mat** permette di salvare nel file binario area.mat il contenuto di tutte le variabili attive in memoria in quel momento.
- l'istruzione **save area.mat z x** salva le sole variabili **z** e **x**
- l'istruzione **load area.mat** ricarica le variabili salvate nel file area.mat e le rende attive in memoria (verificare con **whos**)
- il comando **quit** termina la sessione di lavoro e chiude Matlab.