Introduzione all'ambiente MATLAB

Parte II

Programmazione Matlab

MATLAB non è un vero e proprio linguaggio di programmazione, ma permette comunque di realizzare programmi utilizzando le classiche strutture di programmazione come i cicli, i flussi di controllo e la gestione input/output.

Due tipi di programmi, noti come “m-file”,
(es. sort.m)

- **script**
- **function**

Programmazione Matlab

- Per **creare un m-file** si seleziona **New/m-file** dal **menu File**.
- **Script e funzioni** vengono quindi inseriti mediante l'editor di MATLAB. Si **salva poi il file** con il **suffisso .m**
- **N.B.** Assicurarsi di aver selezionato dalla *current directory* il percorso (path) relativo alla directory (cartella) di lavoro contenente l'm-file sul quale si vuole lavorare.

Errori comuni

- **Errori di sintassi**

nell'uso del linguaggio di programmazione. LEGGERE il messaggio visualizzato in rosso nella Command Window aiuta a capire che tipo di errore è stato fatto.

- **Interruzione dell'esecuzione**

Sono causati da overflow, divisioni per zero,.. Istruzioni illegali

- **Errori nel risultato**

Sono causati da errori o nell'algoritmo o nella sua implementazione in MATLAB. Si correggono facendo il **"debug"** del programma, cioè seguendo il programma istruzione per istruzione, prevedendo il risultato dell'istruzione e controllando, tramite scrittura su video, i valori interessati nell'istruzione (basta eliminare il "**;**" alla fine dell'istruzione).

Script

Uno **SCRIPT** è una lista di comandi MATLAB che può eventualmente richiamare funzioni MATLAB built-in o create utilizzando altri m-file.

- Non richiede input
- Non fornisce output espliciti
- Tutte le variabili usate sono globali
  (disponibili nel workspace)
- Simile ad un programma principale
- .m file deve essere disponibile nel proprio path corrente

ESEGUIRE UNO SCRIPT: *Per eseguire i comandi contenuti nello script (cioè richiedere a MATLAB che il file venga interpretato) si richiama semplicemente il suo nome dalla Command Window (senza estensione .m) e invio.*

Esempio

Script che calcola la media fra 4 variabili:

- Scrivere nell'editor lo script

```
a=10;
b=20;
c=30;
d=40;
media=(a+b+c+d)/4;
```

- Salvare l'm-file come ***prova.m***
- Eseguire lo script digitando nella Command Window ***prova***

NOTA: Matlab non richiede alcun tipo di dichiarazione o dimensionamento a differenza dei vari linguaggi di programmazione (C, Fortran,..). L'assegnazione coincide con la dichiarazione

Function

Sintassi:

La prima riga dell'm-file che contiene una function deve essere del tipo

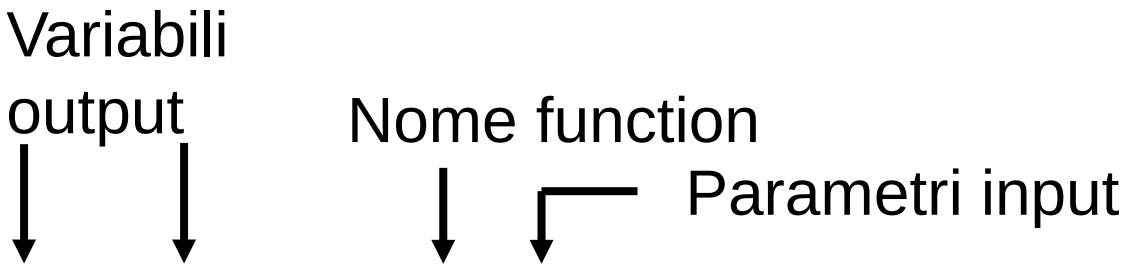
function [output] = *functionname* (input)

Le variabili di uscita **[output],** fra parentesi quadre, e di entrata **(input)**, fra parentesi tonde, sono separati da una virgola.

Il nome dell'm-file deve essere il nome dato alla funzione: ***functionname.m***

Le variabili al suo interno sono viste solo localmente dalla funzione stessa e non dall'eventuale m-file chiamante o dall'ambiente MATLAB che la richiama.

Function - esempio




```
function [media,stdev] = stat(x)
% esempio di function.
n = length(x);
media = sum(x) / n;
stdev = sqrt(sum((x - media).^2)/n);
```

Definisce una nuova funzione STAT che calcola la media e la deviazione standard di un vettore x. Le variabili nel corpo della funzione sono tutte variabili locali.

```
[m,s]=stat (1:5)
```

Richiamo della function da command window o da uno script o da altra function

Funzioni secondarie

- Uno stesso file .m può contenere più funzioni:
  - la function principale sta all'inizio e dà il nome al file;
  - Seguono le function secondarie.
  - Soltanto la function principale può essere richiamata da altre function esterne al file o dal prompt.

- Esempio:

  La funzione **polyGeom** mostra l'uso di una funzione principale che richiama due funzioni secondarie per calcolare area e perimetro di un poligono regolare con numero di lati e lunghezza assegnata.

Esempio (in file **polyGeom.m**)

```
function [a,p] = polyGeom(s,n)
% polyGeom  Compute area and perimeter of a regular
   polygon
% Input:  s = length of one side of the polygon
%         n = number of sides of the polygon
%
% Output: a = total area of the polygon
%         p = total perimeter of the polygon
r = s/(2*sin(pi/n));   %  "radius" of the polygon
a = area(r,n);
p = perimeter(r,n);
% ============ subfunction "area"
function a = area(r,n)
% area  Compute area of an n-sided polygon of radius r
a = n*r^2*sin(2*pi/n)/2;
% ============ subfunction "perimeter"
function p = perimeter(r,n)
% perimeter  Compute perimeter of an n-sided polygon of
   radius r
p = n*2*r*sin(pi/n);
```

Le funzioni area e perimeter non possono essere richiamate dalla command window

Loading e saving

Load e Save in binario e ASCII

ASCII più facile da condividere con altre applicazioni

Sia y una matrice di valori

save **'c:\temp\my_matrix.txt'** **y** **-ascii -double**

Salva y in un file *my_matrix.txt* in formato ascii

load **'c:\temp\my_matrix.txt'**

Carica righe e colonne di valori nella variabile my_matrix che diventa una variabile

Esempio

```
» x = [0:10]';
» y = [x  x.^2  x.^3  x.^4]

y =
     0     0     0     0
     1     1     1     1
     2     4     8    16
     3     9    27    81
     4    16    64   256
     5    25   125   625
     6    36   216  1296
     7    49   343  2401
     8    64   512  4096
     9    81   729  6561
    10   100  1000 10000

» save `c:\temp\y1.txt` y -ascii
```

Contenuto di y1.txt

0.0000000e+000	0.0000000e+000	0.0000000e+000	0.0000000e+000
1.0000000e+000	1.0000000e+000	1.0000000e+000	1.0000000e+000
2.0000000e+000	4.0000000e+000	8.0000000e+000	1.6000000e+001
3.0000000e+000	9.0000000e+000	2.7000000e+001	8.1000000e+001
4.0000000e+000	1.6000000e+001	6.4000000e+001	2.5600000e+002
5.0000000e+000	2.5000000e+001	1.2500000e+002	6.2500000e+002
6.0000000e+000	3.6000000e+001	2.1600000e+002	1.2960000e+003
7.0000000e+000	4.9000000e+001	3.4300000e+002	2.4010000e+003
8.0000000e+000	6.4000000e+001	5.1200000e+002	4.0960000e+003
9.0000000e+000	8.1000000e+001	7.2900000e+002	6.5610000e+003
1.0000000e+001	1.0000000e+002	1.0000000e+003	1.0000000e+004

Input/output

Il comando **input** interrompe l'esecuzione e richiede un valore da tastiera come input. Una volta inserito il valore, l'm-file continua la sua esecuzione.

Il comando **echo** permette di visualizzare a video i comandi durante la loro esecuzione.

Il comando **pause** interrompe l'esecuzione fino a quando non si digita un tasto, mentre il comando **pause(n)** mette in pausa l'esecuzione per n secondi.

Il comando **keyboard** consente di inserire altri comandi da tastiera durante l'esecuzione di un m-file. Si presenta con **K>>** e attende l'inserimento del comando. Per riprendere la normale esecuzione dell'm-file basterà scrivere **return**.

Flussi di controllo

- **if elseif else end**
- **switch case otherwise end**
- **for end**
- **while end**
- **break**

For *counter = start:step:final* end

Il ciclo for permette di eseguire uno o più comandi un dato numero di volte.

Es. si vuole riempire una matrice di dimensione m x n.

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

Ricordiamo di mettere un **;** alla fine di ogni istruzione per evitare la visualizzazione dell'output su schermo.

Ogni ciclo **for** ovviamente deve terminare con il proprio **end**.

While *(condizione di entrata)*…end

Il ciclo while ripete l'esecuzione finchè la condizione logica risulta vera.

Esempio: Calcolare il più grande intero n per il quale n! (fattoriale) è un numero <= 100.

Possiamo utilizzare un ciclo while che calcola n! e terminare l'esecuzione quando il valore calcolato è maggiore di 100.

```
n=1;
prod=1;
while (prod<=100)
        n=n+1; prod=prod*n;
end
n-1
```

Esempio

Calcolare la somma di alcuni numeri introdotti da tastiera fino ad ottenere un valore maggiore di 100. Il ciclo si interrompe se si inserisce come numero 0.

```
somma = 0;
n=1;
while (n~= 0 ) & (somma<=100)
        n = input('Inserire un numero');
        somma = somma + n;
end
```

if ... elseif … else … end

L'istruzione condizionale **if** può essere accompagnata da **else** o **elseif**. L'istruzione **break** può essere inserita dentro al ciclo per terminare il ciclo.

```
if expression1
      statements1
elseif expression2
    statements2
else
    statements3
end
```

N.B. **else** e **elseif** possono essere omessi

Esempio

Si vuole verificare se il numero inserito sia pari o dispari.

```
n=input ('Inserisci n ')
if n <= 0, break,end
if rem(n,2)==0 % funzione resto
    disp(' n pari')
else
    disp('n dispari')
end
```

Switch… case…otherwise…end

Il comando switch può essere usato nel caso di if multipli.

```
switch(relation expression)
 case 1(value)
   block of statements
 case 2(value)
    block of statements
 case 3 (value)
    block of statements
 otherwise
    :
end
```

```
if rem(n,2) < 0
      disp ( 'il numero è negativo e dispari' )
elseif rem(n,2) > 0
      disp( 'il numero è positivo e dispari' )
else
      disp( 'il numero è pari' )
end
```

```
switch rem(n,2)
      case -1
            disp ( 'il numero è negativo e dispari' )
      case 1
            disp( 'il numero è positivo e dispari' )
      otherwise
            disp( 'il numero è pari' )
end
```

Puntatore a funzione

funhandle = @function_name

Ritorna un puntatore alla funzione di nome function_name.

- creiamo la funzione funprova nel file **funprova.m**

```
function y=funprova(x)
y=cos(x).*sin(x);
```

- creiamo un puntatore alla funzione

```
f = @funprova;
```

- chiamiamo la funzione con i suoi argomenti

```
funprova(-pi:pi)   oppure  f(-pi:pi)
```

Funzioni di Funzioni

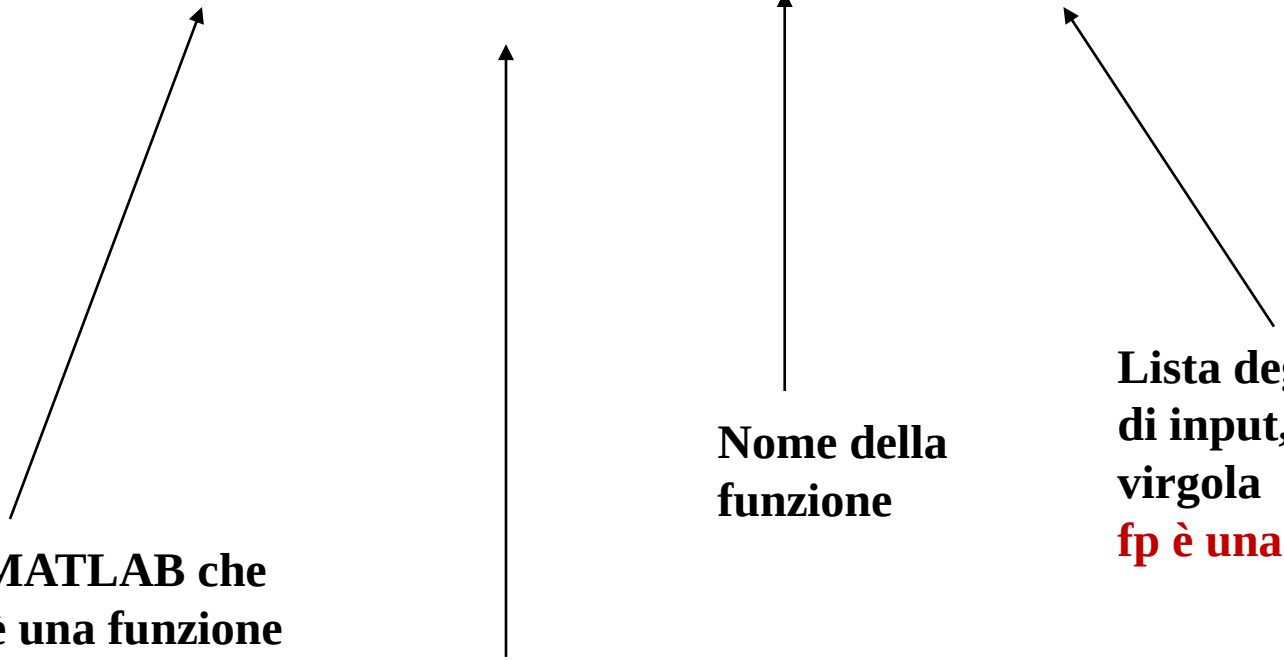
- Una funzione prende un'altra funzione come parametro in input.

  Passiamo il puntatore a funzione in una chiamata ad un'altra funzione.

Esempio: scrivere una function che, dati in input una funzione e gli estremi di un intervallo, calcoli il minimo della funzione e il suo integrale sull'intervallo.

Esempio di una funzione MATLAB

```
function [m,q]=calcolo(fp,vi,vf);
```



Dice a MATLAB che questa è una funzione

Lista di argomenti di output, separati da virgola

Nome della funzione

Lista degli argomenti di input, separati da virgola

fp è una variabile

Esempio (file calcolo.m)

```
function [m,q]=calcolo(fp,vi,vf)
% PLOT della funzione fp in [vi,vf],  calcolo del minimo
% e dell'area della funzione in [vi,0].

% FPLOT grafico della funzione puntata da fp nel dominio di x [vi,vf].
fplot(fp,[vi,vf]);

% FMINBND trova il minimo di fp nel dominio (0,vf).
m = fminbnd(fp,0,vf,optimset('Display','off'));
hold on;
plot(m,fp(m),'ro');    % valutazione di funzione dentro al plot

% QUAD trova l'integrale definito di fp nel dominio [vi,vi/2].
q = quad(fp,vi,vi/2);
title(['Area = ',num2str(q)]);
```

Eseguire la funzione da command window

```
>>[minimo,area]=calcolo(@funprova,-pi,pi)
```

Esempio di uno script (randscript.m)

```
% script randscript
% Un semplice script per generare un vettore di n numeri random,
% calcolarne la somma e stampare sullo schermo il tempo impiegato

n = 100000;       % il numero dei random che si vogliono generare
y = zeros(n,1);   % allocazione della memoria per y
fprintf('Simulazione di %d numeri random.....\n\n',n);

% utilizziamo il ciclo for per creare i numeri random
fprintf('Ciclo for .....\n');
t=cputime;        % inizializzo il timer
```

```
for i=1:n
   y(i) = rand(1);
end
```

oppure

```
y = rand(n,1);
```

```
total = sum(y);
fprintf('Somma di %d numeri random = %f\n',n,total);
% tempo utilizzato da MATLAB per svolgere il calcolo (in secondi)
e=cputime-t;

fprintf('Tempo impiegato usando il ciclo for = %6.5f
        microsecondi\n\n',(e)*1000);
```

Esempio di una funzione MATLAB

```
function [meanr, stdr] = simulate(n);
% Una semplice funzione che restituisce la media e la deviazione
% standard di n numeri random uniformemente distribuiti.
% INPUTS:
%    n: numero dei random generati (intero positivo)
% OUTPUTS:
%    meanr: media degli n numeri random
%    stdr:  deviazione standard degli n numeri random
% test per verificare se n è un intero positivo
if (rem(n,1)~=0) | n<=0
   error('Input n must be a positive integer');
end
fprintf('Simulazione di %d numeri random.....\n\n',n);
z = rand(n,1);                    % genero n numeri random
meanr= mean(z);                   % calcolo la media
fprintf('Media dei %d numeri random = %f\n',n,meanr);
stdr= std(z);                     % calcolo la deviazione standard
fprintf('Deviazione standard dei %d numeri random = %f\n',n,stdr);
```

Non serve un'istruzione esplicita di return. Ogni valore non restituito è conosciuto solo localmente all'interno della funzione

Richiamare per eseguire una funzione

» [m, s] = simulate(100);
Simulazione di 100 numeri random.....

Media dei 100 numeri random = 0.499702
Deviazione standard dei 100 numeri random = 0.499702

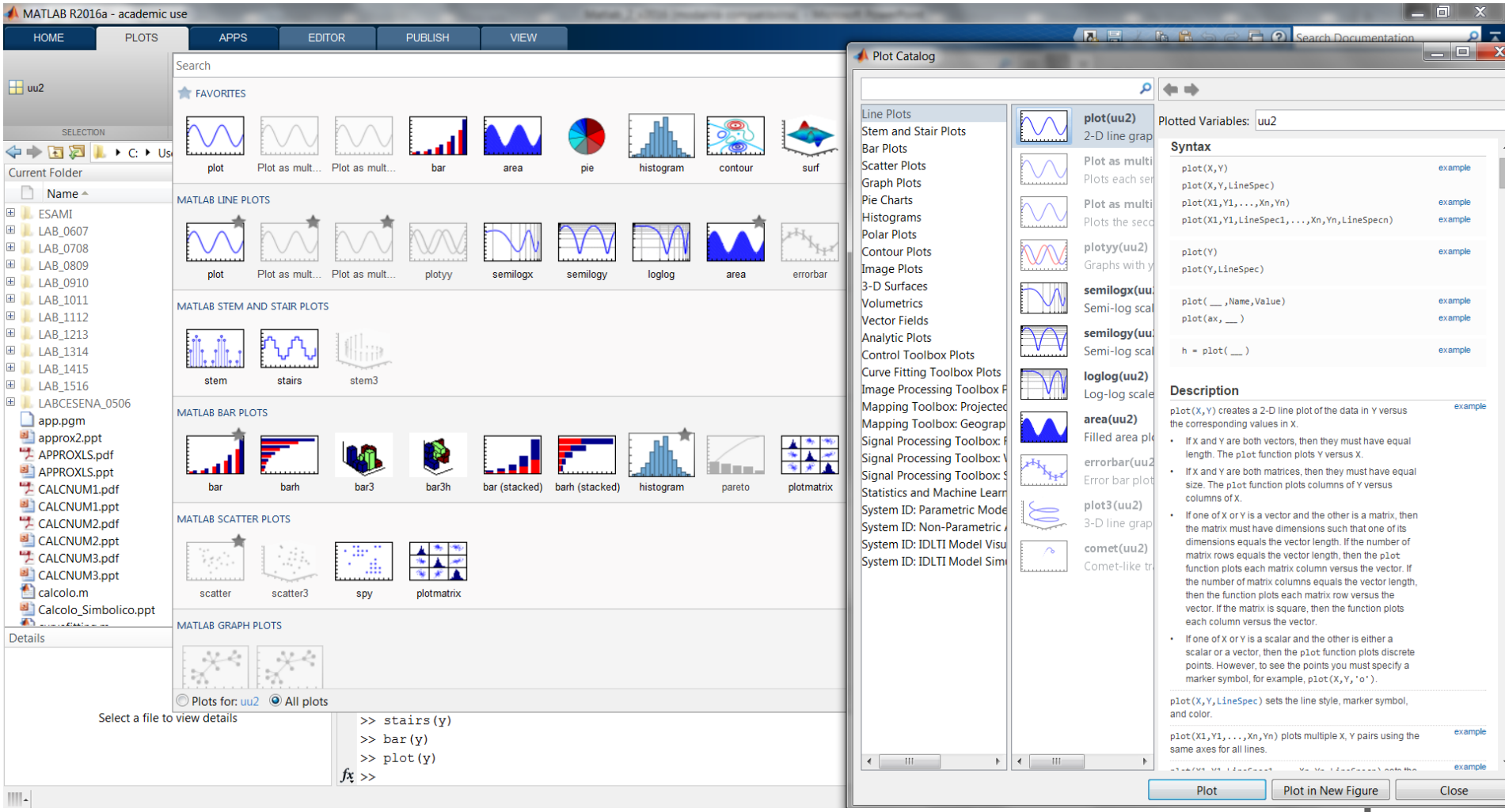
» [m, s] = simulate(1000000);
Simulazione di 1000000 numeri random.....

Media dei 1000000 numeri random = 0.499684
Deviazione standard dei 1000000 numeri random = 0.288456

» m
m =
0.4997

» s
s =
0.2885

Grafici


MATLAB R2016a - academic use
HOME
PLOTS
APPS
EDITOR
PUBLISH
VIEW
Search Documentation
Search
FAVORITES
plot
Plot as mult...
Plot as mult...
bar
area
pie
histogram
contour
surf
MATLAB LINE PLOTS
plot
Plot as mult...
Plot as mult...
plotyy
semilogx
semilogy
loglog
area
errorbar
MATLAB STEM AND STAIR PLOTS
stem
stairs
stem3
MATLAB BAR PLOTS
bar
barh
bar3
bar3h
bar (stacked)
barh (stacked)
histogram
pareto
plotmatrix
MATLAB SCATTER PLOTS
scatter
scatter3
spy
plotmatrix
MATLAB GRAPH PLOTS
Plots for: uu2
All plots
Current Folder
Name
ESAMI
LAB_0607
LAB_0708
LAB_0809
LAB_0910
LAB_1011
LAB_1112
LAB_1213
LAB_1314
LAB_1415
LAB_1516
LABCESENA_0506
app.pgm
approx2.ppt
APPROXLS.pdf
APPROXLS.ppt
CALCNUM1.pdf
CALCNUM1.ppt
CALCNUM2.pdf
CALCNUM2.ppt
CALCNUM3.pdf
CALCNUM3.ppt
calcolo.m
Calcolo_Simbolico.ppt
Details
Select a file to view details
>> stairs(y)
>> bar(y)
>> plot(y)
>>
Plot Catalog
Line Plots
Stem and Stair Plots
Bar Plots
Scatter Plots
Graph Plots
Pie Charts
Histograms
Polar Plots
Contour Plots
Image Plots
3-D Surfaces
Volumetrics
Vector Fields
Analytic Plots
Control Toolbox Plots
Curve Fitting Toolbox Plots
Plotted Variables: uu2
plot(uu2)
2-D line grap
semilogx(uu
Semi-log scal
semilogy(uu
Semi-log scal
loglog(uu2)
Log-log scale
area(uu2)
Filled area pl
errorbar(uu2
Error bar plot
plot3(uu2)
3-D line grap
comet(uu2)
Comet-like tr
Syntax
plot(X,Y)
plot(X,Y,LineSpec)
plot(X1,Y1,...,Xn,Yn)
plot(X1,Y1,LineSpec1,...,Xn,Yn,LineSpecn)
plot(Y)
plot(Y,LineSpec)
plot(__ ,Name,Value)
plot(ax, __)
h = plot(__)
example
Description
plot(X,Y) creates a 2-D line plot of the data in Y versus the corresponding values in X.
If X and Y are both vectors, then they must have equal length. The plot function plots Y versus X.
If X and Y are both matrices, then they must have equal size. The plot function plots columns of Y versus columns of X.
If one of X or Y is a vector and the other is a matrix, then the matrix must have dimensions such that one of its dimensions equals the vector length. If the number of matrix rows equals the vector length, then the plot function plots each matrix column versus the vector. If the number of matrix columns equals the vector length, then the function plots each matrix row versus the vector. If the matrix is square, then the function plots each column versus the vector.
If one of X or Y is a scalar and the other is either a scalar or a vector, then the plot function plots discrete points. However, to see the points you must specify a marker symbol, for example, plot(X,Y,'o').
plot(X,Y,LineSpec) sets the line style, marker symbol, and color.
plot(X1,Y1,...,Xn,Yn) plots multiple X, Y pairs using the same axes for all lines.
Plot
Plot in New Figure
Close

Grafici più comuni

plot	**plot x-y lineare**
loglog	**plot log-log x-y**
semilogx	**semi-log x-y plot(logaritmico in x)**
semilogy	**semi-log x-y plot (logaritmico in y)**
polar	**plot in coords polari**
mesh	**mesh di superficie 3D**
contour	**plot a linee di livello**
bar	**plot a barre**
stairs	**plot a gradini**

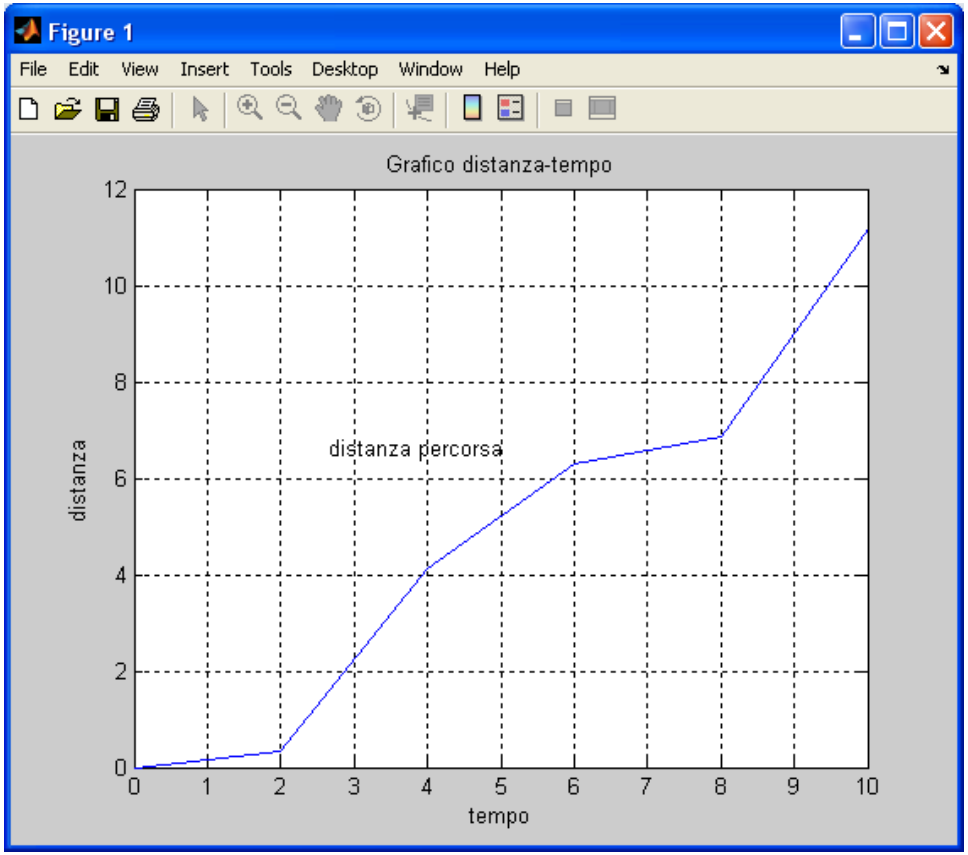
Prodotto il plot, i seguenti comandi possono essere utili per arricchirlo:

title	**titolo del plot**
xlabel	**etichetta associata all'asse x**
ylabel	**etichetta associata all'asse y**
text	**testo posizionato in modo arbitrario**
gtext	**testo posizionato mediante mouse**
grid	**linee griglia**

I seguenti comandi vengono invece utilizzati per gestire il grafico:

axis	**scala degli assi**
hold	**mantiene il plot corrente sullo schermo**
shg	**mostra il grafico sullo schermo**
clf	**pulisce la figura corrente**
subplot	**suddivide un plot**

Esempio: grafico x-y




```
» x= [0:2:10];
» y=[0 0.33 4.13 6.29 6.85 11.19];
» plot(x,y)
» title('Grafico distanza-tempo')
» xlabel('tempo')
» ylabel('distanza')
» grid
» gtext(`distanza percorsa`)
```

N.B. **Ogni stringa testo deve essere racchiusa tra apostrofi**

Più grafici

Per mantenere il grafico attivo nella finestra si dovrà utilizzare il comando **hold on**, altrimenti verrà perso quando si chiede di visualizzare il nuovo plot.

```
>> t=0:5/200:5;
>> y1=1-exp(-t);
>> plot(t,y1)
>> hold on                % mantiene il plot precedente
>> y2=1+exp(-t);
>> plot(t,y2)
>> hold off               % disattiva l'hold on
```

Più grafici

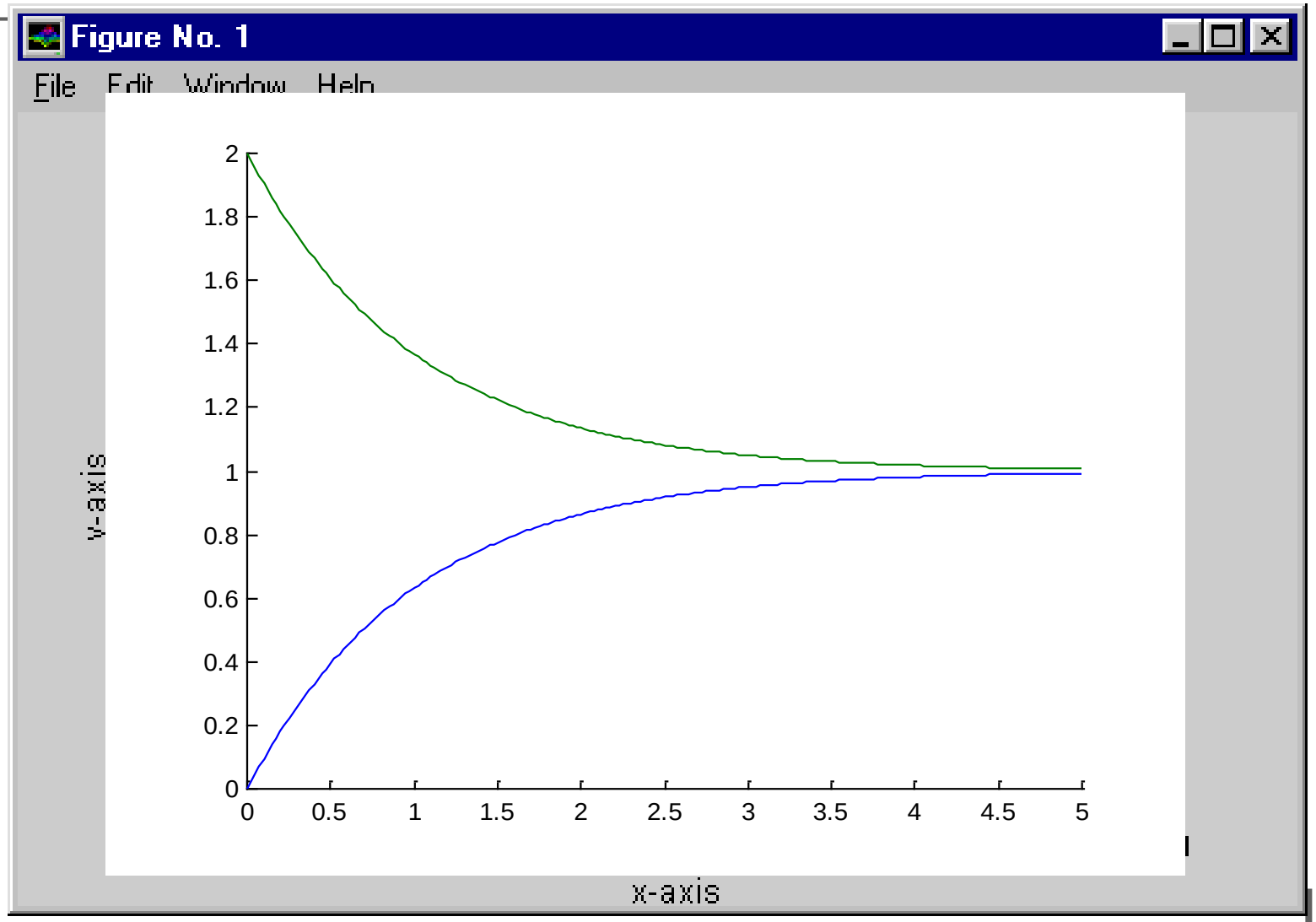
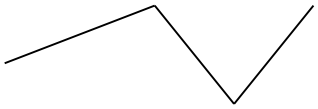
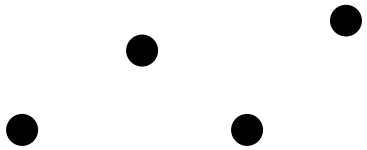


Figure No. 1
File Edit Window Help
y-axis
x-axis
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5

Attributi grafici

Automaticamente MATLAB unisce i punti con delle linee, se si vogliono visualizzare solo i punti si può specificare il tipo di punto desiderato.

>>plot(t,y)  **>>plot(t,y,'o')** 

E' possibile caratterizzare un grafico scegliendo il tipo di linea, il colore, o a punti, aggiungendo un altro argomento al comando plot:

>>plot(t,y,'--r')

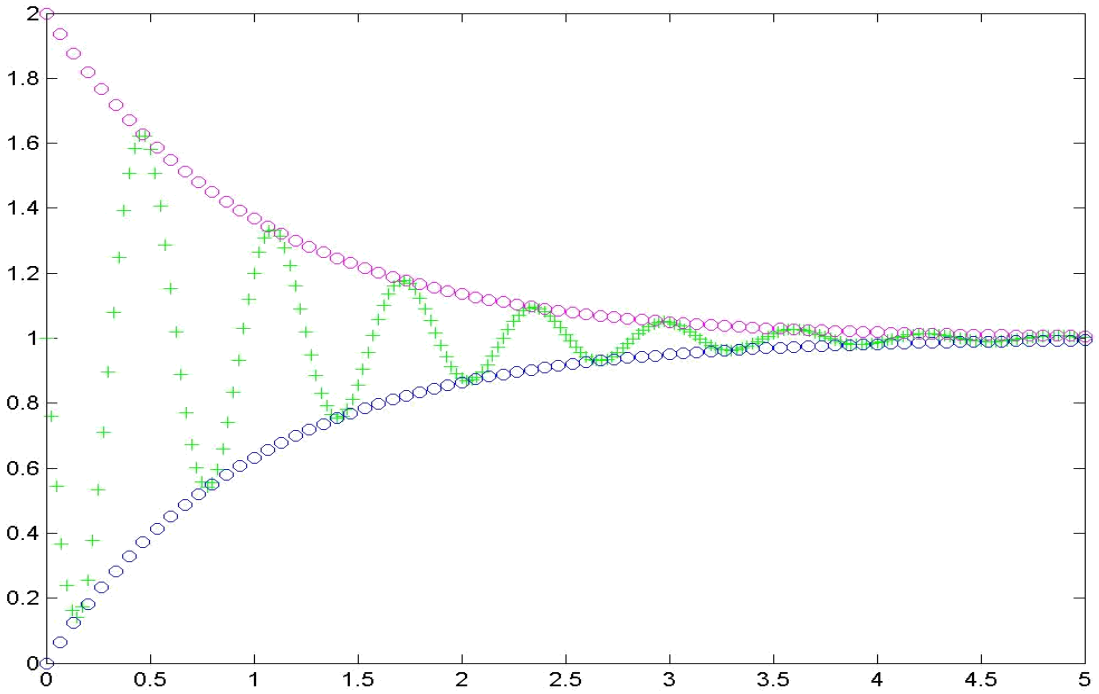
Produce un grafico a tratteggio di colore rosso.

TIPO LINEA	
intera	-
tratteggio	--
a punti	:
tratto-punto	-.

COLORI	
blu	b
nero	k
verde	g
rosso	r
giallo	y
bianco	w
ciano	c
magenta	m

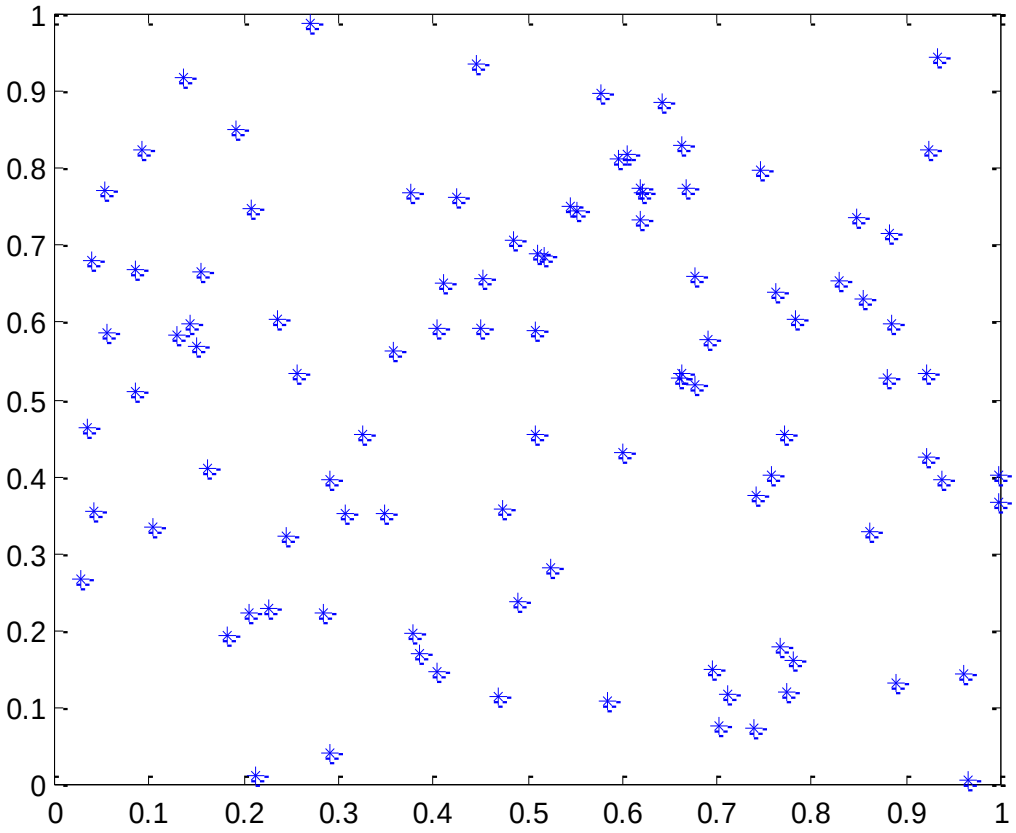
TIPO PUNTI	
punto	.
croce	+
stella	*
cerchio	o
segno x	x
quadrato	s
triangolo	^
rombo	d
pentagono	p

```
>>figure                                  % apre una nuova finestra figura
>>t=0:1/40:5;   t1=0:1/15:5;
>>y=1-exp(-t).*sin(10*t);
>>y1=1-exp(-t1);
>>y2=1+exp(-t1);
>>plot(t,y, 'g+', t1,y1, 'bo', t1,y2, 'mo')
```



Grafici

```
» x = rand(1,100);
» y = rand(1,100);
» plot(x,y,'*')
```



Gestione della finestra di una figura

MATLAB permette di gestire interattivamente la finestra della figura utilizzando i menu e le icone presenti. E' possibile:

- inserire testi, legende, linee e frecce;
- zoom, ruotare, cambiare la posizione dell'osservatore;
- cambiare colore al grafico, allo sfondo, alla finestra;

Per gestire una figura da MATLAB è necessario salvarla in formato **.fig**:

File ⟶ **Save As** ⟶ ***<figura1.fig>***

Per stamparla o includerla in altri documenti si può salvare in formato **.jpg**, **.eps**,…:

File ⟶ **Export** ⟶ ***<figura1.eps>***

Gestione di più finestre grafiche

Se si desidera avere più finestre grafiche distinte, si utilizza prima del comando plot, il comando

subplot(m,n,p)

La finestra grafica si divide in una tabella

m x n di finestre grafiche e la p-esima

è selezionata dal plot corrente.

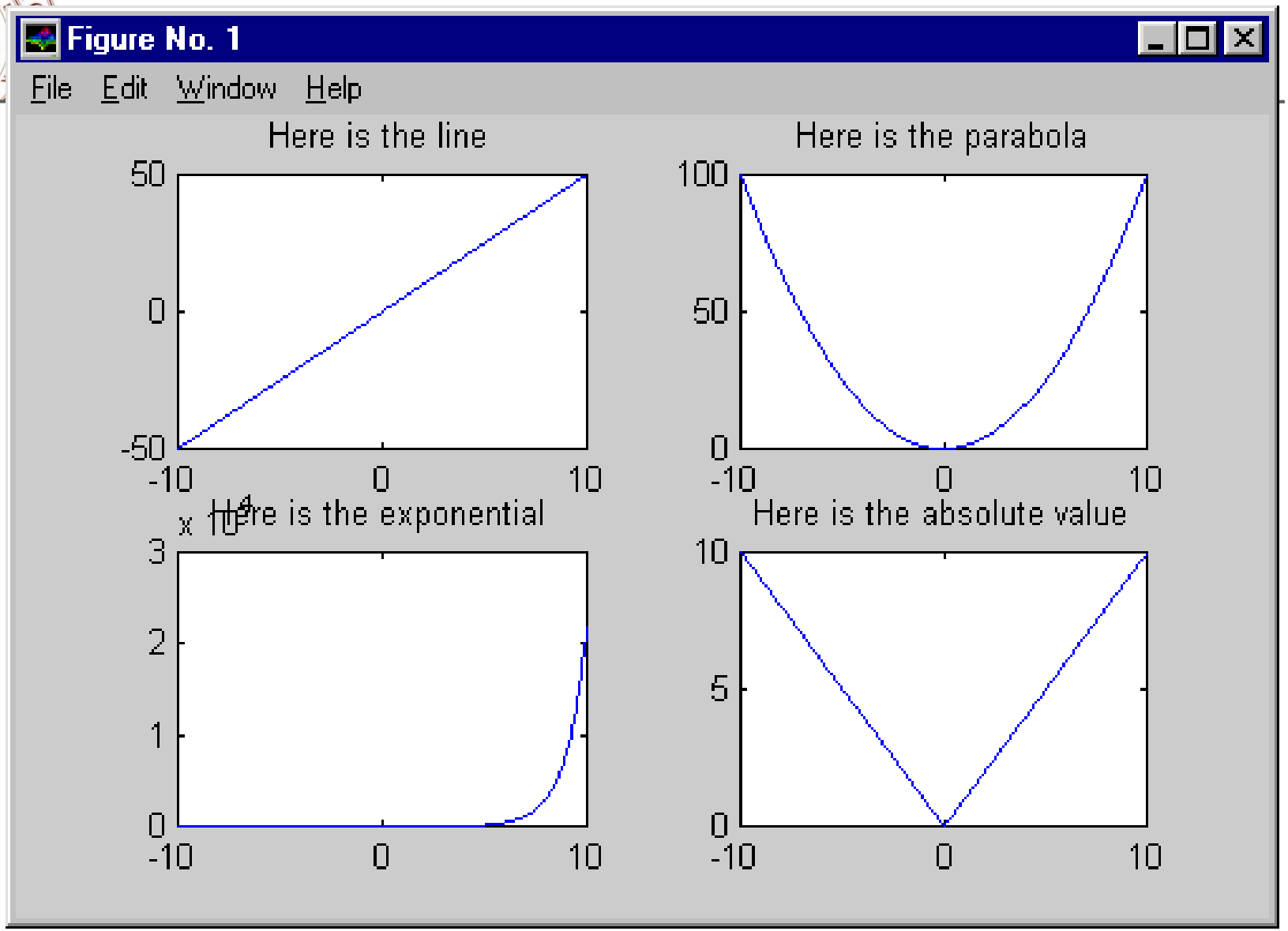


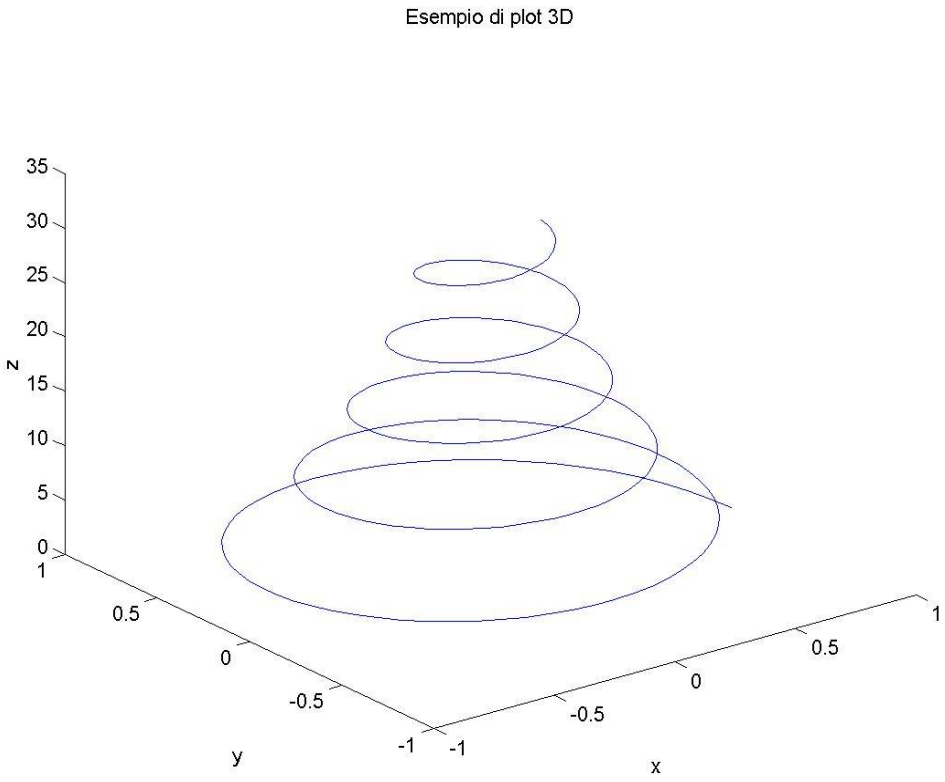
Figure No. 1
File Edit Window Help
Here is the line
50
0
-50
-10
0
10
Here is the parabola
100
50
0
-10
0
10
Here is the exponential
x 10^4
3
2
1
0
-10
0
10
Here is the absolute value
10
5
0
-10
0
10

```
» t=-10:.01:10;
» y1=t;
» y2=t.^2;
» y3=exp(t);
» y4=abs(t);
» subplot(2,2,1)
» plot(t,y1), title('Here is the line')
» subplot(2,2,2)
» plot(t,y2), title('Here is the parabola')
» subplot(2,2,3)
» plot(t,y3), title('Here is the exponential')
» subplot(2,2,4)
» plot(t,y4), title('Here is the absolute value')
```

Grafica 3D

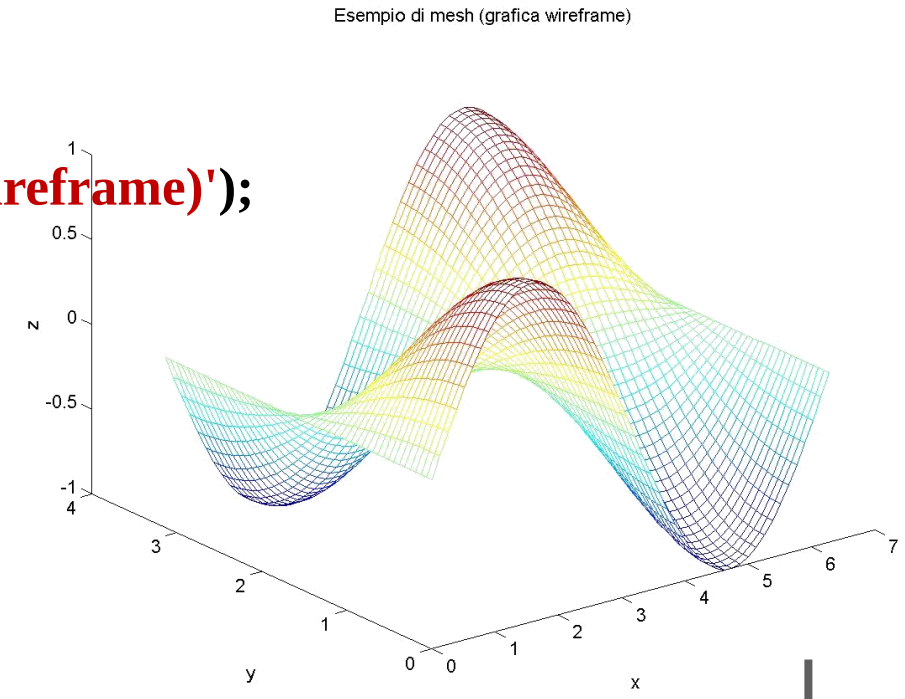
- **plot3** permette di disegnare una curva (x(t),y(t),z(t)), t $\in$[a,b] nello spazio 3D
- **mesh** disegna superfici per punti visualizzando solamente le linee che connettono i punti (wireframe)
- **surf** disegna superfici per punti visualizzandole a facce

```
>>t=0:0.1:10*pi;
>>x=exp(-t/20).*cos(t);
>>y=exp(-t/20).*sin(t);
>>z=t;

>>plot3(x,y,z);

>>title('Esempio di plot 3D');
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
```

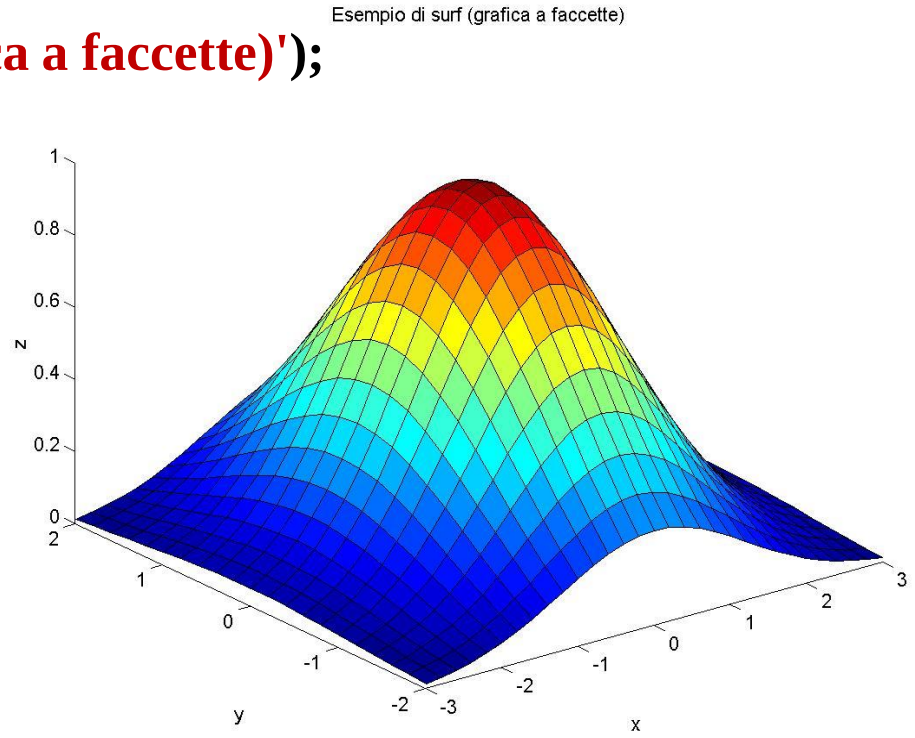


```
>>x=linspace(0,2*pi,50);
>>y=linspace(0,pi,50);
>>[X,Y]=meshgrid(x,y);
>>Z=sin(X).*cos(Y);
>>mesh(X,Y,Z);
>>title('Esempio di mesh (grafica wireframe)');
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
```

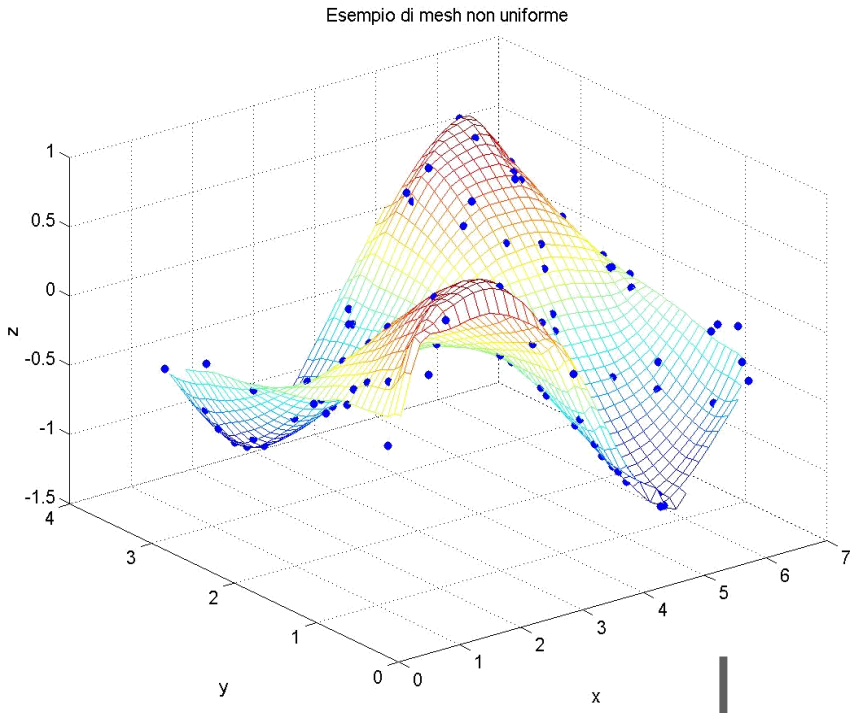
Prepara una griglia di punti sul piano xy sui quali verra' valutata la funzione bivariata.



```
>>[X,Y]=meshgrid(-3:.2:3,-2:.2:2);
>>Z=exp(-(X.^2+Y.^2)/3);

>>surf(X,Y,Z);

>>title('Esempio di surf (grafica a faccette)');
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
```

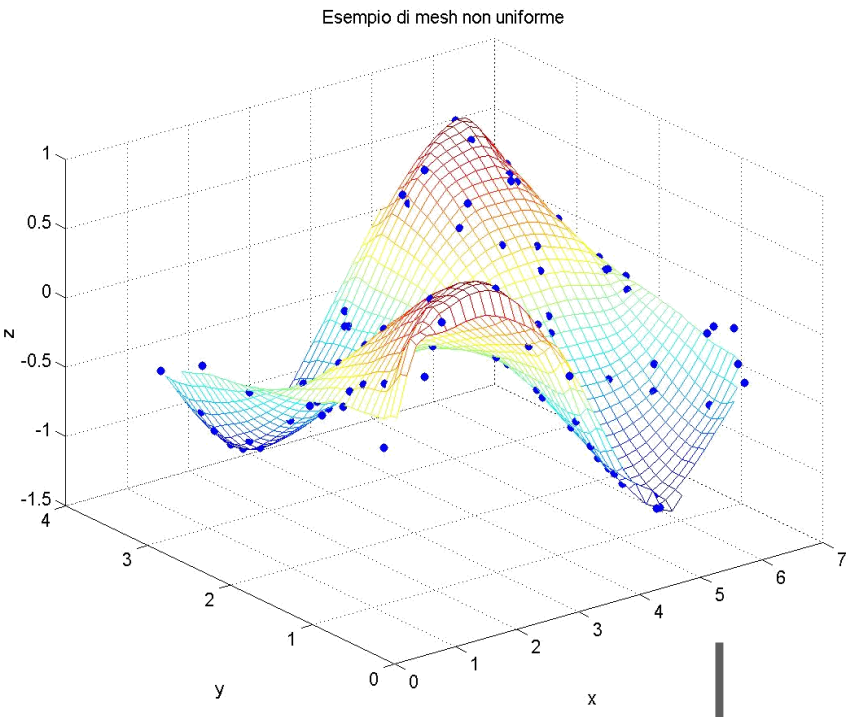


```
>>x=rand(100,1)*2*pi;
>>y=rand(100,1)*pi;
>>z=sin(x).*cos(y);
>>xlin=linspace(min(x),max(x),40);
>>ylin=linspace(min(y),max(y),40);
>>[X,Y]=meshgrid(xlin,ylin);
>>Z=griddata(x,y,z,X,Y,'cubic');
>>mesh(X,Y,Z);
>>title('Esempio di mesh non uniforme');
>>hold on;
>>plot3(x,y,z,'.','MarkerSize',15);
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
>>grid on;
```

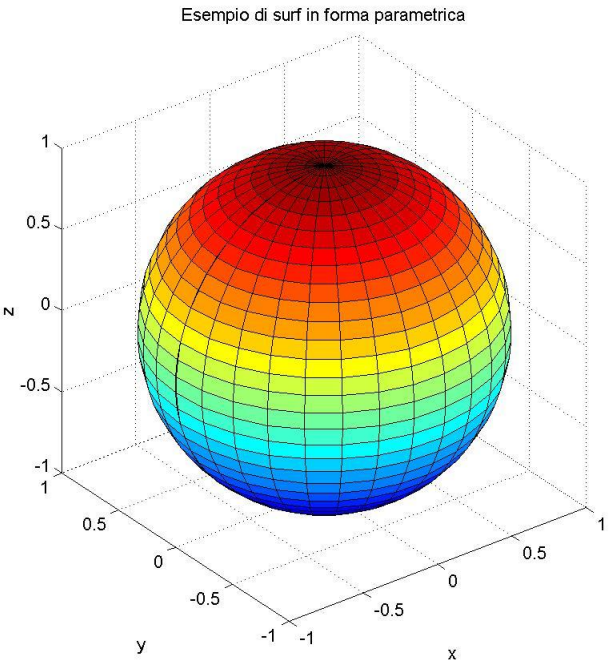


```
>>x=rand(100,1)*2*pi;
>>y=rand(100,1)*pi;
>>z=sin(x).*cos(y);
>>xlin=linspace(min(x),max(x),40);
>>ylin=linspace(min(y),max(y),40);
>>[X,Y]=meshgrid(xlin,ylin);
>>Z=griddata(x,y,z,X,Y,'cubic');
>>mesh(X,Y,Z);
>>title('Esempio di mesh non uniforme');
>>hold on;
>>plot3(x,y,z,'.','MarkerSize',15);
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
>>grid on;
```

Interpolazione di dati scattered (x,y,z), Visualizzazione funzione interpolante valutata nella griglia XY

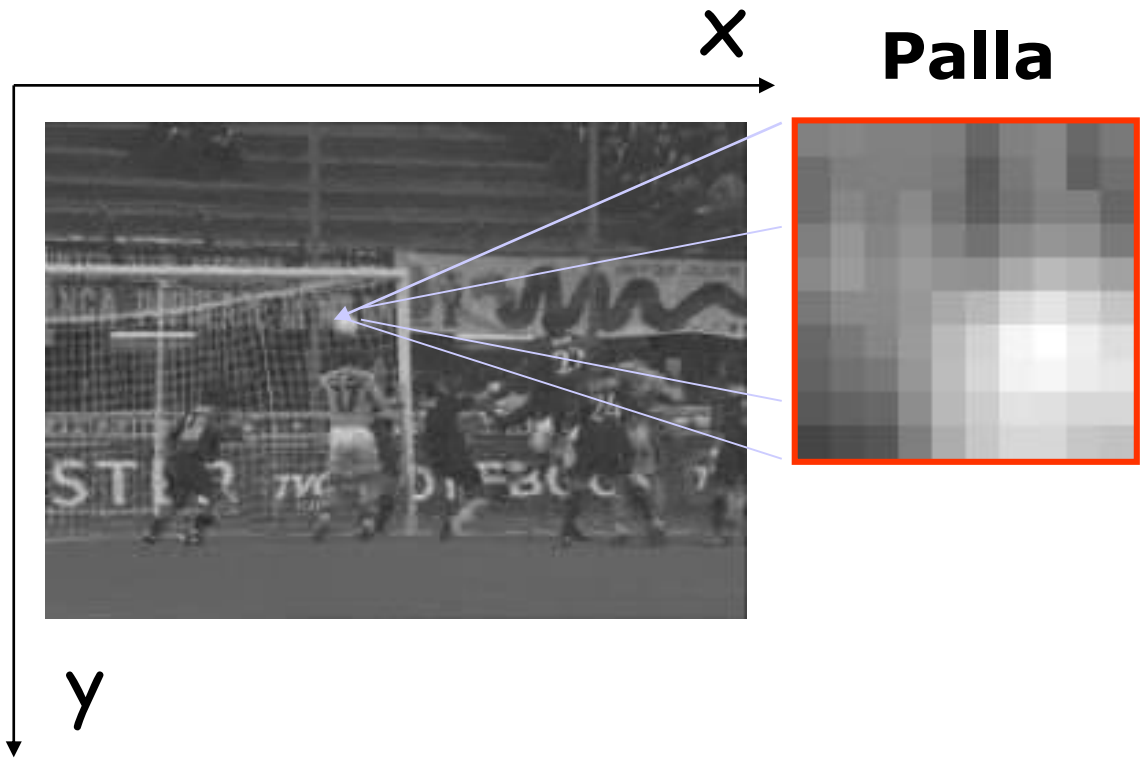


```
>>n=31;
>>theta=pi*(-n:2:n)/n;
>>phi=(pi/2)*(-n:2:n)'/n;

>>X=cos(phi)*cos(theta);
>>Y=cos(phi)*sin(theta);
>>Z=sin(phi)*ones(size(theta));

>>surf(X,Y,Z);

>>title('Esempio di surf in forma parametrica');
>>xlabel('x');
>>ylabel('y');
>>zlabel('z');
>>grid on;
>>axis square;
```



Definizione di immagine digitale

- L'intensità dell'immagine è trattata come funzione dello spazio
- $I_s: (x,y) \in D \longrightarrow I_s(x,y) \in [0,H-1]$



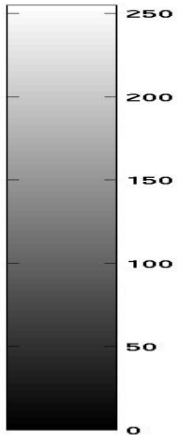
=

126	129	126	126	123	107	126	130	108	120
112	124	125	124	120	98	120	129	102	113
112	130	123	132	116	101	116	126	125	107
124	141	128	138	127	115	132	139	137	121
131	144	134	143	138	136	154	165	160	148
119	132	132	141	154	163	186	195	185	173
107	120	129	143	165	182	207	213	201	190
104	114	119	140	167	184	204	207	200	196
97	105	108	134	163	178	193	192	185	185
84	91	96	124	156	174	185	185	174	171

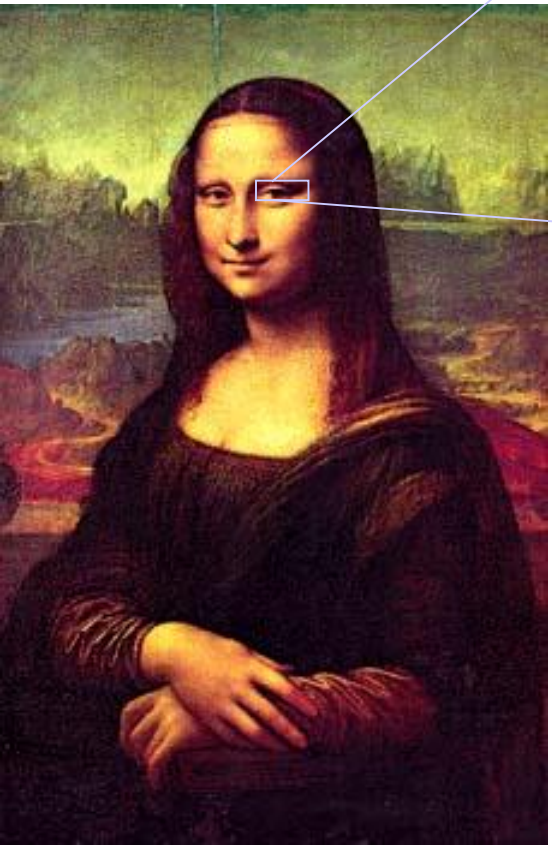
bianco

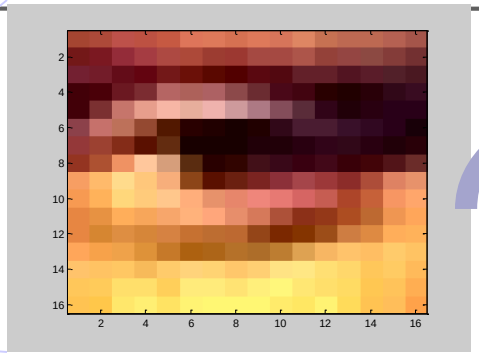
H

nero



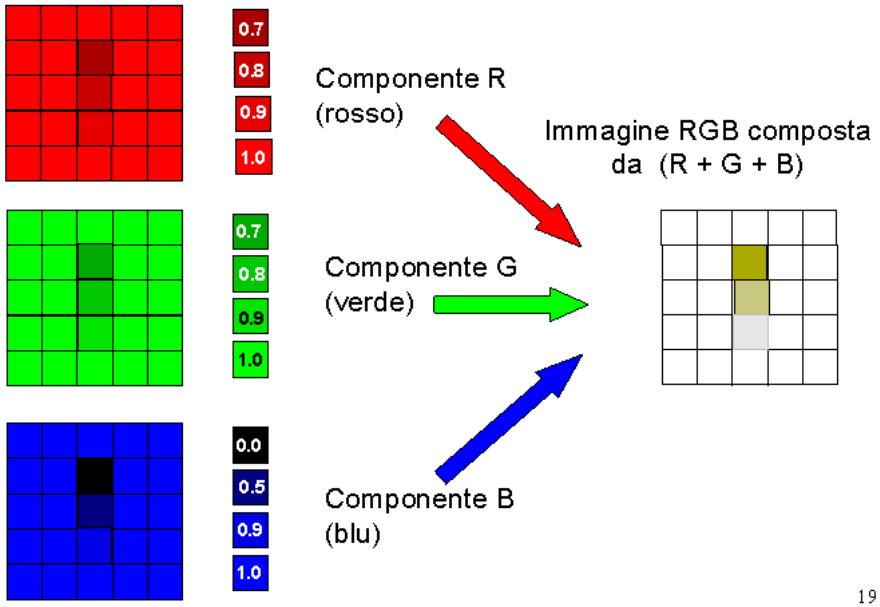
Immagini digitali a colori





Giorgio Sedmak 2001

Immagini a colori RGB



Immagini in MATLAB

Carica immagine

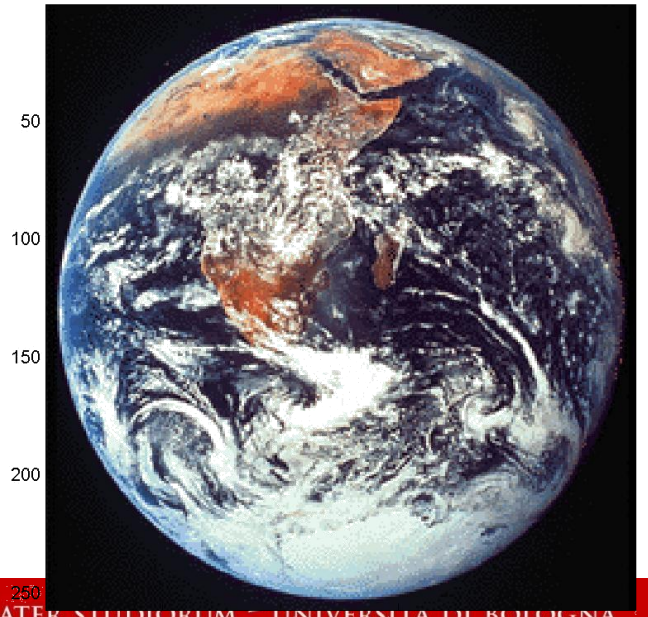
```
» clf
» A = imread(filename, fmt)
» image(A)
» colormap(map)
» axis image
```

visualizza un'immagine

associa una colormap all'immagine

rende la proporzione 1:1 dell'immagine

Legge un'immagine in formato fmt a livelli di grigio o a colori dal file specificato dalla stringa filename. Se il file non è nella directory corrente, specificare l'intero percorso.

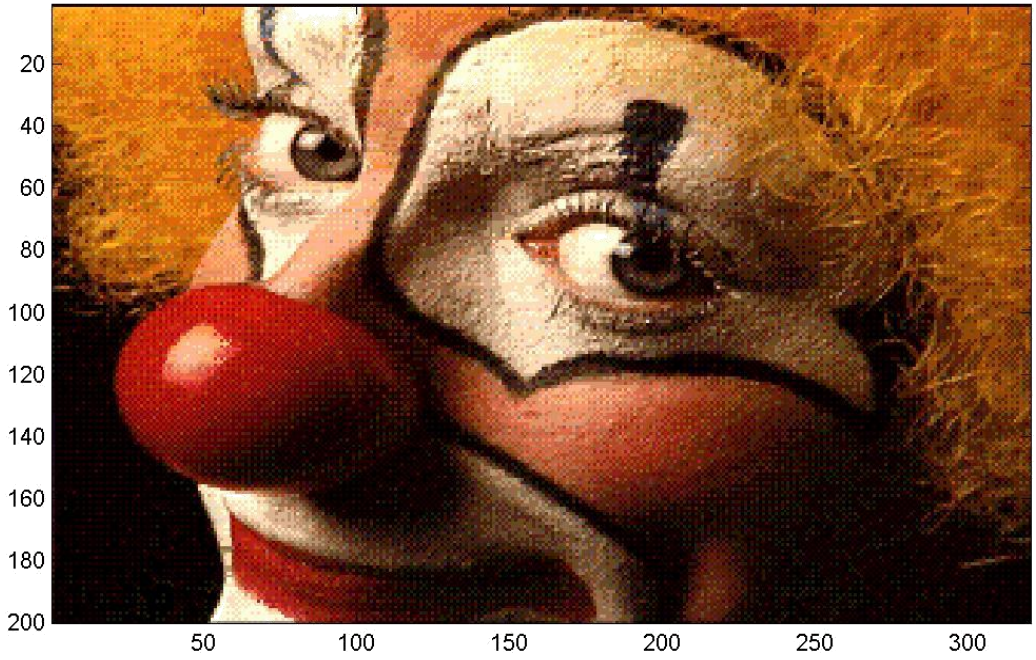


Tipi di immagini

- **Indicizzata** array m x n di interi tra [1,p] che rappresentano gli indici della **colormap**
- **Intensità** array m x n di floating point, tra [0,1] tipicamente, che rappresentano le intensità della colormap
- **True color** array m x n x 3 di floating point tra [0,1] che rappresentano le intensità delle tre componenti dei colori **rgb** (solo con hardware true color)

Immagini in Matlab

```
» clf
» i = imread('c:\immagini\clown.jpg');
» image(i)
» whos i
  Name      Size            Class

  i         200x320x3       uint8
```



Il miglior modo per imparare MATLAB è usare MATLAB