POLITECNICO DI MILANO

Introduzione a Matlab

Informatica B

Daniele Loiacono

Che cos'è Matlab?

- Matlab è uno strumento per il calcolo numerico
- Facilita lo sviluppo di programmi che eseguono complesse elaborazioni di calcolo numerico grazie a:
  - un ambiente di sviluppo integrato ed uno specifico linguaggio di programmazione
  - una ricca libreria di funzioni matematiche
- È uno strumento commerciale ma ne esiste una alternativa gratuita di nome Octave
  - molto simile a Matlab in molti aspetti
  - http://www.gnu.org/software/octave
- Testo
  - *Introduzione alla programmazione in MATLAB.* Campi, Di Nitto, Loiacono, Morzenti, Spoletini. Esculapio Editrice.

Caratteristiche del linguaggio di Matlab

- È un linguaggio di alto livello (come il C o il Java)
- È orientato alle elaborazione numeriche
- È un linguaggio interpretato
  - Non richiede la fase di traduzione in codice macchina
  - Il sorgente viene analizzato da un programma interprete che esegue direttamente tutte i comandi richiesti
- Non è un linguaggio tipizzato
  - Non occorre dichiarare le variabili
  - Non è necessario specificarne il tipo
  - Alla stessa variabile possono essere assegnati valori di tipo diverso durante l'esecuzione del programma

Array e variabili

- L'unità fondamentale di dati in MATLAB è l'array: ogni variabile è un array (le variabili scalari sono array con un solo elemento).
- I nomi di variabili seguono regole simili a quelle del C
- Il C è un linguaggio a tipizzazione forte
  - Le variabili vanno dichiarate prima dell'uso
- Il MATLAB è un linguaggio a tipizzazione debole
  - Le variabili vengono create assegnando ad esse dei valori
  - Il loro tipo è determinato dal tipo dei valori assegnati

Creazione ed inizializzazione di una variabile

- Le variabili sono create al momento dell'inizializzazione
- Modi di inizializzazione
  - Assegnamento
  - Lettura dati da tastiera
  - Lettura da file
- Accesso ad un singolo elemento di un array:

```
nome(pos)
```

  - dove pos è la posizione dell'elemento (>=1)

Assegnamento

- Scalari

  nome = valore

  - a = 3
  - b = 55
- Array

  nome = $[v_1\ v_2\ \dots\ v_n]$

  - a=[3 4 2 3]
- Matrice

  nome = $[v_{11}\ v_{12}\ \dots v_{1n};\dots;v_{m1}\ v_{m2}\ \dots\ v_{mn}]$

  - a = [3 4 2; 4 5 6]

$$\begin{bmatrix} 3 & 4 & 2 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$$

Assegnamento (2) – esempi

- Esempi
  - a = [0 7+1];
  - b = [a(2) 5 a];

contenuto di a

secondo elemento di a

- Risultato
  - a = [0 8]
  - b = [8 5 0 8]
- Non tutti gli elementi devono essere specificati alla creazione…
  - c(2, 3) = 5;

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix}$$

Assegnamento (3) – esempi

- L'array può essere esteso successivamente …
  - d = [2 5]; d(4)=2; ⟶ d = [2 5 0 2]
- Operatore di trasposizione
  - g = d';

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

- Come evitare di enumerare esplicitamente tutti i valori, uso dell'operatore :
  - x = 1:2:10; ⟶ x = [1 3 5 7 9]
  - l = 1:3;
  - m = [l' l'];

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Assegnamento (4) – funzioni predefinite

Funzione	Significato
zeros (n)	Genera una matrice nxn di zeri
zeros (m,n)	Genera una matrice mxn di zeri
zeros (size(arr))	Genera una matrice di zeri della stessa dimensione di arr
ones(n)	Genera una matrice nxn di uno
ones(m,n)	Genera una matrice mxn di uno
ones(size(arr))	Genera una matrice di uno della stessa dimensione di arr
eye(n)	Genera la matrice identità nxn
eye(m,n)	Genera la matrice identità mxn
length(arr)	Ritorna la dimensione più lunga del vettore
size(arr)	Ritorna il numero di righe e colonne dell'array

Assegnamento (5) – funzioni predefinite

- Esempi
  - a = zeros(2); → $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$
  - b = zeros(2,3); → $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
  - c = [1 2; 3 4];
  - d = zeros(size(c)); → $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

Tipo double

- Una variabile di tipo double contiene uno **scalare** o un **array** di numeri in doppia precisione (64 bit)
- Questi numeri possono essere
  - Reali, es var1 = -10.7;
  - Immaginari, es var2 = 4i; var3 = 4j;
  - Complessi, es var3 = 10.3 + 10i;
- Es: x = [-1.3 3.1+5.3j 0]
- Le parti reali e immaginarie possono essere positive e negative nell'intervallo di valori [10^{-308}, 10^{308}], con accuratezza di 15-16 cifre decimali

Tipo char

- Una variabile di tipo char contiene uno **scalare** o un **array** di valori a 16 bit, ciascuno dei quali rappresenta un carattere
  - Es: commento = ‘questa è una stringa’;

Nome della variabile

Array di 1x21 caratteri

Assegnamento (5) – uso di uno scalare per assegnare valori ad un array

- Esempio
  - m(1:4, 1:3) = 3 ⟶ $\begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$

- Regola: il modo con cui uno scalare viene assegnato ad un array dipende dalla forma dell'array che viene specificata a sinistra dell'assegnamento
- Esempio 2
  - m(1:2, 1:2) = 4 ⟶ $\begin{bmatrix} 4 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$

- … la regola si applica anche ai sottoarray

Variabili predefinite

- Matlab definisce un insieme di variabili predefinite (e.g., pi)
- Queste variabili corrispondono in qualche caso a costanti
  - Attenzione! Il valore di queste variabili può essere modificato, per esempio
    - circ1=2*pi*10;
    - pi = 3;
    - circ2=2*pi*10;
  - Il valore di circ2 non sarà più la circonferenza di un cerchio
- E` fortemente sconsigliato modificare il valore di una variabile predefinita

Variabili predefinite più comuni

Variabile	Scopo
pi	contiene 15 cifre significative di π
i, j	contiene il valore i ($\sqrt{-1}$)
inf (o Inf)	rappresentazione dell'infinito (ottenuto di solito come risultato di una divisione per 0)
nan	Not-A-Number è il risultato di una operazione matematica non definita, es 0/0
clock	contiene la data e l'orario corrente. E` un vettore di sei elementi (anno, mese, giorno, ora, minuti, secondi)
date	contiene la data corrente sotto forma di stringa
eps	epsilon: la più piccola differenza rappresentabile tra due numeri
ans	Variabile speciale usata per immagazzinare risultati non assegnati ad altre variabili

Operazioni con scalari e array

- Operazioni per gli scalari: + - * / ^
- Operazioni per gli array
  - Array operation: viene eseguita sugli elementi degli array coinvolti (devono avere lo stesso numero di righe e colonne)
  - $a=\begin{bmatrix}1 & 2\\3 & 4\end{bmatrix}$ $b=\begin{bmatrix}2 & 3\\5 & 7\end{bmatrix}$ $a+b=\begin{bmatrix}3 & 5\\8 & 11\end{bmatrix}$ $a.*b=\begin{bmatrix}2 & 6\\15 & 28\end{bmatrix}$
  - Matrix operation: segue le regole dell'algebra lineare
  - $a=\begin{bmatrix}1 & 2\\3 & 4\end{bmatrix}$ $b=\begin{bmatrix}2 & 3\\5 & 7\end{bmatrix}$ $a*b=\begin{bmatrix}12 & 17\\26 & 37\end{bmatrix}$ $\sum_k a_{ik} * b_{kj}$

Operazioni tipiche per gli array

Operazione	Sintassi Matlab	Commenti
Array addition	a + b	Array e matrix addition sono identiche
Array subtraction	a – b	Array e matrix subtraction sono identiche
Array multiplication	a .* b	Ciascun elemento del risultato è pari al prodotto degli elementi corrispondenti nei due operandi
Matrix multiplication	a * b	Prodotto di matrici
Array right division	a ./ b	risultato(i,j)=a(i,j)/b(i,j)
Array left division	a .\ b	risultato(i,j)=b(i,j)/a(i,j)
Matrix right division	a / b	a*inversa(b)
Matrix left division	a \ b	inversa(a)*b
Array exponentiation	a .^ b	risultato(i,j)=a(i,j)^b(i,j)

Matrix left division

- Serve per risolvere sistemi di equazioni lineari

$$a_{11}x_1+a_{12}x_2+a_{13}x_3=b_1$$
$$a_{21}x_1+a_{22}x_2+a_{23}x_3=b_2$$
$$a_{31}x_1+a_{32}x_2+a_{33}x_3=b_3$$

- può essere espresso come Ax=B con

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

- di conseguenza, $x = A^{-1}B = A\backslash B$

Altre funzioni

Funzione	Scopo
ceil(x)	approssima x all'intero immediatamente maggiore
floor(x)	approssima x all'intero immediatamente minore
fix(x)	approssima x all'intero più vicino verso lo zero
max(x)	ritorna il valore massimo nel vettore x e, opzionalmente, la collocazione di questo valore in x
min(x)	ritorna il valore minimo nel vettore x e, opzionalmente, la collocazione di questo valore nel vettore
mod(m,n)	mod(x,y) è x - n.*y dove n = floor(x./y) se y ~= 0
round(x)	approssima x all'intero più vicino
rand(N)	genera una matrice di NxN numeri casuali

Strutture di controllo in Matlab

```
if (<expr1>)
        statement;
else if (<expr2>)
        statement;
else
        statement;
```

C

```
if <expr1>
    statements
elseif <expr2>
    statements
else
    statements
end
```

MATLAB

Strutture di controllo in Matlab

```
switch (<expr>)
{
   case <v1>:   statement;
                ...
                 break;
   ...
   case <vN>: statement;
              ...
               break;
   default:  statement;
             ...
}
```

C

```
switch <expr>
   case <v1>
        statement, ..., statement
  case {<v2>, <v3>,...}
        statement, ..., statement
  otherwise
        statement, ..., statement
end
```

MATLAB

Strutture di controllo in Matlab

```
for (<iniz>;<term>;<agg>)
{
        statement1;
        …
        statementN;
}
```

C

```
for variable = init:step:end
        statement
        ...
        statement
end
```

MATLAB

Strutture di controllo in Matlab

```
while (<expr>)
{
        statement1;
        …
        statementN;
}
```

C

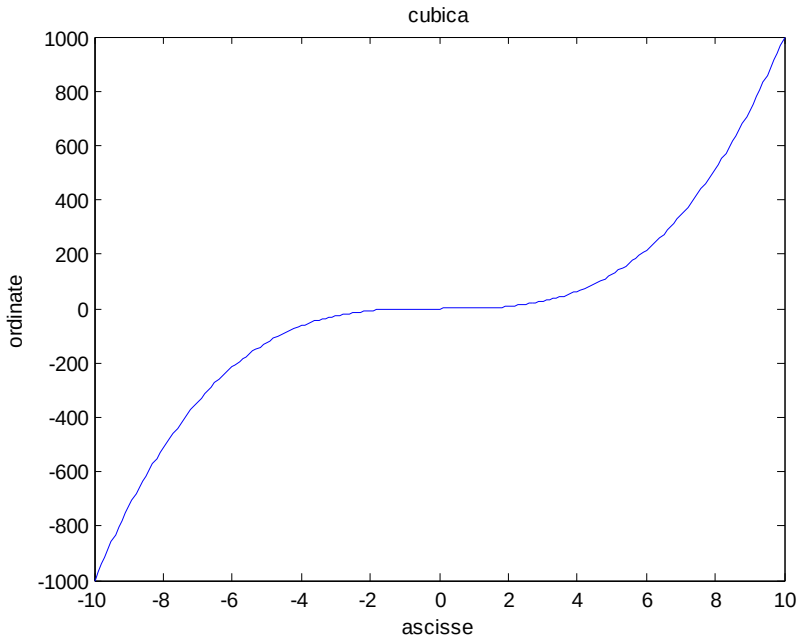
```
while <expr>
        statement
        …
        statement
end
```

MATLAB

Diagrammi a due dimensioni

- Diagramma = insieme di coppie che rappresentano coordinate di punti
- Si usano vettori per contenere sequenze ordinate dei valori di ognuna delle coordinate
- plot(x,y) disegna digramma cartesiano dei punti che hanno
  - valori delle ascisse in x, delle ordinate in y
  - e li congiunge con una linea, per dare continuità al grafico
- funzioni *xlabel* per visualizzare nome asse ascisse, *ylabel* per ordinate, *title* per il titolo

```
>> x = -10:0.1:10;
>> y=x.^3;
>> plot(x,y);
>> xlabel('ascisse');
>> ylabel('ordinate');
>> title('cubica');
```



Un esempio di cinematica

- Due treni partono da due stazioni adiacenti, che distano 15km, viaggiando a velocità di 50m/s e 30m/s in direzione opposta
- Costruire un grafico che mostra il loro movimento, fino a quando il più veloce raggiunge la destinazione
  - Il più veloce impiega 15000/50=300s
    - DistanzaTreno1=50·t;
    - DistranzaTreno2=15000-30·t; (per mostrare la provenienza dalla direzione opposta)

Soluzione

```
t=0:1:300;
p1=50 * t;
p2=15000-30* t;
plot(t,p1);
hold on %adesso è possibile inserire nuove curve sul grafico
plot(t,p2)
hold off
```

Risultati ottenuti con l'esempio