



Beräkningsvetenskap och Matlab

- Beräkningsvetenskap == Matlab ?
- Nej, Matlab är ett verktyg som används inom beräkningsvetenskap
- Finns även andra verktyg, t ex andra programmeringsspråk som C, C++, Java

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Vad är MATLAB?

- Utvecklat av MathWorks, Inc. <http://www.mathworks.com>
- Första versionen klar i slutet av 70-talet
- Ursprungligen MATrix LABoratory
- Matematisk labbmiljö för
 - Numeriska beräkningar
 - Grafik
 - Programmering
- En enkel miljö för att snabbt testa idéer och för att studera resultat

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Vad är MATLAB?

- Många kraftfulla fördefinierade funktioner med möjlighet att definiera egna
- Eget objektorienterat programmeringsspråk. Samverkan med C++, Java och FORTRAN möjlig

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Vad är MATLAB?

- Stort antal tillägsprogram (toolboxar, appar) finns för speciella tillämpningsområden, t ex:
 - signalbehandling
 - bildbehandling
 - statistik
 - symbolisk matematik
 - finansiell matematik
 - ...
- Körs under UNIX/Linux, Windows eller Mac OS.

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Användningsområden

- Överallt där det förekommer beräkningsproblem
- Undervisning: matematik (särskilt linjär algebra), beräkningsvetenskap, fysik, kemi, teknik, ekonomi etc
- Forskning: labbmiljö för att testa lösningsmetoder, studera, analysera problem, utföra beräkningar och visualisera resultat
- Industrin: används på samma sätt som inom forskning, t ex på utvecklingsavdelningar. Vanligt inom bioteknik, elektronik, bilindustri etc

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Att börja använda MATLAB

- MATLAB kan användas interaktivt som en avancerad miniräknare. Enkelt!
- MATLAB kan också användas som ett programmeringsspråk på ett mer avancerat sätt. Lite svårare, kräver mer kunskap.
- I Beräkningsvetenskap I/KF ingår även Matlab som programmeringsspråk

Att börja använda MATLAB

- Skilj mellan *numeriska* respektive *symboliska* beräkningar

Ex) Symbolisk beräkning i Matlab med symbolic toolbox

```
syms x b
int(log(x), x, 0, b)
ans =
    b*(log(b) - 1)
```

```
syms x a
diff(1/(x-a), x)
ans =
    -1/(a-x)^2
```

Denna typ av uttryck kan inte genereras i MATLAB (standardversionen). MATLAB genererar siffror, inte formeluttryck

Att börja använda MATLAB

- Numeriska respektive *symboliska* beräkningar

Ex) Numerisk beräkning i Matlab

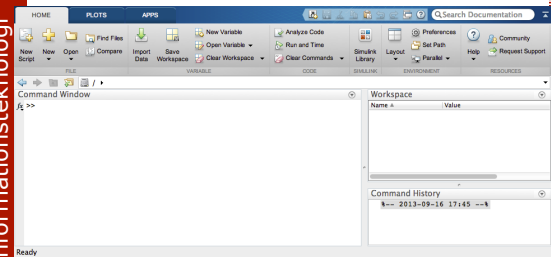
```
b = 10;
integral(@(x) log(x), 0, b)
ans =
    13.0259
```

Matlab ger svar i form av siffror (inte formeluttryck). Variabeln b måste vara definerad som siffra (ej symbol)

Beräkningsvetenskap handlar om numeriska beräkningsmetoder

MATLAB-miljön

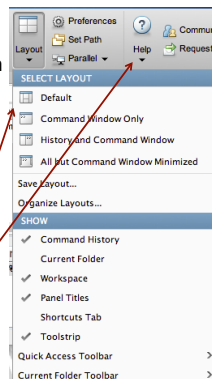
- Utvecklingsmiljön (MATLAB desktop)



Undersök miljön på egen hand!

MATLAB-miljön

- Exakt vad som syns i MATLAB-fönstret kan man styra själv (med knappen **layout** t ex)
- Användbart: om man av misstag "tappat bort" delfönster – klicka på **Default** så återställs det
- Hjälpen bl a under **Help**



MATLAB-miljön

Hjälpen för enstaka kommandon kan göras direkt i kommandofönstret

```
>> help kommando
```

eller

```
>> doc kommando
```

Ex) Vad gör kommandot **exit** ?

```
>> help exit
EXIT Exit from MATLAB.
EXIT terminates MATLAB.
```

MATLAB-miljön

Använd även funktionshjälp i vänsterlisten i kommandofönstret

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Variabler i MATLAB

En variabel i MATLAB

- kan ses som *behållare* som innehåller ett värde av en viss typ (heltal, rella tal, text,...)
- har alltid ett *namn*
Måste börja på bokstav. Använd ej å, ä, ö, space, bindestreck (minus), plustecken etc i namnet
- kan *tilldelas* ett värde
- skapas när de behövs, utan speciell "deklaration" (är av typen "matris").
- kan vara *fördefinierad*, t ex *pi*

```
>> a = 3
a =
    3
>> pi
ans =
    3.1416
```

Obs "=" betyder "tilldelning"

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Variabler i MATLAB

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Variabler i MATLAB

- Variabler kan skrivas ut i olika format

```
>> y = sin(2*pi/3);
>> y
y =
    0.8660
>> format long; y
y =
    0.86602540378444
>> format long e;
y =
    8.660254037844387e-001
```

```
>> format short e; y
y =
    8.6603e-001
>> format short; y
y =
    0.8660
% Standardformat åter
| e-001 betyder 10-1
```

Observera att noggrannheten är lika, det är bara själva utskriften som ändras.

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Hämta variabler från andra format

- Knappen *Import Data* kan användas för att ladda in andra format t ex spreadsheets (excel), ljudfiler, filfiler etc etc

- Välj sedan vilket format som ska importeras
- Kommandon `xlsread` och `xlswrite` kan också användas för Excel

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Spara och hämta variabler

- Man kan spara sina variabler via Workspace och laddas in igen vid ett senare tillfälle
- De sparas då i Matlabs eget filformat **.mat**
- Kan importeras vid senare tillfälle med knappen *Import Data*

Informationsteknologi

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Spara och hämta variabler

- I *kommandofönstret* kan man på exakt samma sätt spara med kommandot
`save filnamn variabler`

```
>> save MinaMatriser A B
```

sparar variablerna **A** och **B** på filen *MinaMatriser.mat*

- Kan ladda in variablerna genom `load filnamn`
- Det finns även andra format än `mat`-formatet att välja på (testa `help save` eller `doc save`)

Inbyggda funktioner

Det finns mängder av inbyggda funktioner för exempelvis

- elementär matematik
- linjär algebra
- grafik i 2D och 3D
- integraler och differentialekvationer
- statistik
- Kurvanpassning

Exempel:

`abs(x)`, `sqrt(x)`, `sin(x)`, `log(x)`, `log10(x)`,...

Egna funktioner

Man kan också skapa egna funktioner...

...mer om detta senare i blocket *Programmering* i kursen

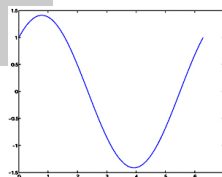
Några små tips

- Piltangent återkallar tidigare kommandon
- Kan också använda delfönstret *command history*
 - Dubbeltklicka på ett kommando för att upprepa (inkl utföra) kommandot
 - Markera kommandot med musen, dra och släpp i kommandofönstret. Kommandot utförs ej utan man trycker på *return* för att utföra. Kan på det sättet ändra i kommandot innan det utförs
- `ctrl-c` avbryter körningen av ett kommando (men stoppar inte MATLAB)

Enkel grafik (2D)

- Generella gången när något ska plottas är
 - Skapa en horisontell axel (\Rightarrow x-axel)
 - Beräkna funktionsvärden (\Rightarrow y-axel)
 - Plotta x mot y, `plot(x,y)`

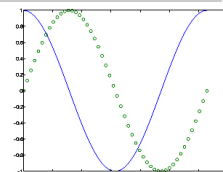
```
>> x = linspace(0,2*pi,50);
>> y = cos(x)+sin(x);
>> plot(x,y)
```



Enkel grafik (2D)

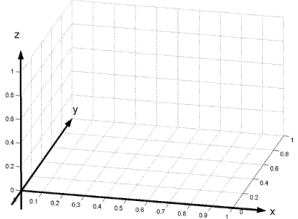
- X-axel skapas genom
 - `x = linspace(x0,x1,antal_pkt)` ; eller
 - `x = [x0:steglangd:x1]` ;
- Plotkommandot kan utvidgas på många olika sätt, t ex

```
>> plot(x,cos(x),'-',x,sin(x),'o')
```



3D-grafik

- I 3D har man x, y och z-axel



- Givet x-axel och y-axel måste man skapa x-värden för alla y-värden, och y-värden för alla x-värden, ett "nät". Detta görs med kommandot `meshgrid`

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

3D-grafik

Antag att $f(x, y) = xe^{-x^2-y^2}$ ska plottas i figuren

- Axlarna i bilden fås genom


```
>> x = 0:0.1:1; y = 0:0.2:1;
```
- "Nätet" skapas genom


```
>> [X, Y] = meshgrid(x, y);
```
- Funktionsvärdena beräknas för varje x och y-värde

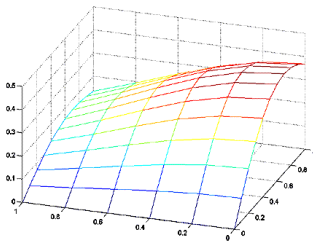

```
>> Z = X .* exp(-X.^2 - Y.^2);
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

3D-grafik

- Slutligen plotta


```
>> mesh(X, Y, Z);
```

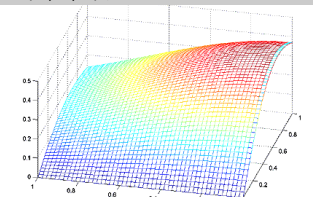


Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

3D-grafik

- Lite bättre upplösning om man ökar antalet punkter i x och y-led


```
>> x=linspace(0,1,50); y=linspace(0,1,50);
      >> [X,Y] = meshgrid(x,y);
      >> Z = X .* exp(-X.^2 - Y.^2);
      >> mesh(X,Y,Z);
```

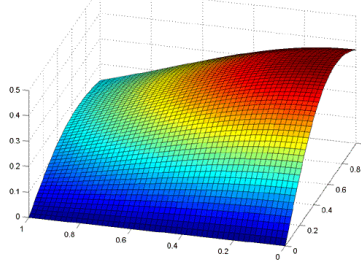


Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

3D-grafik

- Byt mesh mot surf så fås en yta (surface)

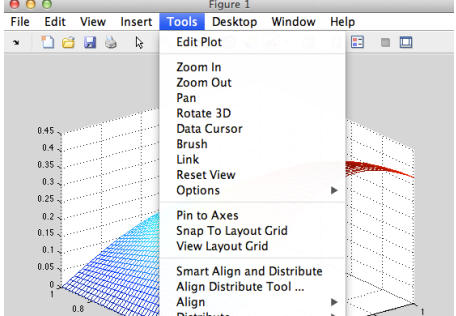
```
>> surf(X, Y, Z);
```



Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

3D-grafik

- Använd menyn **Tools** i grafikfönstret för att editera plotten, rotera, flytta synvinklar etc



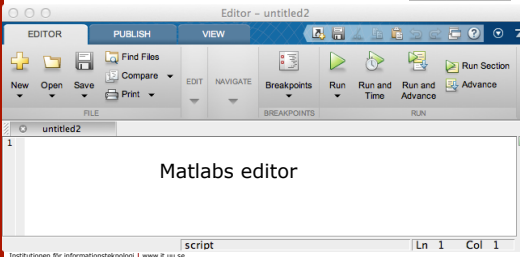
Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Spara kod i m-filer

- En *script-fil* (kommandofil) är ett sätt att "lagra" kommandon som annars skulle skrivas interaktivt i kommandofönstret
- Genom att *köra filen* så exekveras (utförs) alla kommandon i filen uppifrån och ner, från rad 1 till sista raden
- Ändelse på en scriptfil måste vara **.m**, t ex **minfil.m** annars upptäcks den inte av Matlab

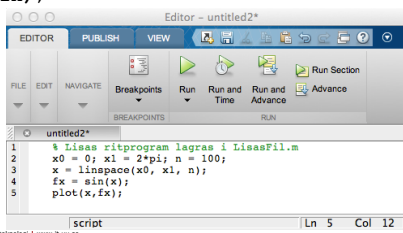
Spara kod i m-filer

- m-filer skapas enklast i MATLABs editor
- Använd knappen *New Script* eller *New* eller *Open* (befintliga filer)
- Går också att skriva **edit** i kommandofönstret



Spara kod i m-filer

- Ett litet exempel
- ```
% Lisas ritprogram lagras i LisasFil.m
x0 = 0; x1 = 2*pi; n = 100;
x = linspace(x0, x1, n);
fx = sin(x);
plot(x,fx);
```



### Spara kod i m-filer

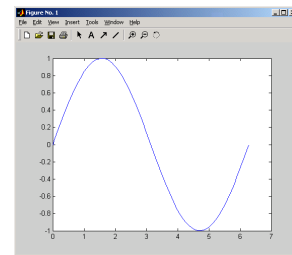
- Spara koden och skriv i kommandofönstret

```
>> LisasFil
```

- Eller använd knappen *Run* i editorn

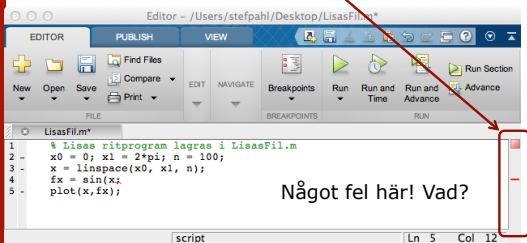


- Koden körs då och ger resultatet



### Spara kod i m-filer

- Se till att spara m-filen på samma plats som Matlab "befinner sig". Enklast är att initialt flytta Matlab till den mapp man vill arbeta i
- Syntaxkontroll i högerlistan  
Grönt = OK, Rött = fel, orange = varning



### Redovisning

- m-filer redovisas genom att bifoga filen
- **diary** kan användas för att spara skärmutskrift i en fil

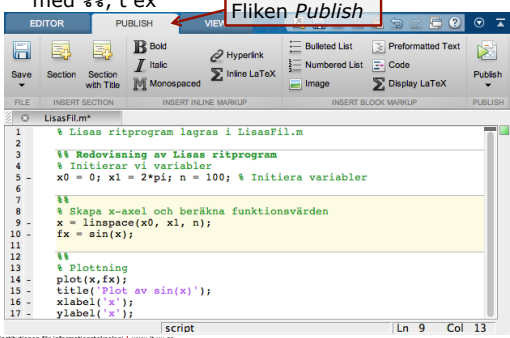
```
>> diary uppg1.txt
...diverse kommandon här...
>> diary off % stänger diary
```

Allt som skrivs på skärmen mellan **diary** och **diary off** hamnar nu i filen **uppg1.txt**.

Lämpligt att använda för att redovisa kör-exempel i inlämningsuppgifter t ex.

**Redovisning**

- Gör rapport med fliken *Publish*:  
Dela in kod som ska redovisas i avdelningar med `%%`, tex



**Fliken Publish**

```


1 % Lisaas ritprogram lagras i LisaasFil.m
2
3 %% Redovisning av Lisaas ritprogram
4 % Initierar vi variabler
5 x0 = 0; x1 = 2*pi; n = 100; % Initiera variabler
6
7 %%
8 % Skapa x-axel och beräkna funktionsvärden
9 x = linspace(x0, x1, n);
10 fx = sin(x);
11
12 %%
13 % Plottning
14 plot(x,fx);
15 title('Plot av sin(x)');
16 xlabel('x');
17 ylabel('y');

```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Redovisning**

- Med knappen *Publish* kan du sedan avgöra i vilket format rapporten ska skrivas  
Möjliga format: html, pdf, LaTeX, xml
- Genom att klicka på knappen skapas en rapport som inkluderar grafik etc.
- Det som skrivs efter `%%` blir huvudrubriker
- Kan vara bra att spara i LaTeX-format och sedan gå in och modifiera LaTeX-filen



Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Textsträngar**

- Textsträngar skrivs innanför "fnuttar", dvs ''

```

>> namn = 'Nisse';
>> hej = ['Hej ' namn '!']
hej =
 Hej Nisse!
>> namn(2) = 'a'
namn =
 Nasse

```

- Exemplet visar att texter (textsträngar, strängar) fungerar som radvektorer

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Textsträngar**

När behövs textsträngar?

- För att göra snyggare utskrift av resultat

Exempel  
Givet en vektor  $x$  skriv ut största elementet

```

>> maxi = max(x);
>> disp(['Maxvärdet är = ' num2str(maxi)]);
Maxvärdet är = 9.4248

```

`disp` - skriver ut det den textsträng som står innanför parantesen  
`num2str` - omvandlar från numeriskt värde till sträng

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Textsträngar**

När behövs textsträngar?

- För att ha texter på axlarna i bilder, som skapats med `plot`-kommandot

```

>> x = linspace(0,3*pi,50); y = sin(x);
>> plot(x,y);
>> title('Sinus mellan 0 till 3\pi');
>> xlabel('x'); ylabel('sin(x)');

```

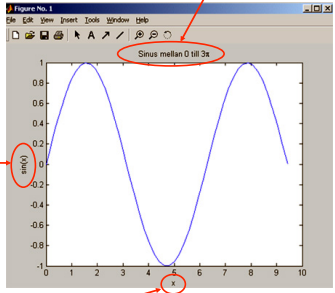
`\pi` i en textsträng är sk LaTeX-syntax och kan användas för att skriva matematisk text

Resultatet...

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Textsträngar**

...blir det här



`title(...)`

`ylabel(...)`

`xlabel(...)`

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



## Textsträngar

När behövs textsträngar?

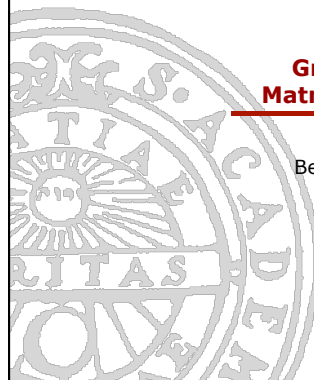
- Inläsning av värde till variabel med ledtext  
Om

```
x = input('Ge ett tal');
läggs i en kommandofil blir resultatet när filen körs utskriften
```

```
Ge ett tal:
```

Markören står nu och väntar vid kolontecknet på att den som kör skall ge ett tal. Detta tal tilldelas sedan variabeln **x**.

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



## Grunderna i Matlab Matriser och vektorer

Beräkningsvetenskap I/KF



## Matriser och vektorer

- Matrisen är den grundläggande *datatypen*.
- En tvådimensionell matris är en tabell med *rader* och *kolonner*.
- En matris med  $m$  rader och  $n$  kolonner har storleken  $m \times n$  ( $m$  gånger  $n$ ).
- Vektorer är specialfall av matriser, då antal rader eller antal kolonner är 1.  
Ex) *radvektor*  $1 \times n$ , *kolonnvektor*  $m \times 1$
- En matris av storlek  $1 \times 1$  kallas *skalär* (vanligt tal).
- Varje värde i matrisen kallas *element*

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



## Matriser och vektorer

Kolonnvektor och radvektor i MATLAB

Semikolon i vektorer ger radbyte

```
>> vkol = [1; 2; 3; 4; 5]
>> vrad = [5 6 7 8], x = 3
vkol = % Kolonnvektor
1
2
3
4
5
vrad = % Radvektor
5 6 7 8
x = % Skalär
3
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



## Matriser och vektorer

Ändra enskilda element

```
>> vrad(1) = -1.1; vrad(2) = 3.5;
>> vrad
vrad =
-1.1000 3.5000

>> vkol = vrad' %transponera
vkol =
-1.1000
3.5000
```

**vrad(1)** anger att index 1 (position 1) ska tilldelas  
Tecknet ' betyder transponat

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



## Hur skapas en matris?

Skapa  $A = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$

Semikolon eller retur i matrisen ger radbyte

Semikolon efter hela uttrycket undertrycker utskrift

```
>> A = [1 7; 5 3];
>> A
A =
1 7
5 3

>> A = [1 7
5 3]
A =
1 7
5 3
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se



Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Matris elementvis

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$$

```
>> A(1,1)=1; A(1,2)=7;
>> A(2,1)=5; A(2,2)=3;
>> A
A =
 1 7
 5 3
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Bestämna storlek och längd

```
>> A = [1 7; 5 3]
>> vkol = [1; 2; 3; 4; 5]
>> size(A), size(vkol), length(vkol)
ans =
 2 2
ans =
 5 1
ans =
 5
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Matrisoperationer, aritmetiska

- Aritmetiska operationer på matriser kan göras direkt.
- Addition/subtraktion OK om samma storlek, t ex  $c = A + B$ , där A och B är  $m \times n$
- Matrismultiplikation,  $c = A * B$ , fungerar bara om antal kolonner i A är samma som antal rader i B
- Matrisdivision,  $C = A / B$  eller  $C = A \backslash B$ 
  - \ (backslash) är speciell, t ex  $x = A \backslash b$  ger lösning till linjärt ekvationssystem
  - / används vanligen inte i matrisssammanhang

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Matrisalgebra

Vad händer om storlekarna inte stämmer?

```
>> A=[1,7;5,3];
>> x = [2; 1];
>> A*x
ans =
 9
 13
```

$$Ax = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ är OK,}$$

men  $xA = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$  fungerar inte

```
>> x*A
??? Error using ==> *
Inner matrix dimensions must agree.
```

Vanliga räkneregler för matriser/vektorer gäller!

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Att bygga ut en matris

Givet  $A = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \end{bmatrix}$  `>> A = [A; 2 1];`

skapa  $A = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 5 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$  alternativt `>> temp = [2 1];`  
`>> A = [A; temp];`

Skilj på rad- respektive kolonnvektorer!

```
>> temp2 = [2;1];
>> A = [A; temp2];
??? Error using ==> vertcat
All rows in the bracketed expression must have the same number of columns.
```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

Informationsteknologi

UPPSALA UNIVERSITET

## Element, rader och kolonner

- Man kan arbeta med enskilda element, rader, kolonner, submatriser

```
>> A(2,1)
ans =
 5
>> A(2,:)
ans =
 5 3
>> A(2,:) = [0 0]
A =
 1 7
 0 0
 2 1
```

Kolon (:) betecknar hel rad respektive hel kolonn

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Delmatriser, kolon-notation**

Delmatriser till matrisen  $A$ ,  $m \times n$  kan skapas snabbt med *kolon-notation*

- $A(:, j)$   $j$ :te kolonnen av  $A$
- $A(i, :)$   $i$ :te raden av  $A$
- $A(i:k, j:m)$  delmatris, rader  $i$ - $k$  och kol  $j$ - $m$

```

A =
 1 7 6
 0 0 5
 2 1 3
>> B = A(2:3,1:2)
B =
 0 0
 2 1

```

Exempel  
Plocka ut denna delmatris

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Generera vektorer**

- Kolonnotation används ofta för att skapa vektorer  
`startvärde: steglängd: slutvärde`  
 om steglängd=1 kan det utelämnas

```

>> vektor = 0:5
vektor =
 0 1 2 3 4 5
>> vektor2 = 0.0:0.05:2.0
>> vektor2 = 0.0:0.05:2.0
vektor2 =
 0.0000 0.0500 0.1000 0.1500 ...
 1.9500 2.0000

```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Generera vektorer**

Kommandot `linspace` skapar också vektorer  
`linspace(startvärde, slutvärde, antal_steg)`

```

>> v = linspace(0,2,10)
v =
 0.0000 0.2222 0.4444 0.6667 0.8889
 1.1111 1.3333 1.5556 1.7778 2.0000

```

Dessa två metoder används t ex när man skapar x-axlar vid grafik

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Speciella matriskommandon**

- Finns inbyggda funktioner för att skapa vanliga (och ovanliga) matriser
- Kan skapa mer avancerade matriser genom kombinationer

```

>> B = ones(2,3)
B =
 1 1 1
 1 1 1
>> eye(2)
ans =
 1 0
 0 1
>> C = zeros(2,2)
C =
 0 0
 0 0

```

`eye(n)` enhetsmatrisen  
`ones(m,n)` ett-matris  
`zeros(m,n)` noll-matris  
`rand(m,n)` slumpmatris  
 + ett stort antal andra

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Elementvisa operationer**

- Operationer, t ex `*`, `/`, `^` kan även utföras *elementvis*

Exempel:

```

B^2 = B*B
men
B.^2 =
 b11^2 b12^2
 b21^2 b22^2

```

```

>> B = [1 7;5 3];
>> B^2
ans =
 36 28
 20 44
>> B.^2
ans =
 1 49
 25 9

```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

**Elementvisa operationer**

- På samma sätt är  $B * C$  "vanlig" matris-multiplikation mellan två matriser medan

$$B \cdot C = \begin{bmatrix} b_{11}c_{11} & b_{12}c_{12} \\ b_{21}c_{21} & b_{22}c_{22} \end{bmatrix}$$

- Ibland kan detta generera fel...

```

>> a = [2 4];
>> a.^2
ans =
 4 16
>> a^2
??? Error using ==> ^
Matrix must be square.

```

Institutionen för informationsteknologi | www.it.uu.se

## Komplexa tal

- Komplexa tal kan skapas med `complex`

```
>> z = complex(1.2, 2.5)
z =
 1.2000 + 2.5000i
```

- ...eller direkt

```
>> z = 1.2 + 2.5i
```

- ...eller skapas i en beräkning

```
>> z = sqrt(-2)
z =
 0 + 1.4142i
```

## Komplexa tal

- Givetvis fungerar vektorer

```
>> z = complex([1.2 -3], [-1 2.5])
z =
 1.2000 - 1.0000i -3.0000 + 2.5000i
```

- Speciella funktioner

- `real(z)` - ger realdelen av  $z$
- `imag(z)` - ger imaginärdelen av  $z$
- `conj(z)` - konjugatet till  $z$
- `abs(z)` - absolutbeloppet av  $z$
- `angle(z)` - fasvinkeln i radianer