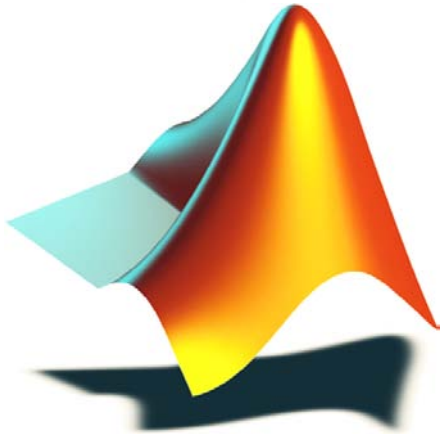


INTELLIGENTE DATENANALYSE IN MATLAB

Einführung in MATLAB

Michael Brückner/Tobias Scheffer

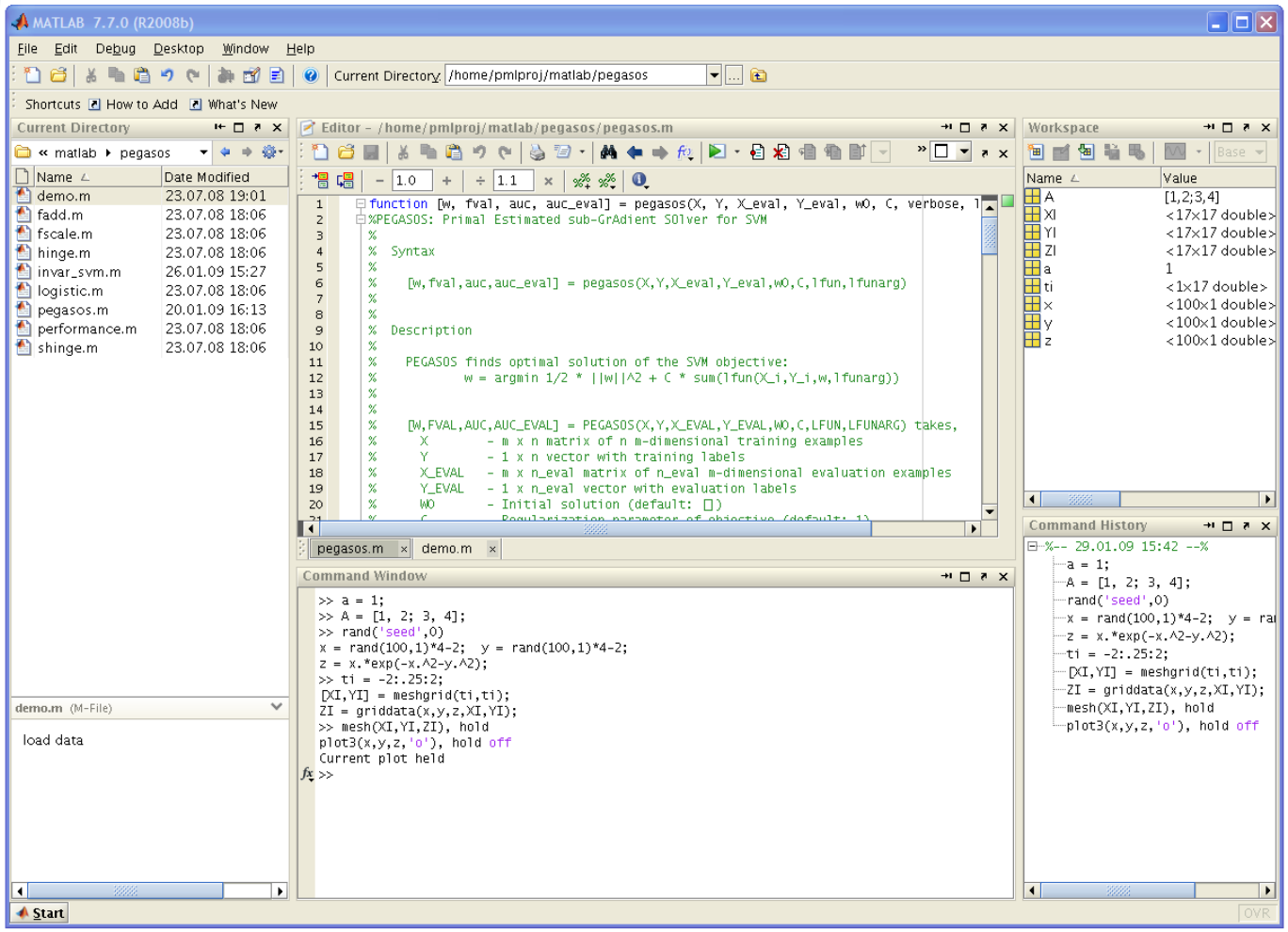
Überblick

- Was ist MATLAB?
  - Abkürzung für „matrix laboratory“.
  - Reines Numerikprogramm für das Rechnen mit großen Zahlenfeldern (arrays) bzw. Matrizen.
  - Interpretersprache.
  - Werkzeug zur Erzeugung von graphischen Darstellungen und –oberflächen.
- Was ist MATLAB nicht ?
  - MATLAB ist eigentlich kein Arithmetikprogramm für symbolisches Rechnen.

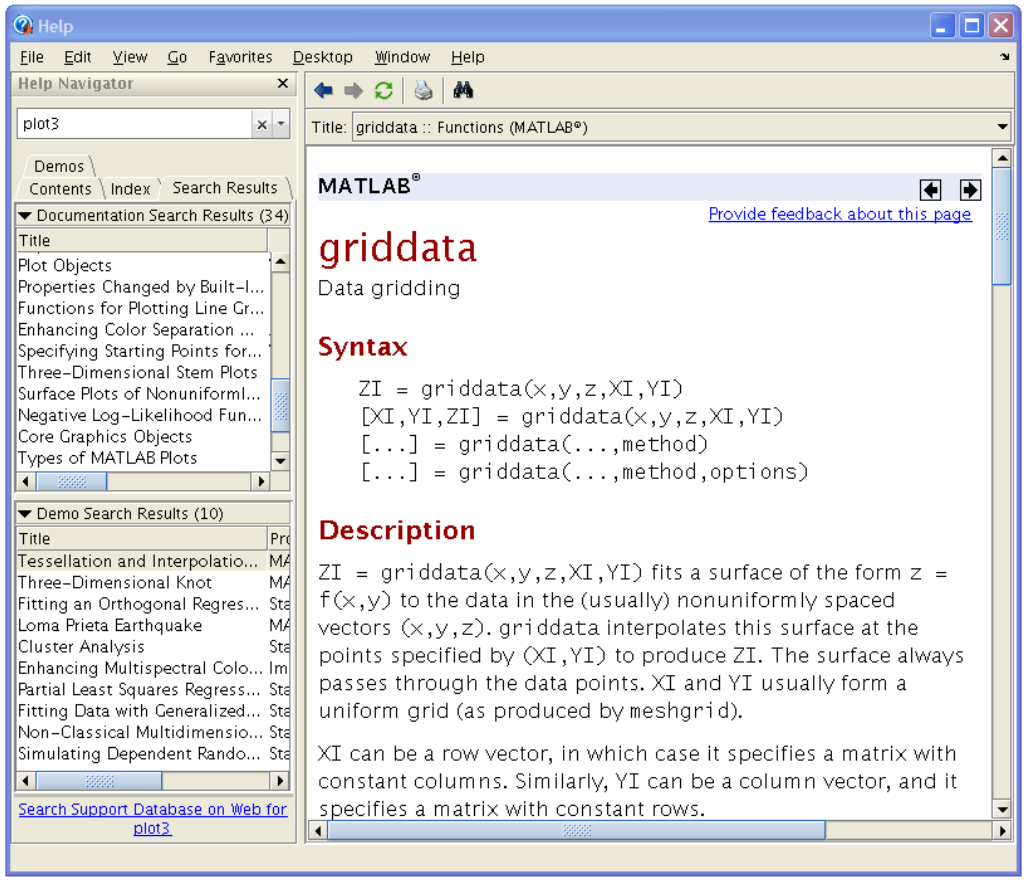
Überblick

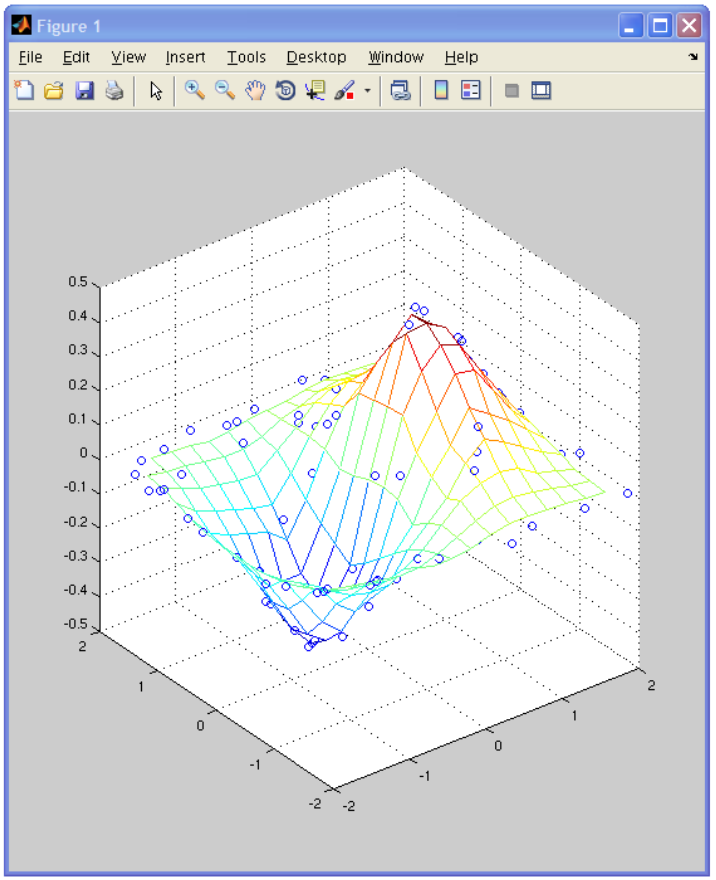
- Warum MATLAB?
  - Einfache Syntax basierend auf dem Matrix-Datentyp.
  - Breites Spektrum mathematischer Funktionen und Algorithmen aus verschiedenen Anwendungsbereichen.
  - Plattformübergreifende Programmiersprache.
  - Einfach zu bedienende Visualisierungsmöglichkeiten.
  - Demos: http://www.mathworks.de/products/matlab/demos.html
- Alternativen?
  - Octave, Scilab
  - R

Arbeitsfenster



Hilfe und Plot-Fenster





Hilfe

- Eines der folgenden Kommandos:

`help`	lists all the help topics
`help topic`	provides help for the specified topic
`help command`	provides help for the specified command
`Helpwin`	opens a separate help window for navigation
`Lookfor keyword`	search all M-files for keyword

- Online resource

Befehle in MATLAB

- Skriptsprache: Eingabe erfolgt durch einen ASCII-Text (.m-File) oder über die Tastatur.
- Skripte mit Parameterübergabe heißen Funktionen.
- Befehl wird nach dem Enter-Zeichen sofort ausgeführt.
- Durch Befehl wird gleichnamiges .m-File gestartet, welches wiederum eine Folge von Befehlen enthält.
  - Jedes selbstgeschriebene Programm erweitert MATLAB um einen neuen Befehl!
- Grundlegende Funktionen sind eingebaut.

Datenstruktur in MATLAB

- Alle Variablen sind mehrdimensionale Felder von Fließkommazahlen doppelter Präzision, Ausnahme:
  - Strings sind 1xN-Felder vom Typ Character (8-Bit-ASCII-Zeichen).
  - In der Bildverarbeitung werden oft Felder von vorzeichenlosen 8-Bit-Ganzzahlen verwendet.
- Dimensionierung zu keiner Zeit erforderlich, aber empfehlenswert!

Daten-/Befehlseingabe

- Eingabe von Skalaren:

```
>> a=2
a=
     2
>> a=sqrt(-16)
a=
     0 + 4.0000i
```

- Ein Semikolon (;) unterdrückt die Ausgabe des Ergebnisses:

```
>> a=1.2345 * 2;
```

- Nachträgliche Abfrage:

```
>> a
a=
     2.4690
```

Daten-/Befehlseingabe

- Eingabe von Vektoren:

```
>> b=[2,4,6,8]
b=
     2     4     6     8
```

Dies ist ein (1x4)-Vektor, also ein Zeilenvektor.

- Im Unterschied dazu ist

```
>> b2=[2;4;6;8]
b2=
     2
     4
     6
     8
```

ein (4x1)-Vektor, also ein Spaltenvektor.

Daten-/Befehlseingabe

- Der Doppelpunkt:

```
>> b=2:2:8
 b=
      2     4     6     8
```

Der „:“ erzeugt Zeilenvektoren. Die Parameter sind Anfang, Schrittweite und Ende der Folge.

- Alternative Befehle:

`linspace`	Vektor mit linear gestaffelten Elementen
`logspace`	Vektor mit logarithmisch gestaffelten El.

- Die Parameter sind Anfang, Ende und Anzahl:

```
>> b2=linspace(1,3,5)
b2 =
    1.00  1.50  2.00  2.50  3.00
```

Daten-/Befehlseingabe

- Eingabe von Matrizen:

```
>> A=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 0]
A=
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     0
```

Dies ist ein (3 x 3)-Matrix.

- Transposition erfolgt mit Apostroph:

```
>> A2 =[1 2 3; 4 5 6; 7 8 0]‘
A2=
     1     4     7
     2     5     8
     3     6     0
```

Teilen von Matrizen; Indices

```
A=1   2   3
  4   5   6
  7   8   0
```

- Lineare Indizierung:

  `>> A(6)` liefert die 8 (spaltenweise Zählung)

- Indizierung über Zeile und Spalte:

  `>> A(2,3)` liefert die 6: Name(Zeile, Spalte)

- Indizierung mit Vektoren:

  `>> A([1,3],2)` hier ist der Index ein Vektor!

  `>> A(2,:)` liefert die gesamte 2. Zeile

  `>> A(:,3)` liefert die gesamte 3. Spalte

Manipulation von Matrizen

- Die Änderung von Werten erfolgt durch Zuweisung mit Indices:

```
>> A(4,4)=28
A =
     1     2     3     0
     4     5     6     0
     7     8     0     0
     0     0     0    28
```

- Beachte: Matrixgröße wird zur Laufzeit automatisch angepasst!
- Informationen über Matrizen (Variablen):

`who, whos`	Welche Variablen gibt es? Größe?
`size(A)`	Dimensionen einer Matrix
`length(v)`	Länge eines Vektors

Matrizen automatisch erzeugen

- Weitere hilfreiche Befehle zum Erzeugen spezieller Matrizen:

`zeros`	Matrix gefüllt mit Nullen
`ones`	Matrix gefüllt mit Einsen
`eye`	Einheitsmatrix
`rand`	Matrix mit zufälligen Elementen (gleichverteilt in [0,1])
`randn`	Matrix mit zufälligen Elementen (normalverteilt)
`magic`	Magisches Quadrat

- Probieren Sie:

```
>> x=rand(1,4)
>> plot(x)
```

Besondere Variable

- Folgende Variablen sind beim Start von MATLAB vorhanden, können aber nachträglich überschrieben werden:

`pi`	= 3.14159...,
`i,j`	imaginäre Einheit
`inf`	unendlich
`NaN`	"not a number"
`eps`	Fließkomma-Rechengenauigkeit (IEEE: 2-52)
`realmax`	größte Fließkommazahl (IEEE: 21024 - 1)
`realmin`	kleinste Fließkommazahl (IEEE: 2-1022)
`computer`	Computertyp und Betriebssystem

Der Arbeitsbereich

- Alle unter dem Prompt „>>“ oder in Skripten erzeugten Variablen liegen im sog. Arbeitsbereich.
- Funktionen haben ihren eigenen, lokalen Arbeitsbereich.
- Abfrage der im Arbeitsbereich befindlichen Variablen:

```
>> who
Your variables are:
a     b     b2    c
```

- Detailliertere Aufstellung: `whos`
- Löschen des Arbeitsbereiches: `clear`

Laden und Speichern

`save`	speichert den gesamten Arbeitsbereich unter matlab.mat im aktuellen Verzeichnis.
`save fname`	speichert den gesamten Arbeitsbereich unter fname.mat im aktuellen Verzeichnis.
`save fname A b`	speichert nur die Variablen A und b unter fname.mat im aktuellen Verzeichnis.
`save A.xyz A -ascii`	speichert Variable A unter A.xyz als ASCII-Tab.
`load`	lädt alle Variablen aus matlab.mat in den Arbeitsbereich.
`load fname`	lädt alle Variablen aus fname.mat in den Arbeitsbereich.
`load A.xyz`	lädt die ASCII-Tabelle A.xyz in die Variable A.

Arithmetische Ausdrücke

- Verknüpfungszeichen für Matrizen:

+	Addition
-	Subtraktion
*	Matrix-Multiplikation
^	Matrix-Potenzierung
/	Matrix-Division
\	Matrix-Linksdivision
'	komplex-konjugierte Transposition

- Elementweise Verknüpfungen:

.*	elementweise Multiplikation
.^	elementweise Potenzierung
./	elementweise Division

Beispiele

Eingabe von Werten

```
>> clear
>> x=[-1 0 2]'

   x=
        -1
         0
         2

>> A=[1 2 3;4 5 6;7 8 0]

   A=
         1         2         3
         4         5         6
         7         8         0

>> c=3;
>>
```

Matrixoperationen

```
>> B=A'
   B=
         1         4         7
         2         5         8
         3         6         0

>> C=A+B
   C=
         2         6        10
         6        10        14
        10        14         0

>> D=A*B

   D=
        14        32        23
        32        77        68
        23        68       113

>>
```

Beispiele

Vektoroperationen I

```
>> x
   x=
        -1
         0
         2

>> y=x-1
   y=
        -2
        -1
         1

>> x'*y
   ans=
         4

>>
```

Vektoroperationen II

```
>> x*y'
   ans=
         2         1        -1
         0         0         0
        -4        -2         2

>> y*x'
   ans=
         2         0        -4
         1         0         2
        -1         0         2

>> pi * x
   ans=
        -3.1416
              0
         6.2832

>>
```

Matrix-„Division“

- „Linksdivision“ in MATLAB:

  `X = A \ B` bedeutet `X = inv(A) * B`

  Hier ist `X` die Lösung von `A * X = B`.
  - Linksdivision definiert, wenn A genauso viele Zeilen hat wie B.
  - Falls die Matrix A quadratisch ist, wird sie nach dem Gaußschen Eliminationsverfahren berechnet.
  - Hat A mehr oder weniger Zeilen als B, dann ist X die Lösung des über- bzw. unterbestimmten Gleichungssystems `A * X = B` im Sinne kleinster Quadrate.
- „Rechtsdivision“ in MATLAB:

  `X = A / B` ist definiert durch `A/B = (B'\A')'`

  Hier ist `X` die Lösung von `X * A = B`.

Beispiel

Matrix-„Division“

```
>> b=A*x
   b=
         5
         8
        -7
>> z=A\b
   z=
        -1
         0
         2
>> any(z == x)
   ans=
         1
>>
```

- Lösen des folgenden Gleichungssystems:

$$
\begin{aligned}
1\,z_1 + 2\,z_2 + 3\,z_3 &= 5 \\
4\,z_1 + 5\,z_2 + 6\,z_3 &= 8 \\
7\,z_1 + 8\,z_2 + 0\,z_3 &= -7
\end{aligned}
$$

```
A=1  2  3     b= 5     x=-1
  4  5  6        8        0
  7  8  0       -7        2
```

- Es ist z gleich x!

Logische Ausdrücke

- Vergleichsoperatoren:

==	gleich
~=	nicht gleich
>	größer
>=	größer-gleich
usw.	

- Logische Verknüpfungen:

&	logisches UND
|	logisches ODER
~	logisches NICHT
xor	logisches EXKLUSIV-ODER

Beispiel

Boolesche Variablen

```
>> L=(A>=5)
   L =
         0     0     0
         0     1     1
         1     1     0

>> B=A(L)
   B =
         7
         5
         8
         6
>>
```

- Ergebnisse von Logik-Operationen werden in 0/1-Matrizen gespeichert.
- Boole-Matrix kann zur Indizierung verwendet werden.

Graphische Darstellung

- MATLAB verfügt über umfangreiche Funktionen zum Erzeugen von graphischen Darstellung:
  - Einfache Darstellung von Messreihen in kartesischen Koordinaten.
  - Polarplots.
  - 3-dimensionale, farbcodierte Pixelbilder.
  - 3D-Flächen mit Höhenlinien.
  - beleuchtete 3D-Flächen mit Schatten und Glanzlichtern.

Graphische Darstellung

- Funktion `plot()` stellt Werte in der xy-Ebene dar.
  Format: `plot(x,y,'symbols')`
- Funktion `plot3()` stellt Werte im xyz-Raum dar.
  Format: `plot3(x,y,z,'symbols')`
- Symbole repräsentieren Farbe, Punkt-/Linienform und -typ.
- Zahlreiche weitere Plot-Befehle:
  `line, axis, view, mesh, surf`

Programmieren in MATLAB

- If/else-Anweisung:

```
if condition
     statements
else
     statements
end
```

- While-Schleife:

```
while condition
     statements
end
```

- „condition“ ist ein Boolscher Ausdruck.

- For-Schleife

```
for counter=first:last
     statements
end
```

- „break“ zum vorzeitigen verlassen einer For- bzw. While-Schleife.
- „continue“ zum Sprung in die nächste Iteration.
- For-Schleifen sollten soweit möglich vermieden werden, da Ausführung relativ langsam!

Funktionen

- Dateiname testfunktion.m
- Dateikopf `function [A, B] = testfunktion(C,D,E);`

```
A = ...
B = ...
```

- Aufruf der Funktion im eigentlichen Programm durch

```
[M, N] = testfunktion (A,B,C);
```

- Aufgaben können in Unterprogramme aufgeteilt werden.
- Jede globale Funktion in einer eigenen Datei.
- Definition von lokale Funktionen innerhalb einer globalen Funktion möglich.

Beispiel

Bisektion

```
function [xvect,xdif,fx,nit] =
   bisect(a,b,toll,nmax,fun)
err=toll+1;
nit=0;
xvect=[];
fx=[];
xdif=[];
while (nit < nmax & err > toll)
    nit=nit+1;
    c=(a+b)/2;
    x=c;
    fc=eval(fun);
    xvect=[xvect;x];
    fx=[fx;fc];
    x=a;
    if (fc*eval(fun) > 0)
      a=c;
    else
      b=c;
    end
    err=abs(b-a);
    xdif=[xdif;err];
end
return
```