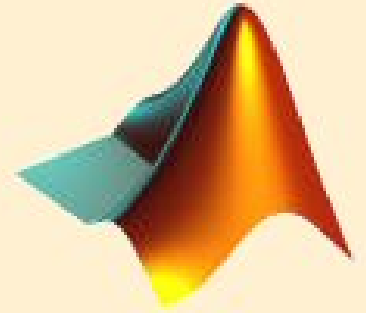

Εισαγωγή στη Matlab

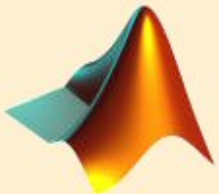


Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τμήμα Μαθηματικών
Μάθημα: Αριθμητική Ανάλυση
Εαρινό Εξάμηνο 2007.

Ιστοσελίδα μαθήματος:
<http://www.math.uoc.gr/~chatzipa/>

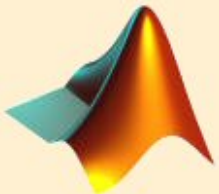
Τι είναι η Matlab ;

- Ολοκληρωμένο Περιβάλλον (PSE)
- Περιβάλλον ανάπτυξης
- Διερμηνευόμενη γλώσσα
- Υψηλή επίδοση
- Ευρύτητα εφαρμογών
- Ευκολία διατύπωσης
- Cross platform (Wintel, Unix, Mac)



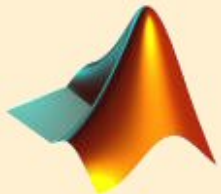
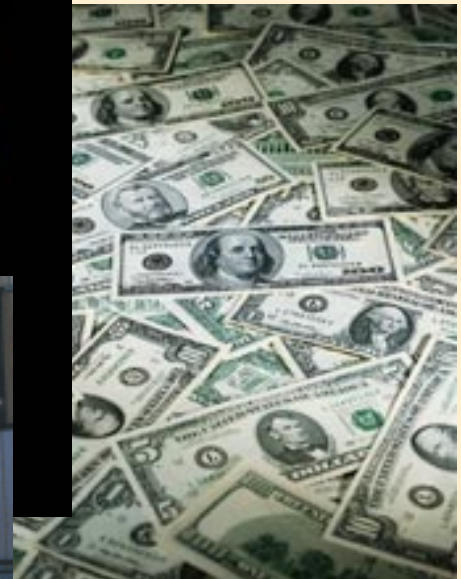
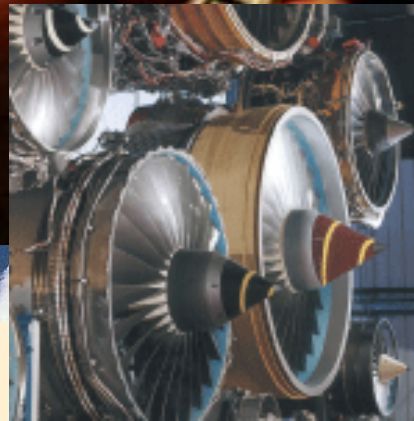
Τυπικές χρήσεις της Matlab

- Αποδοτική υλοποίηση αλγορίθμων
- Επίλυση ΔΕ
- Προσομοίωση φαινομένων
- Αριθμητική ανάλυση, γραμμική άλγεβρα
- Βελτιστοποίηση
- Ανάπτυξη λογισμικού (GUI)
- Επεξεργασία σημάτων



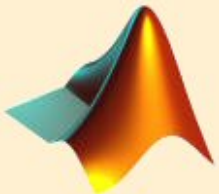
Τυπικές χρήσεις της Matlab (Συνέχεια...)

- Εμπορικές εφαρμογές



Λίγη ιστορία

- 1970's : Ο Cleve Moler γράφει την πρώτη έκδοση σε Fortran
- Αρχικά, εκπαιδευτική χρήση
- Έγινε εμπορική το 1984, Mathworks
- Σήμερα, γραμμένη σε C και Java

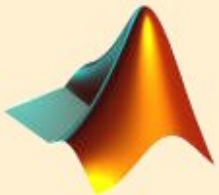


Εναλλακτικές δυνατότητες;

- Maple
- Mathematica
- Octave (GNU)
- Scilab

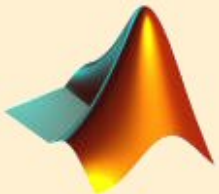
Γιατί χρησιμοποιούμε MATLAB;

<http://www.iecn.u-nancy.fr/~pincon/scilab/bench-scilab-matlab.html>



Τι χρειάζεται για να μάθω Matlab;

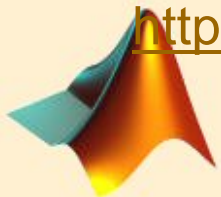
- Όρεξη
- Βασική εξοικείωση με προγραμματισμό
- Εξοικείωση με γραμμική άλγεβρα
- `lookfor <something>`
- `help <function_name>`



Στοιχεία της Matlab

- Matlab: **Matrix Laboratory**
- Βασική δομή της Matlab είναι ο πίνακας
 - Εν γένει μιγαδικά στοιχεία
- Οικογένεια toolboxes (συλλογές εξειδικευμένων συναρτήσεων), π.χ.
 - PDE Toolbox
 - Statistics Toolbox
 - Image Processing Toolbox ...

http://www.mathworks.com/products/product_listing/index.html



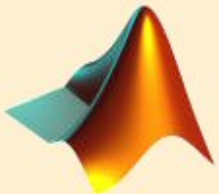
Περιβάλλον της Matlab

- Command Window
- Workspace: Μεταβλητές
- Command history
- Current directory
- Help
- Profiler
- Editor (`>> edit`)
- Demos (`>> demos`)



Εισαγωγή και έξοδος από τη Matlab

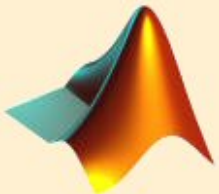
- Έναρξη του περιβάλλοντος
- Εμφάνιση της προτροπής >>
- Έξοδος: >> `quit`
- Έξοδος: >> `exit`
- Η έξοδος είναι καταστροφική!



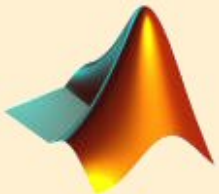
Σύνταξη

■ Παραδείγματα

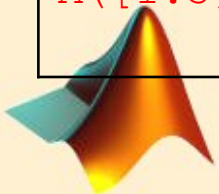
Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
$2 + 3$ $7 - 5$ $34 * 212$ $1234 / 5786$ 2^5	<code>ans = 5</code> <code>ans = 2</code> <code>ans = 7208</code> <code>ans = 0.2173</code> <code>ans = 32</code>	Το τελικό αποτέλεσμα αποθηκεύεται στην default μεταβλητή <code>ans</code> αν δεν το αναθέσουμε αλλού
<code>a = sqrt(2)</code>	<code>a = 1.4142</code>	Ανάθεση στη μεταβλητή <code>a</code>



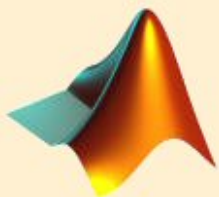
<pre>b = a, pi, 2 + 3i</pre>	<pre>b = 1.4142 ans = 3.1416 ans = 2.0000 + 3.0000i</pre>	<p>Τα κόμματα μπορούν να διαχωρίζουν διαφορετικές εντολές στην ίδια γραμμή</p>
<pre>c = sin(pi) eps</pre>	<pre>c = 1.2246e-016 ans = 2.2204e-016</pre>	<p>Το <code>eps</code> είναι το έψιλον της μηχανής</p>
<pre>d = [1 2 3 4 5 6 7 8 9] e = [1:9] f = 1:9</pre>	<pre>d = 1 2 3 4 5 6 7 8 9 e = 1 2 3 4 5 6 7 8 9 f = 1 2 3 4 5 6 7 8 9</pre>	<p>Διαφορετική αρχικοποίηση – Ίδια διανύσματα</p>
<pre>g = 0:2:10 f(3) f(2:7) f(:)</pre>	<pre>g = 0 2 4 6 8 10 ans = 3 ans = 2 3 4 5 6 7 1 2 3 4 5 6 7 8 9</pre>	<p>Χρήσεις του τελεστή :</p>



<pre>h = [1 2 3]; h'</pre>	<pre>(nothing) ans = 1 2 3</pre>	<p>Το ελληνικό ερωτηματικό αποτρέπει την εμφάνιση του υπολογιζόμενου αποτελέσματος. Η απόστροφος οδηγεί στο ανάστροφο πίνακα.</p>
<pre>h * h' h .* h h + h</pre>	<pre>ans = 14 ans = 1 4 9 ans = 2 6 8</pre>	<p>Πολλαπλασιασμός πινάκων και πολλαπλασιασμός πινάκων στοιχείο προς στοιχείο (Χρήσιμο!)</p>
<pre>g = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]</pre>	<pre>g = 1 2 3 4 5 6 7 8 9</pre>	<p>Εισαγωγή πίνακα.</p>
<pre>g(2,3) g(3,:) g(2,3) = 4 A([1:3],[2:4]) A([1:3],:)</pre>	<pre>ans = 6 ans = 7 8 9 g = 1 2 3 4 5 4 7 8 9</pre>	<p>Πρόσβαση σε στοιχεία πίνακα. Προσοχή: Επιλογή στηλών και γραμμών!</p>

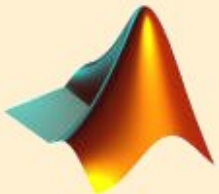


Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
<code>g^2</code>	<pre>ans = 30 36 42 66 81 96 102 126 150</pre>	Ύψωση πίνακα σε δύναμη και ύψωση στοιχείων πίνακα.
<code>g .^ 2</code>	<pre>ans = 1 4 9 16 25 36 49 64 81</pre>	



Έλεγχος εξόδου (όχι υπολογισμών!)

- `format`
 - Matlab: Αριθμητική διπλής/μονής ακρίβειας
 - Απόσταση γραμμών : `format compact/loose`
 - 15 ψηφία: `format long`
 - 5 ψηφία: `format short`
- `help format`



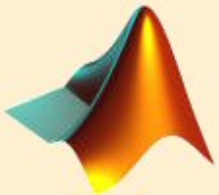
Μεταβλητές

- Κατάσταση session

- >> who (name)

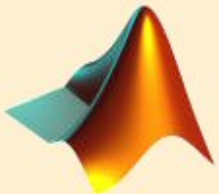
- >> whos (name, size, bytes, class)

- Case sensitive!



Πίνακες στη Matlab

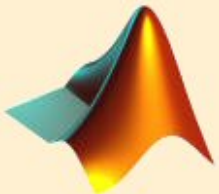
- Built-in συναρτήσεις
- Απευθείας προγραμματισμός
- Από .mat αρχεία



Πίνακες στη Matlab

■ Built-in δομές μητρώων

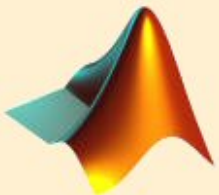
Input	Output	Comments
<code>rand(2)</code>	<code>ans = 0.9501 0.6068</code> <code>0.2311 0.4860</code>	Τιμές ομοιόμορφα κατανεμημένες
<code>rand(2,3)</code>	<code>ans = 0.8913 0.4565 0.8214</code> <code>0.7621 0.0185 0.4447</code>	
<code>zeros(2)</code>	<code>ans = 0 0</code> <code>0 0</code>	Μηδενικά
<code>ones(2)</code>	<code>ans = 1 1</code> <code>1 1</code>	
<code>eye(2)</code>	<code>ans = 1 0</code> <code>0 1</code>	I (ταυτοτικός πίνακας)
<code>hilb(3)</code>	<code>ans = 1.0000 0.5000 0.3333</code> <code>0.5000 0.3333 0.2500</code> <code>0.3333 0.2500 0.2000</code>	Πίνακας Hilbert (<code>cond >> 1</code>)



Πίνακες στη Matlab (Συνέχεια...)

■ Built-in δομές μητρώων

Input	Output	Comments
<code>randn(2,3)</code>	<code>ans = -0.4326 0.1253 -1.1465 -1.6656 0.2877 1.1908</code>	Τιμές κανονικά Κατανεμημένες
<code>A = sparse(n,n)</code>	<code>A= All zero sparse: 3-by-3</code>	Αραιή δομή πίνακα
<code>toeplitz([1 2 3])</code>	<code>ans = 1 2 3 2 1 2 3 2 1</code>	Δομή Toeplitz
<code>vander([1 2 3])</code>	<code>ans = 1 1 1 4 2 1 9 3 1</code>	Δομή Vandermonde

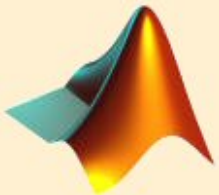


Χειρισμός Πινάκων

- Παράθεση
 - Αναδρομική κατασκευή πινάκων
 - Έστω:

```
a = [1 2; 3 4]
```

```
a = 1 2  
     3 4
```



Χειρισμός Πινάκων (Συνέχεια...)

Input

```
[a, a, a]
```

```
[a; a; a]
```

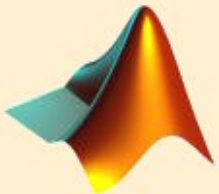
```
[a, zeros(2); zeros(2), a']
```

Output

```
ans = 1 2 1 2 1 2  
      3 4 3 4 3 4
```

```
ans = 1 2  
      3 4  
      1 2  
      3 4  
      1 2  
      3 4
```

```
ans = 1 2 0 0  
      3 4 0 0  
      0 0 1 3  
      0 0 2 4
```



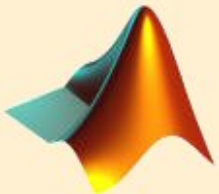
Χειρισμός Πινάκων (Συνέχεια...)

■ Απευθείας χειρισμός

□ Με for loops

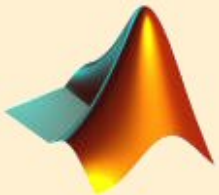
```
for i=1:10,  
    for j=1:10,  
        t(i,j) = i/j;  
    end  
end
```

□ Ελληνικό ερωτηματικό!



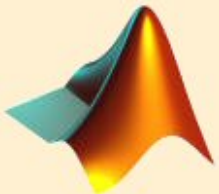
Πράξεις μεταξύ των Πινάκων

- $A+A$
- $A-A$
- $A*A$ (διάσταση!)
- A/B ($X*B = A$)
- $A\b b$ ($Ax = b$)
- `.<operand>` : Στοιχείο προς στοιχείο



Βαθμωτοί

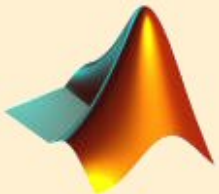
- Όλα είναι πίνακες (ακόμα και αν είναι 1×1)!
- `help elfun` (elementary functions)
- `help elmat` (elementary matrix functions)



Βαθμωτοί

■ Παραδείγματα

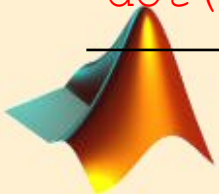
Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
<code>b=2</code>	<code>b=2</code>	Βαθμωτός
<code>a + b</code>	<code>ans = 3 4</code> <code>5 6</code>	Στοιχείο προς στοιχείο
<code>a * b</code>	<code>ans = 2 4</code> <code>6 8</code>	Στοιχείο προς στοιχείο
<code>a ^ b</code>	<code>ans = 7 10</code> <code>15 22</code>	Δύναμη!
<code>a .^ b</code>	<code>ans = 1 4</code> <code>9 16</code>	Στοιχείο προς στοιχείο



Διανύσματα

- `size(A,1) = 1` ή `size(A,2) = 1`

Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
<code>v = [1 2 3]</code> <code>u = [3 2 1]</code>	<code>v = 1 2 3</code> <code>u = 3 2 1</code>	Διανύσματα
<code>length(v)</code>	<code>Ans = 3</code>	Μήκος
<code>v * u</code>	<code>Error</code>	Διαστάσεις!
<code>v * u'</code>	<code>ans = 10</code>	Εσωτερικό γινόμενο
<code>dot(v,u)</code>	<code>ans = 10</code>	Εσωτερικό γινόμενο (dot)

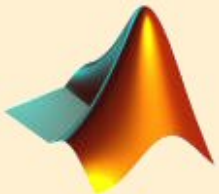


Συναρτήσεις Πινάκων

■ Ενσωματωμένες

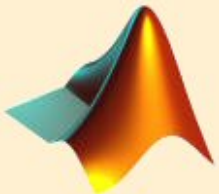
□ `help matfun`

Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
<pre>k = [16 2 3; 5 11 10; 9 7 6]</pre>	<pre>k = 16 2 3 5 11 10 9 7 6</pre>	
<pre>eig(k)</pre>	<pre>Ans = 22.4319, 11.1136, - 0.5455</pre>	Ιδιοτιμές
<pre>rank(k)</pre>	<pre>ans = 3</pre>	Τάξη
<pre>det(k)</pre>	<pre>ans = -136</pre>	Ορίζουσα



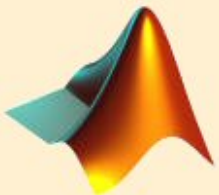
Συναρτήσεις Πινάκων (Συνέχεια...)

Είσοδος	Έξοδος	Σχόλια
<code>inv(k)</code>	<pre>ans = 0.0294 -0.0662 0.0956 -0.4412 -0.5074 1.0662 0.4706 0.6912 -1.2206</pre>	Αντίστροφο
<code>[vec, val] = eig(k)</code>	<pre>vec = -0.4712 -0.4975 -0.0621 -0.6884 0.8282 -0.6379 -0.5514 0.2581 0.7676 val = 22.4319 0 0 0 11.1136 0 0 0 -0.5455</pre>	Ιδιοδιανύσματα, Ιδιοτιμές
<code>s = svd(k)</code>	<pre>s = 23.5497 11.2316 0.5142</pre>	Ιδιάζουσες τιμές



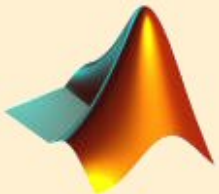
Γραμμικά συστήματα

- $Ax = b$
 - $x = A \setminus b$
- $[L, U] = \text{lu}(A)$
- $\text{chol}(A)$
- $\text{cond}(A)$
- $\text{qr}(A)$
- $\text{svd}(A)$ ή $\text{svds}(A)$



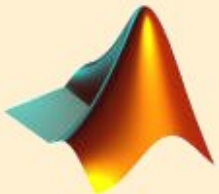
Αποθήκευση Πινάκων

- Αποθήκευση `session` και μεταβλητών `.mat`
 - `save mysession ή`
 - `save mysession var1 var2 ...`
- Ανάκτηση `session`
 - `load mysession`
- `save > clear > whos > load > whos`



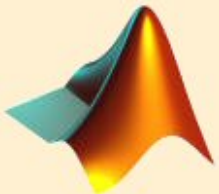
Προγραμματισμός στη Matlab

- M-files (κώδικας)
 - Functions (return value-s, local workspace)
 - Scripts
- Κλήση από command
- **Όνομα αρχείου Vs. Όνομα συνάρτησης**
- Κλήση χωρίς το .m!
- `type <function_name>`



Πλοήγηση στη Matlab

- `dir / ls`
- `pwd`
- `cd <directory>`
- `which <function>`
- `path`
- `pathtool`



Δομή συνάρτησης

```
Function [o1,o2,o3,...] = name(i1, i2, i3, ...)
```

```
% Comments
```

•

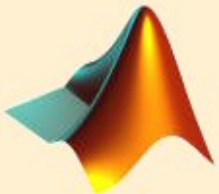
•

```
Code
```

•

•

Κλήση με το όνομα αρχείου!



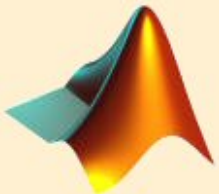
Κλήση συνάρτησης

```
>> name
```

Τι γίνεται;

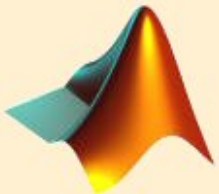
- Αναζήτηση μεταβλητής στο τρέχον workspace
- Αναζήτηση built-in μεταβλητής
- Αναζήτηση built-in αρχείου
- Αναζήτηση αρχείου στο τρέχον directory
- Αναζήτηση αρχείου στο σύνολο των paths

Υπερφόρτωση συνάρτησης!



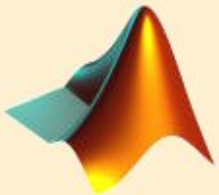
Κοινές προγραμματιστικές δομές

- Έλεγχος ροής (`if`, `switch`)
- Δομές επανάληψης (`for`, `while`)
- Εντολές διακοπής επανάληψης (`break`, `continue`)



Δομή if...elseif...else...end

```
If A > B
    'greater'
elseif A < B
    'less'
elseif A == B
    'equal'
else error('Unexpected situation')
end
```



Λογικοί και σχεσιακοί τελεστές

■ Σχεσιακοί τελεστές (μεταξύ arrays)

== (ισότητα)

~= (ανισότητα)

< (μικρότερο)

<= (μικρ. ή ίσο)

> (μεγαλύτερο)

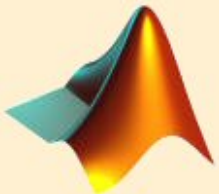
>= (μεγαλ. ή ίσο)

■ Λογικοί τελεστές

& (and)

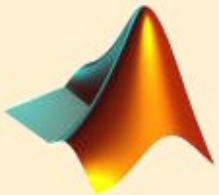
| (or)

~ (not)



Δομή for...end

```
% Hilbert matrix!!  
for i = 1:m  
    for j = 1:n  
        H(i,j) = 1/(i+j-1)  
    end  
end
```



Ζητήματα χρόνου

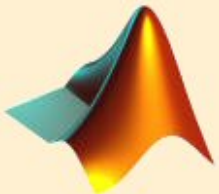
- Προσοχή στον τρόπο δόμησης του κώδικα

slow.m

```
tic;  
x=-10000:0.5:10000;  
for ii=1:length(x)  
    if x(ii)>=0,  
        s(ii)=sqrt(x(ii));  
    else  
        s(ii)=0;  
    end;  
end;  
toc
```

fast.m

```
tic  
x=-10000:0.5:10000;  
s=sqrt(x);  
s(x<0)=0;  
toc
```



Ζητήματα χρόνου (Συνέχεια...)

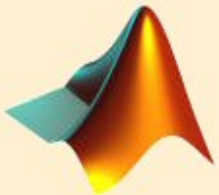
- Τι γίνεται αν ο υπολογισμός είναι πολύ γρήγορος;

`i naccurate.m`

```
tic;  
eig(rand(10));  
toc
```

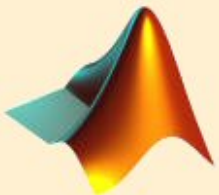
`accurate.m`

```
tic;  
for i=1:10000  
    eig(rand(10));  
end  
toc/10000
```



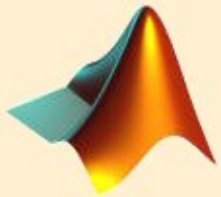
Διδάγματα

- Χρησιμοποιήστε διανυσματικές εντολές της Matlab αντί για βρόχους!
- Κάντε pre-allocate την μνήμη αντί για δυναμικό allocation!
- Profiler: χρήσιμες πληροφορίες για το πρόγραμμα!!!



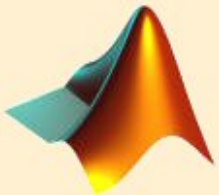
Profiling

```
profile on  
function  
profile report  
profile off
```



Γραφικά στη Matlab

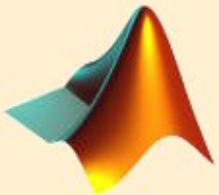
- 2-D γραφικά (plot, subplot, semilog[x|y], loglog, bar, hist, pie)
- 3-D γραφικά (plot3, bar3, hist3, pie3, mesh, surf)



Plot

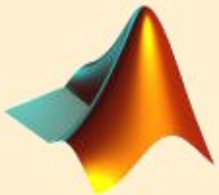
```
x = 0 : .01 : 2*pi;  
y = sin(x);  
plot(x,y)
```

```
y2 = sin(x-.25)  
y3 = sin(x-.5)  
plot(x,y,x,y2,x,y3)  
% at the same time!
```



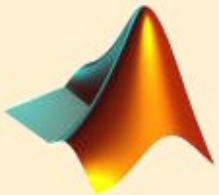
Plot - Pie

- `hold on`
- `subplot(m,n,1...mn); plot(...)`
- `plot(x,y,'rx')`
- `pie(1:7)`



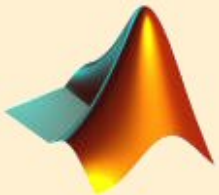
Mesh

```
A = zeros(32);  
A(14:16,14:16) = ones(3);  
F=abs(fft2(A));  
mesh(F)  
Rotate3d on
```



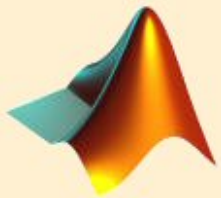
Movie!

```
logo;  
fr=40;  
dtheta=360/fr;  
for frame = 1:fr,  
    camorbit(dtheta,0)  
    M(frame) = getframe(gcf);  
end  
movie(M);
```



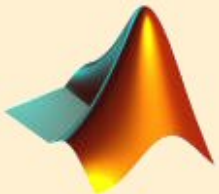
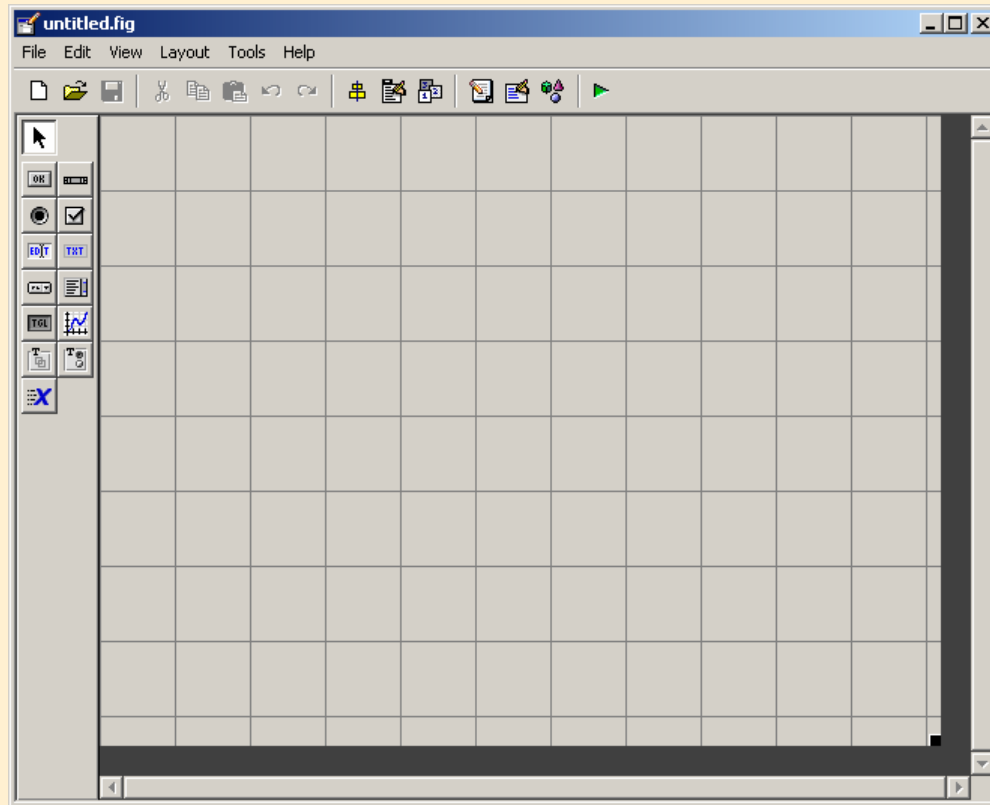
Επεξεργασία εικόνων

```
X = imread(filename)  
image(X)
```



Σχεδίαση γραφικών διεπαφών

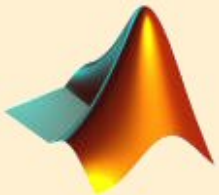
>> guide



Σχεδίαση γραφικών διεπαφών (Συνέχεια...)

uicontrol's

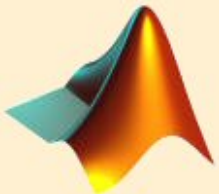
- ❑ push, radio buttons
- ❑ check boxes
- ❑ sliders
- ❑ panels
- ❑ listboxes
- ❑ ...



Σχεδίαση γραφικών διεπαφών (Συνέχεια...)

- `>> guide...`
- ... σχεδίαση GUI...
- ... `save ...` δημιουργία `.m file ...`
- ... προγραμματισμός GUI

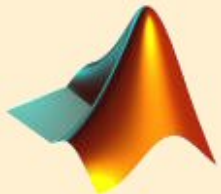
Παραδείγματα σε manual της MATLAB



Παράλληλος/Κατανεμημένος Υπολογισμός στη MATLAB



- Υποστήριξη MPI



Άλλες χρήσιμες συναρτήσεις-δομές

- textread, strread, strcat, regexp, num2str, dec2bin, sprintf, ...
- find, unique, union, intersect, ...
- eval
- flops: δεν υποστηρίζονται πλέον
 - http://www.mathworks.com/company/newsletters/news_notes/clevescorner/winter2000.cleve.html

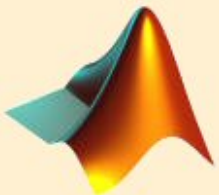
εναλλακτικά ΡΑΡΙ:

- <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=5445>
- xxxdlg commands
- cells



Αναφορές

- Gooooogle!!
 - <http://www.google.com>
- Εύκολη εισαγωγή στη Matlab από τον Mark Gockenbach
 - <http://www.math.mtu.edu/~msgocken/intro/intro.html>
- Βιβλίο του Cleve Moller: Numerical Computing with MATLAB.
 - <http://www.mathworks.com/moller/chapters.html>
- Tutorial από τη Mathworks
 - http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/learn_matlab/learn_matlab.shtml
- Tutorial με πολλές παραπομπές
 - <http://www.glue.umd.edu/~nsw/ench250/matlab.htm>
- Από το πανεπιστήμιο της Alberta
 - <http://www.ualberta.ca/CNS/RESEARCH/Courses/2003/MathPackages/Matlab/Matlab.Vis.Jon.index.html>
- Γραφικά στη Matlab
 - <http://www.ucalgary.ca/~appinst/doc/matlabhelp/techdoc/umg/chintro.html>
- Η «απόλυτη» αναφορά
 - *Mastering MATLAB 6*, D.Hanselman και B.R. Littlefield, Prentice Hall
- Matlab guide
 - *MATLAB Guide*, D.J. Higham και N.J. Higham, SIAM



Credits

- Mikael Johansson and Frank Lingelbach
Department of Signals, Sensors and Systems, Linköping University
- Darryl Reid

