



Γλώσσες Προγραμματισμού

Εισαγωγή στο Matlab/Octave

Χαρά Πρασά, chprassa@gmail.com

Acknowledgments

➤ Ένα μέρος αυτών των σημειώσεων έχει βασιστεί στις σημειώσεις του κ. Δανιήλ Γιαμουρίδη "Financial Modeling with Matlab" Lecture notes, και στα βιβλία 'Χρηματοοικονομικές εφαρμογές με το Matlab' (Αχιλλέας Ζαπράνης, Ευστράτιος Λιβάνης) και 'Μάθετε το Matlab 7' (Duane Hanselman, Bruce Littlefield).

- Το Matlab (*Matrix laboratory*) έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία Mathworks Inc. και αποτελεί ένα από τα πλέον σύγχρονα μαθηματικά λογισμικά πακέτα με ευρεία χρήση σε πανεπιστημιακά μαθήματα αλλά και ερευνητικές και άλλες εφαρμογές με επιστημονικούς υπολογισμούς.
- Πρόκειται για ένα διαδραστικό λογισμικό το οποίο ενσωματώνει σε ένα εύχρηστο και λειτουργικό περιβάλλον μαθηματικούς υπολογισμούς, οπτικοποίηση και προγραμματισμό.
- Οι εργαλειοθήκες (Toolboxes) που διαθέτει το Matlab, οι οποίες αποτελούνται από συναρτήσεις του Matlab (M-files), καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων και επιτρέπουν την επίλυση προβλημάτων σε τεχνικούς, επιστημονικούς, υπολογιστικούς και μαθηματικούς τομείς.
- Είναι σχεδιασμένο για την αριθμητική επίλυση προβλημάτων σε αριθμητική πεπερασμένης ακρίβειας (finite-precision arithmetic). Σε αντίθεση με τα λογισμικά Maple και Mathematica, το Matlab στις αρχικές του εκδοχές δεν έκανε συμβολικούς υπολογισμούς. Στις νεότερες εκδοχές του, το πακέτο περιλαμβάνει εργαλειοθήκες που επιτρέπουν συμβολικούς υπολογισμούς.

Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

❖ Μια πληθώρα πληροφοριών τόσο για αρχάριους όσο και προχωρημένους είναι διαθέσιμη στην επίσημη ιστοσελίδα του Matlab:

<https://www.mathworks.com>

❑ Για να χρησιμοποιήσουμε το Matlab πρέπει πρώτα να το εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή μας.

• Μπορούμε να αποκτήσουμε μια δοκιμαστική έκδοση (διάρκειας 30 ημερών) του προγράμματος στην επίσημη ιστοσελίδα χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού μας ταχυδρομείου (e-mail):

<https://www.mathworks.com/programs/trials/>

• Εναλλακτικά, μπορούμε να αγοράσουμε την ειδική **φοιτητική έκδοση** μέσω της ιστοσελίδας:

<https://www.mathworks.com/products/matlab/student.html>

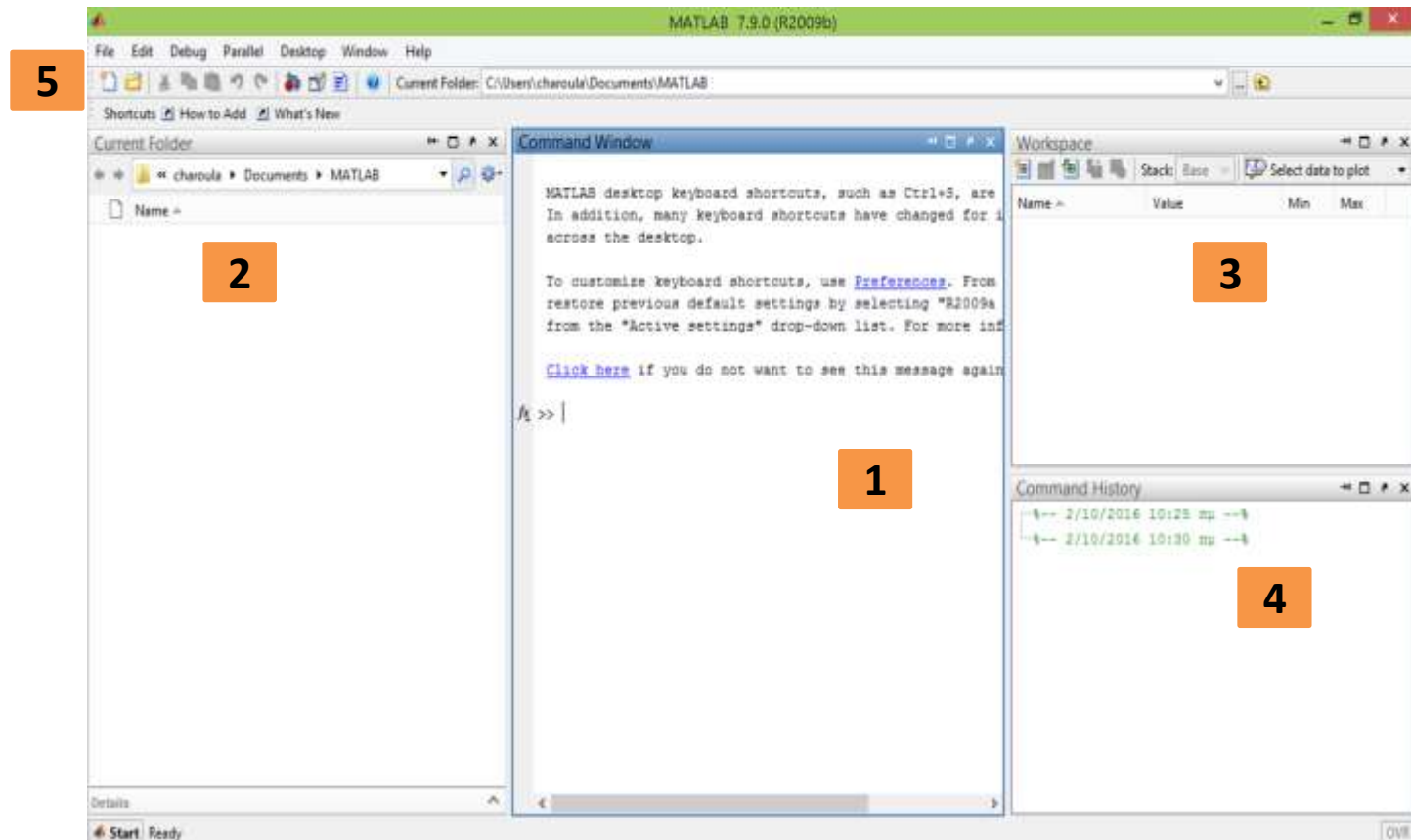
Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- Το Matlab εξακολουθεί να εξελίσσεται ως εργαλείο λογισμικού, για το λόγο αυτό θα συναντήσετε πολλές εκδόσεις του ίδιου προγράμματος, (στο εργαστήριο του τμήματος Λογιστικής & Χρηματοοικονομικής, είναι εγκατεστημένες οι εκδόσεις R2010a και R2014b του Matlab, ενώ από την επίσημη ιστοσελίδα μπορείτε να αποκτήσετε την έκδοση R2022b). Όπου είναι απαραίτητο θα επισημάνουμε τις διαφορές μεταξύ των εκδόσεων αν και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν υπάρχουν ιδιαίτερες αλλαγές.
- Το εικονίδιο του πακέτου για την έκδοση R2010a είναι το ακόλουθο:



Μπορούμε να ξεκινήσουμε το πρόγραμμα με **διπλό κλικ** πάνω στο εικονίδιο αυτό.

Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab



1. Παράθυρο εντολών (Command Window)
2. Τρέχων κατάλογος (Current directory)
3. Χώρος εργασίας (Workspace)
4. Ιστορικό εντολών (Command History)
5. Editor (διορθωτής κειμένου για τη δημιουργία αρχείων M)

1. **Παράθυρο εντολών:** Το παράθυρο εντολών αποτελεί το βασικό εργαλείο για την εισαγωγή δεδομένων, την εκτέλεση συναρτήσεων και την απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Οι εντολές εισάγονται σε αυτό το παράθυρο μετά την προτροπή (prompt) `>>`.
2. **Τρέχων κατάλογος:** Το παράθυρο αυτό εμφανίζει τα περιεχόμενα του τρέχοντος καταλόγου. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον τρέχοντα κατάλογο, να ανοίξει και να επεξεργαστεί τα αρχεία και τις μεταβλητές που εμφανίζονται σε αυτόν καθώς και τις μεταβλητές που υπολογίζονται στο χώρο εργασίας.
3. **Χώρος εργασίας:** Το παράθυρο αυτό παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις μεταβλητές και τα χαρακτηριστικά τους οι οποίες αποθηκεύονται σε έναν πρόχειρο χώρο μνήμης κατά την εκτέλεση μιας εργασίας στο Matlab.
4. **Ιστορικό εντολών:** Το παράθυρο αυτό εμφανίζει τις πρόσφατες εντολές που έχουμε εισάγει στο παράθυρο εντολών.

Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- ❑ Για να κλείσετε κάθε ένα από τα τέσσερα παράθυρα τα επιλέγετε και πληκτρολογείτε **Ctrl+W**. Εναλλακτικά, με κλικ στο τετραγωνίδιο [X] που βρίσκεται πάνω δεξιά σε κάθε παράθυρο.

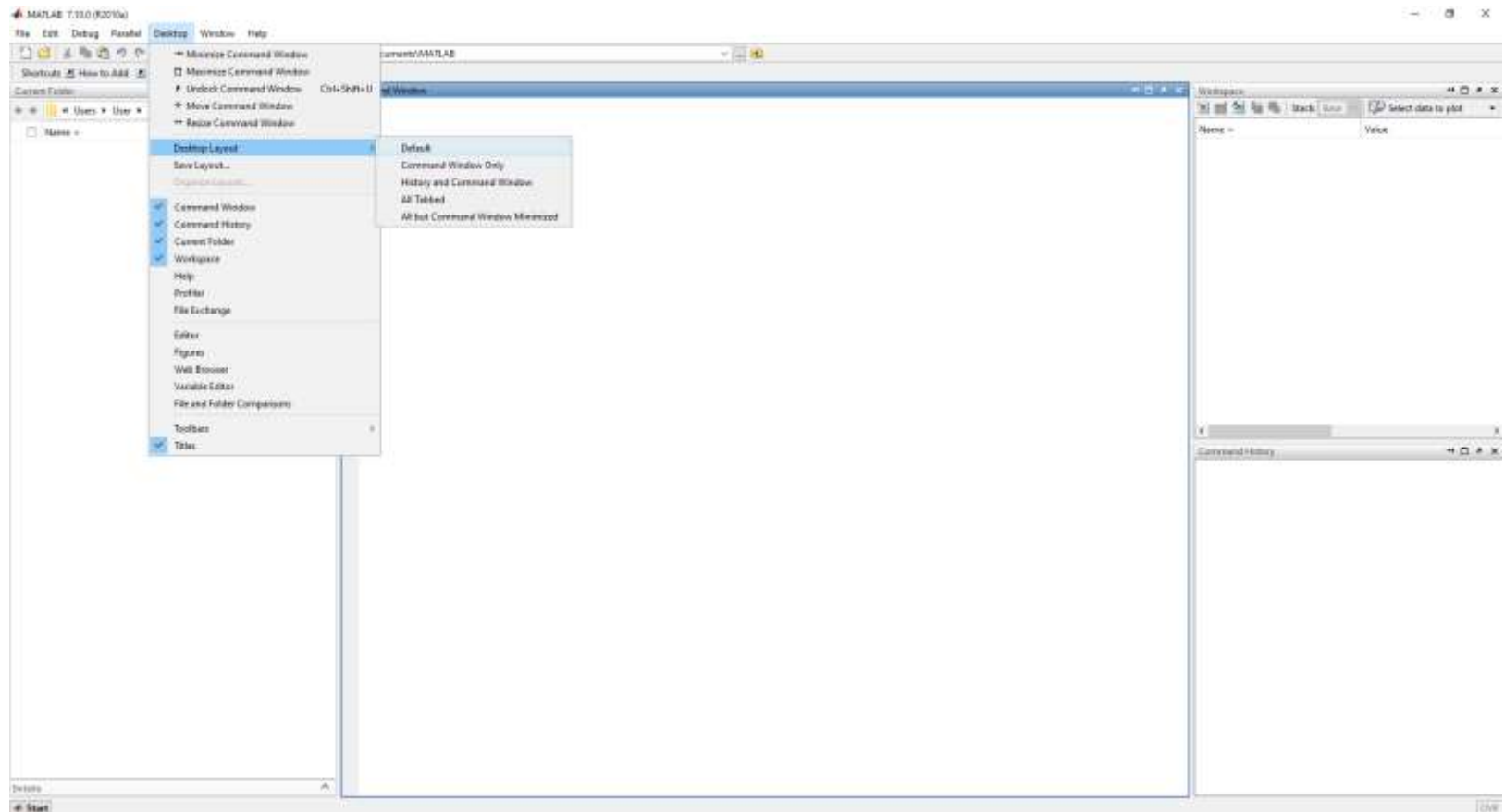
- ❑ Για επανεμφάνιση του παραθύρου εντολών ⇨ εντολή **commandwindow**
- ❑ Για επανεμφάνιση του τρέχοντος κατάλογου ⇨ εντολή **filebrowser**
- ❑ Για επανεμφάνιση του χώρου εργασίας ⇨ εντολή **workspace**
- ❑ Για επανεμφάνιση του ιστορικού εντολών ⇨ εντολή **commandhistory**

- Εναλλακτικά, επιλέγετε **Start** → **Desktop Tools** → **Command History / Current Folder / Workspace**

ή
- επιλέγετε στη γραμμή εργαλείων **Desktop** → **Command Window / Command History / Current Folder / Workspace**

Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- Για να επανέλθετε στην προκαθορισμένη (default) διάταξη του χώρου εργασίας του Matlab, επιλέγετε **Desktop** \Rightarrow **Desktop Layout** \Rightarrow **Default**



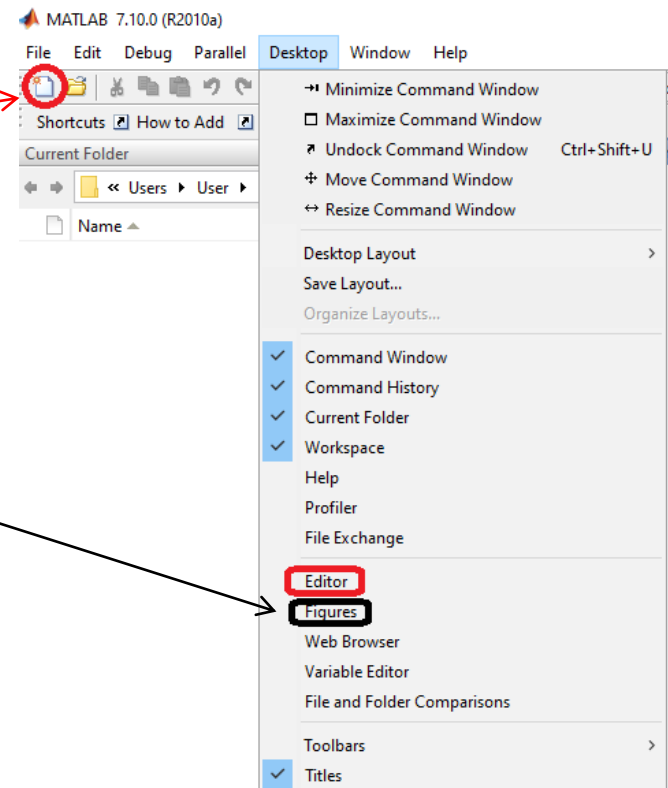
Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- ❑ Κατά τη διάρκεια μιας εργασίας στη MATLAB μπορεί να εμφανιστούν αυτόματα και άλλα παράθυρα όταν αυτό απαιτείται όπως **παράθυρα κειμένου (document windows)**, **παράθυρα γραφικών (graphics windows)** και **παράθυρα σύνταξης αρχείων (editing windows)**.

>> doc ⇨ άνοιγμα παραθύρου κειμένου (help browser)

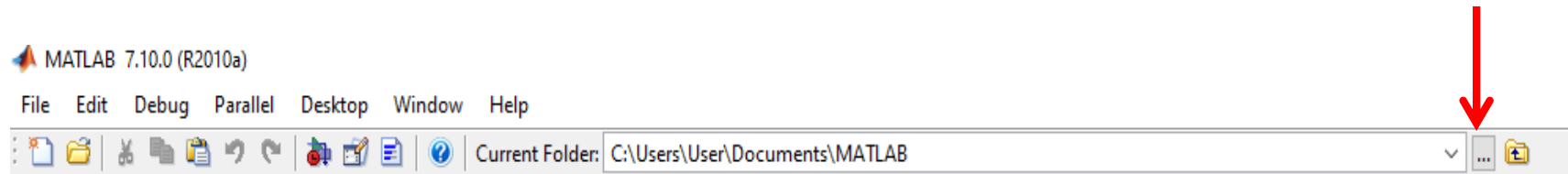
- Επιλέγετε **Desktop** ⇨ **Editor**
(άνοιγμα παραθύρου σύνταξης αρχείων)

- Επιλέγετε **Desktop** ⇨ **Figures**
(άνοιγμα παραθύρου γραφικών)



Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- Μπορείτε να αλλάξετε τον τρέχοντα φάκελο επιλέγοντας τον προσωπικό σας φάκελο ακολουθώντας την κατάλληλη διαδρομή (path) από το τετραγωνίδιο που δείχνει το βέλος στο ακόλουθο σχήμα:



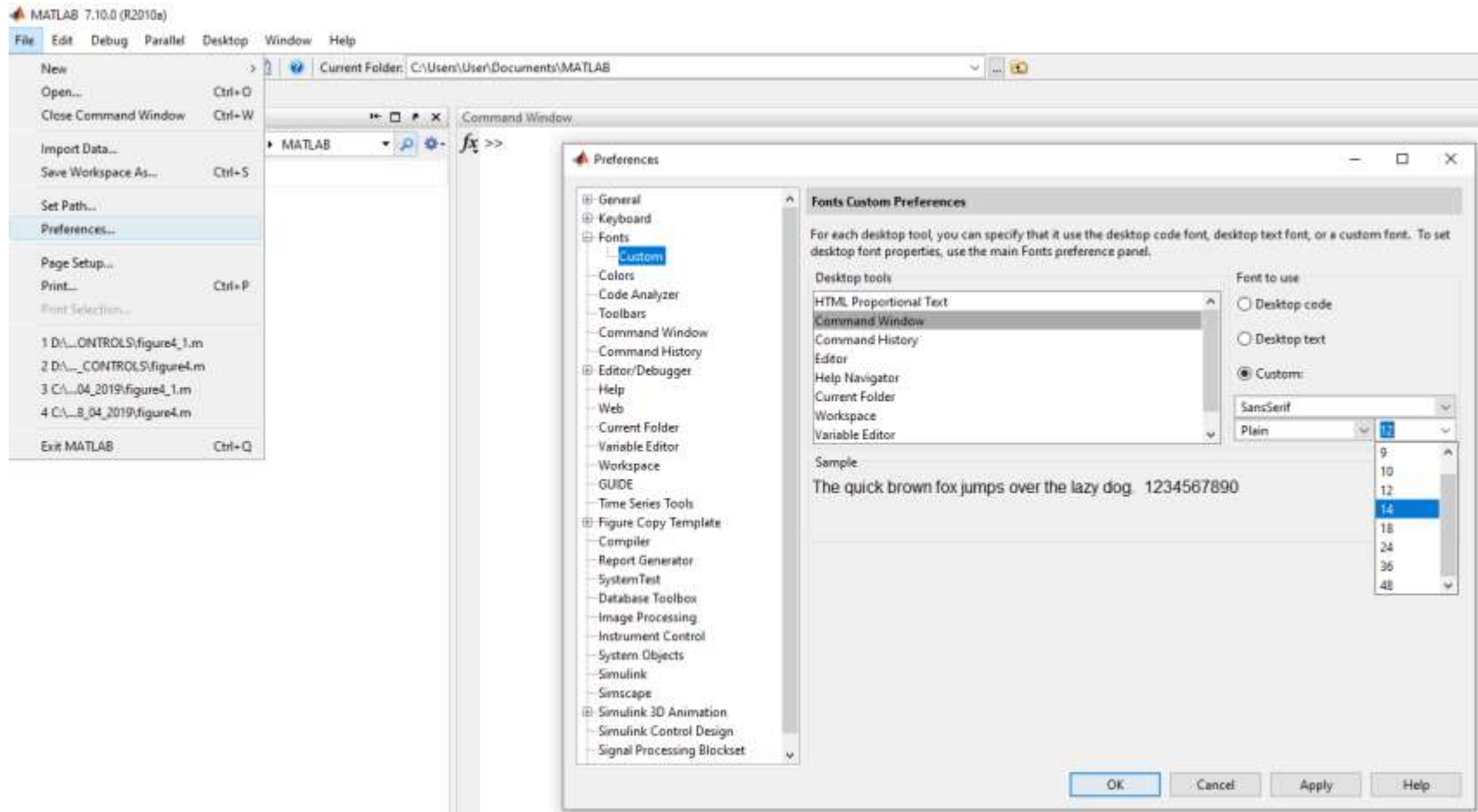
Προσοχή: Επιλέξτε τον τρέχοντα φάκελο που επιθυμείτε να εργάζεστε.

Η έξοδος από το Matlab μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- με τις εντολές **quit** ή **exit** στο παράθυρο εντολών
- με κλικ στο τετραγωνίδιο [x] που βρίσκεται πάνω δεξιά στο παράθυρο της Matlab
- με την επιλογή **File** → **Exit MATLAB (Ctrl+Q)** στο παράθυρο εργασίας.

Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- Για να αλλάξετε την εμφάνιση (είδος / μέγεθος γραμματοσειράς) του χώρου εργασίας επιλέγετε, **File** → **Preferences** → **Fonts** → **Custom**



Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του Matlab

- ❖ Μια εντολή εισάγεται πληκτρολογώντας στο παράθυρο εντολών δεξιά από το σύμβολο προτροπής `>>`. Η εισαγωγή της εντολής ολοκληρώνεται με το πάτημα του πλήκτρου Enter.

Εντολές γενικής χρήσης

- **version** : μπορούμε να μάθουμε την έκδοση της MATLAB που χρησιμοποιούμε

```
>> version  
ans =  
7.10.0.499 (R2010a)
```

- **ver** : παίρνουμε περισσότερες πληροφορίες, όπως το λειτουργικό σύστημα, και τις διαθέσιμες εργαλειοθήκες (toolboxes) του πακέτου:

```
>> ver  
-----  
MATLAB Version 7.10.0.499 (R2010a)  
MATLAB License Number: 874166  
Operating System: Microsoft Windows 7 Version 6.2 (Build 9200)  
Java VM Version: Java 1.6.0_12-b04 with Sun Microsystems Inc. Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM mixed mode  
-----  
MATLAB Version 7.10 (R2010a)  
Simulink Version 7.5 (R2010a)  
Aerospace Blockset Version 3.5 (R2010a)  
Aerospace Toolbox Version 2.5 (R2010a)  
Bioinformatics Toolbox Version 3.5 (R2010a)  
Communications Blockset Version 4.4 (R2010a)  
Communications Toolbox Version 4.5 (R2010a)  
Control System Toolbox Version 8.5 (R2010a)  
Curve Fitting Toolbox Version 2.2 (R2010a)  
DO Qualification Kit Version 1.2 (R2010a)  
Database Toolbox Version 3.7 (R2010a)
```

- Η εντολή **help** <function> μας εξηγεί πως λειτουργεί η συνάρτηση function.

Προσοχή: Η εντολή *help* είναι από τις πιο χρήσιμες και σημαντικές εντολές.

Παράδειγμα: για να πάρετε βοήθεια για την εντολή *fix*, απλά γράψτε *help fix*

```
Command Window
>> help fix
FIX Round towards zero.
FIX(X) rounds the elements of X to the nearest integers
towards zero.
```

- Με την εντολή **helpwin** ή **helpdesk** μπορούμε να δούμε τη βοήθεια του Matlab.
- Με την εντολή **help** [**elfun** | **elmat** | **specfun**] εμφανίζουμε τις βασικές συναρτήσεις του Matlab.

- Η εντολή **type** <function> παρουσιάζει τον κώδικα της συνάρτησης function.

Παράδειγμα: για τον κώδικα της εντολής *factor*, απλά γράψτε *type factor*.

- Η εντολή **lookfor** <key> πραγματοποιεί αναζήτηση συναρτήσεων βάσει μιας λέξης κλειδί <key>.

- ❖ Το Matlab έχει τους ακόλουθους κανόνες σχετικά με τα ονόματα των μεταβλητών:
 - Τα ονόματα των μεταβλητών αποτελούνται από μια λέξη χωρίς κενά διαστήματα.
 - Γίνεται διάκριση μεταξύ πεζών/κεφαλαίων, δηλαδή τα `cost`, `Cost` είναι διαφορετικές μεταβλητές.
 - Τα ονόματα των μεταβλητών μπορούν να περιέχουν μέχρι 63 χαρακτήρες.
 - Τα ονόματα των μεταβλητών πρέπει να αρχίζουν με γράμμα, ακολουθούμενο από οποιονδήποτε αριθμό γραμμάτων, ψηφίων ή χαρακτήρων υπογράμμισης, πχ. `Variable_1`.
 - Οι ελληνικοί χαρακτήρες δεν επιτρέπονται.
 - Τα σημεία στίξης δεν επιτρέπονται.
- ❖ Στην περίπτωση που δεν ορίζεται κάποια μεταβλητή, η εντολή εκτελείται και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη μετά την έκφραση `ans =` (συντομογραφία της αγγλικής λέξης `answer`).

- Η εκχώρηση τιμής σε μια μεταβλητή γίνεται με το σύμβολο =

```
>> x=1
```

```
x =
```

```
1
```

- Για να οριστεί μια μεταβλητή ως συμβολοσειρά (char) θα πρέπει η ακολουθία των χαρακτήρων να τοποθετείται μέσα σε αριστερές αποστρόφους.

Παράδειγμα:

```
>> r='Απόδοση Μετοχής'
```

```
r =
```

Απόδοση Μετοχής

- Το Matlab έχει μια λίστα *δεσμευμένων λέξεων* οι οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεταβλητές. Αυτή η λίστα επιστρέφεται ως έξοδος της συνάρτησης **iskeyword**.
- Η συνάρτηση **isvarname** <όνομα μεταβλητής> επιστρέφει True (1) αν πρόκειται για ένα έγκυρο όνομα μεταβλητής διαφορετικά επιστρέφει False (0).

- Μια από τις πιο ισχυρές δυνατότητες του Matlab είναι ότι δέχεται με την ίδια ευκολία πραγματικούς και μιγαδικούς αριθμούς.
- Η συνάρτηση **complex** δημιουργεί μιγαδικούς αριθμούς, π.χ.:

```
>> complex(3,2)
ans =
3.0000 + 2.0000i
```

- Η συνάρτηση **real** επιστρέφει το πραγματικό μέρος ενός μιγαδικού αριθμού, ενώ η συνάρτηση **imag** το φανταστικό, πχ:

```
>> real(3+2i)      >> imag(3+2i)
ans =              ans=
  3                  2
```

- Τα σύμβολα i και j συμβολίζουν και τα δύο τη φανταστική μονάδα ($\sqrt{-1}$) και χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή μιγαδικών αριθμών. Για παράδειγμα, ο αριθμός $3+2i$ μπορεί να γραφεί με τους εξής τρόπους:

$3+2i$ ή $3+2*i$ ή $3+2*\text{sqrt}(-1)$ ή $3+2j$ ή $3+2*j$

- Το πλεονέκτημα της Matlab σε σχέση με άλλες γλώσσες προγραμματισμού που απαιτούν ειδική μεταχείριση των μιγαδικών αριθμών είναι ότι δεν απαιτείται κάτι τέτοιο. Συνεπώς, οι μαθηματικές πράξεις μιγαδικών αριθμών γράφονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και των πραγματικών.

Προσοχή: Τα σύμβολα i και j μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε βρόχους επανάληψης όσο και για απαρίθμηση.

```
>> c1=6+7i
```

```
c1 =
```

```
6.0000 + 7.0000i
```

```
>> c2=5-2i
```

```
c2 =
```

```
5.0000 - 2.0000i
```

```
>> c3=1-0.5i
```

```
c3 =
```

```
1.0000 - 0.5000i
```

```
>> c4=(c1+c2)/c3
```

```
c4 =
```

```
6.8000 + 8.4000i
```

- Οι μεταβλητές στο Matlab μπορεί να είναι όχι μόνο πραγματικές, αλφαριθμητικές ή μιγαδικές, αλλά και λογικές, δηλ. να παίρνουν τις τιμές true (αληθής) και false (ψευδής).
- Στην τιμή true (αληθής) αντιστοιχεί η μονάδα 1 ενώ στην τιμή false (ψευδής) αντιστοιχεί το 0.

Τιμή 1

```
>> x=true
```

```
x =
```

```
1
```

```
>> x=logical(true)
```

```
x =
```

```
1
```

```
>> x=logical(1)
```

```
x =
```

```
1
```

Τιμή 0

```
>> y=false
```

```
y =
```

```
0
```

```
>> y= logical(false)
```

```
y =
```

```
0
```

```
>> y=logical(0)
```

```
y =
```

```
0
```

Χρήσιμες εντολές:

- Η εντολή **clear** <var> διαγράφει τη μεταβλητή **var** του χώρου εργασίας.
- Η εντολή **clear all** διαγράφει όλες τις ενεργές μεταβλητές. Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την **clear variables**.
- Αν θέλουμε να διαγράψουμε μόνο τις μεταβλητές `var1`, `var2` και `var3` χρησιμοποιούμε την εντολή **clear var1 var2 var3** (οι `var1`, `var2` και `var3` χωρίζονται με κενά και όχι με κόμματα).
- Αν θέλουμε να διαγράψουμε όλες τις μεταβλητές που αρχίζουν από `var` χρησιμοποιούμε την εντολή **clear var***
- Αν θέλουμε να διαγράψουμε όλες τις μεταβλητές που λήγουν σε `var` χρησιμοποιούμε την εντολή **clear *var**
- Η εντολή **clc** καθαρίζει απλώς το παράθυρο εργασίας (δεν διαγράφονται οι μεταβλητές).

Εντολές διαχείρισης του χώρου εργασίας

- Η εντολή **save varname var** αποθηκεύει τη μεταβλητή **var** του χώρου εργασίας στον τρέχοντα κατάλογο σε αρχείο με όνομα `varname.mat`.
- Η εντολή **save name** αποθηκεύει όλες τις μεταβλητές του χώρου εργασίας σε αρχείο με όνομα `name.mat`. Αν γράψουμε μόνο **save** τότε αποθηκεύονται όλες οι μεταβλητές του χώρου εργασίας σε αρχείο με όνομα `matlab.mat`.
- Η εντολή **load varname** φορτώνει την μεταβλητή που βρίσκεται αποθηκευμένη στον τρέχοντα φάκελο με όνομα `varname` στο χώρο εργασίας.
- Η εντολή **load name** φορτώνει το αρχείο των μεταβλητών με όνομα `name.mat` στο χώρο εργασίας. Αν γράψουμε μόνο **load** τότε το Matlab φορτώνει το αρχείο των μεταβλητών με όνομα `matlab.mat` στο χώρο εργασίας.
- Εναλλακτικά, μπορούμε να φορτώσουμε ένα αρχείο μεταβλητών με διπλό κλικ πάνω στο εικονίδιο του αρχείου όπως αυτό εμφανίζεται στον τρέχοντα κατάλογο.

- Η εντολή **who** (*whos*) εμφανίζει **επιγραμματικά (αναλυτικά)** όλες τις μεταβλητές στη μνήμη του περιβάλλοντος Matlab.
- `who var1 var2 var3`: κατάλογος των `var1`, `var2` και `var3`
- `who var*`: κατάλογος των μεταβλητών με όνομα που αρχίζει από `var`
- `who *var`: κατάλογος των μεταβλητών με όνομα που λήγει σε `var`

Παράδειγμα:

Αφού εισάγετε τις ακόλουθες μεταβλητές στο Matlab να καλέσετε την εντολή `whos`.

Λίστα Μεταβλητών:

- `var_real=π` (πραγματική),
- `var_comp=3+5i` (μιγαδική),
- `var_char='example'` (αλφαριθμητική),
- `var_log=false` (λογική).

Ποιά εντολή (**μία**) πρέπει να καλέσετε ώστε να διαγράψετε από το χώρο εργασίας την μιγαδική και την αλφαριθμητική μεταβλητή;

Εισαγωγή μεταβλητών

```
>> var_real=pi
var_real =
    3.1416
>> var_comp=3+5i
var_comp =
    3.0000 + 5.0000i
>> var_char='example'
var_char =
    example
>> var_log=false
var_log =
    0
```

Εντολή whos

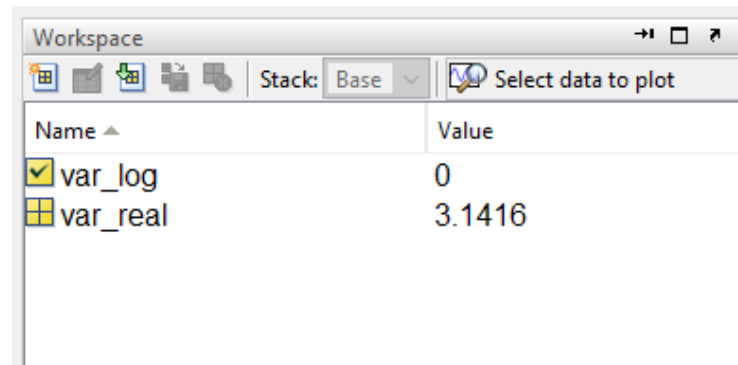
```
>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
var_char	1x7	14	char	
var_comp	1x1	16	double	complex
var_log	1x1	1	logical	
var_real	1x1	8	double	

Όνομα κάθε μεταβλητής Διάσταση κάθε πίνακα Πλήθος των bytes Κλάση κάθε μεταβλητής

Διαγραφή μεταβλητών var_comp και var_char

```
>> clear var_c*
```



The screenshot shows the MATLAB Workspace window with the following variables listed:

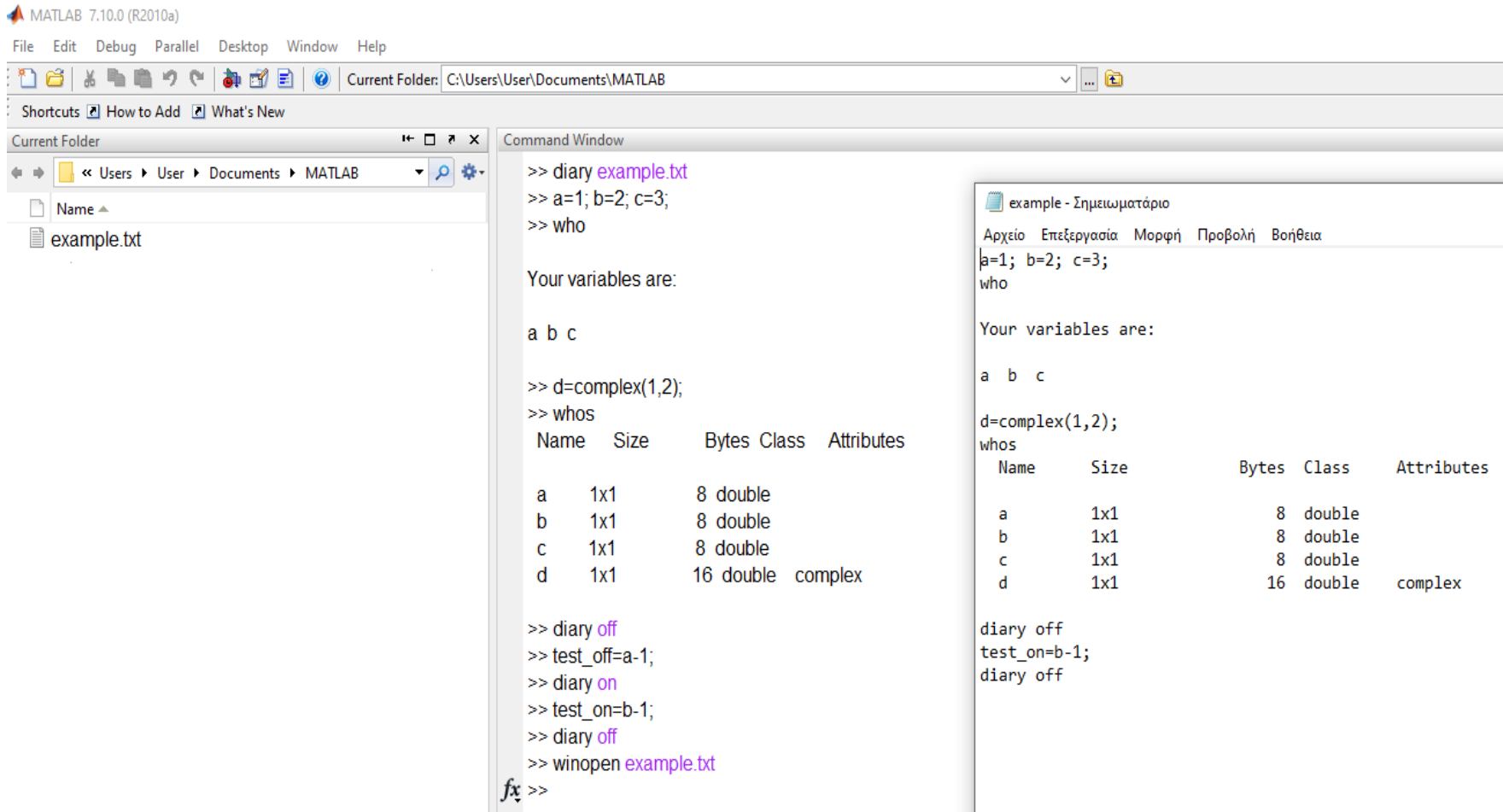
Name	Value
<input checked="" type="checkbox"/> var_log	0
<input checked="" type="checkbox"/> var_real	3.1416

Λοιπές εντολές:

- Η εντολή **diary** <filename.txt> δημιουργεί το αρχείο κειμένου **filename.txt** το οποίο περιέχει όλες τις εντολές μας και τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στο παράθυρο εντολών (εκτός από τα γραφικά). Το ημερολόγιο **filename.txt** θα το βρείτε στον τρέχοντα φάκελο.
- Η εντολή **diary off** διακόπτει προσωρινά το ημερολόγιο ενώ η εντολή **diary on** πραγματοποιεί επανέναρξη του ημερολογίου.
- Η εντολή **winopen** <filename.txt> ανοίγει το αρχείο καταγραφής εντολών / ημερολόγιο.

Εντολές διαχείρισης του χώρου εργασίας

- Παράδειγμα καταγραφής σε ημερολόγιο:



```
>> diary example.txt
>> a=1; b=2; c=3;
>> who

Your variables are:

a b c

>> d=complex(1,2);
>> whos
Name      Size      Bytes Class  Attributes
a         1x1         8 double
b         1x1         8 double
c         1x1         8 double
d         1x1        16 double complex

>> diary off
>> test_off=a-1;
>> diary on
>> test_on=b-1;
>> diary off
>> winopen example.txt
fx >>
```

example - Σημειωματάριο

Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια

```
a=1; b=2; c=3;
who

Your variables are:

a b c

d=complex(1,2);
whos
Name      Size      Bytes Class  Attributes
a         1x1         8 double
b         1x1         8 double
c         1x1         8 double
d         1x1        16 double complex

diary off
test_on=b-1;
diary off
```

Εντολές ημερομηνίας και ώρας

- Με τις εντολές **tic**, <εντολή>, **toc** μπορούμε να χρονομετρήσουμε το χρόνο που απαιτεί η <εντολή> .

Παράδειγμα: Εύρεση χρόνου που απαιτεί ο υπολογισμός του συνημίτονου δεδομένης γωνίας.

```
>> tic, cos(pi), toc
```

```
ans =
```

```
-1
```

```
Elapsed time is 0.000885 seconds.
```

```
>> tic, cos(pi);, toc
```

```
Elapsed time is 0.000004 seconds.
```

- Η εντολή **date** μας δίνει την τρέχουσα ημερομηνία σαν αλφαριθμητικό στη μορφή dd-mmm-yyyy.

```
>> date
```

```
ans =
```

```
06-Sep-2020
```

- Η εντολή **clock** μας δίνει τόσο την ημερομηνία όσο και την ώρα σε ένα διάνυσμα της μορφής [έτος, μήνας, ημέρα, ώρα, λεπτά, δευτερόλεπτα]

```
>> clock
```

```
ans =
```

```
1.0e+003 *
```

```
2.0200 0.0090 0.0060 0.0210 0.0570 0.0105
```

```
>> fix(ans) Στρογγυλοποίηση σε ακέραιο
```

```
ans=
```

```
2020 9 6 21 57 10
```

Γενικές οδηγίες

- Το Matlab δουλεύει με διπλή ακρίβεια. Κάνει διάκριση μεταξύ κεφαλαίων και πεζών. Όλες οι εντολές εισάγονται με μικρά.
- Χρησιμοποιήστε `format long` για να πάρετε αποτελέσματα με διπλή ακρίβεια και `format` για να επαναφέρετε την επίδειξη των αποτελεσμάτων στην αρχική μορφή.
- Το ελληνικό ερωτηματικό (;) μετά από μια δήλωση, έχει σαν αποτέλεσμα να μην παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της δήλωσης αυτής στην οθόνη του Matlab.
- Τα σχόλια που ακολουθούν το σύμβολο % δεν εκτελούνται.
- Για να σταματήσετε την ολοκλήρωση της εκτέλεσης μιας εντολής ή την εμφάνιση αποτελεσμάτων στην οθόνη, πατήστε `Ctrl+C` ή `Ctrl+Break`.
- Χρησιμοποιήστε τα πλήκτρα με άνω / κάτω βέλη για να κινηθείτε μεταξύ των εντολών που δώσατε και για να τις αλλάξετε / ξαναεκτελέσετε.
- Το ελληνικό κόμμα (,) χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει δυο εντολές.
- Οι τρεις τελείες (...) χρησιμοποιούνται για να συνεχίσει μια εντολή στην επόμενη γραμμή.

Παραδείγματα:

- Καταχώρηση τιμής σε μεταβλητή

```
>> x=1+2
x =
    3
```

- Χρήση ελληνικού ερωτηματικού (;)

```
>> X=10.2
X =
    10.2000
>> x=1;
>> X+x
ans =
    11.2000
```

- Χρήση συμβόλου (%)

```
>> x1=1.9;      % Τιμή κλεισίματος μετοχής την ημέρα t-1
>> x2=2.1;      % Τιμή κλεισίματος μετοχής την ημέρα t
>> r=(x2-x1)/x1 % Τύπος υπολογισμού απόδοσης
r =
    0.1053
```

- Χρήση ελληνικού κόμματος (,)

```
>> x=1; y=2, z=3; Sum=x+y+z,
Product=x*y*z;
y =
    2
Sum =
    6
```

- Χρήση format long

```
>> format long
>> pi
ans =
    3.141592653589793
>> cos(pi/2)
ans =
    6.123233995736766e-017
```

- Χρήση τριπλής τελείας (...)

```
>> x=1+...
2, y=3;
x =
    3
```

Επιστημονικός συμβολισμός

- Εκτός από το δεκαδικό συμβολισμό (decimal notation) το Matlab (όπως και μια αριθμομηχανή) χρησιμοποιεί το λεγόμενο επιστημονικό συμβολισμό (scientific notation).
- Παράδειγμα αριθμών σε δεκαδική μορφή και τρόπος γραφής στο Matlab: 0.004589 και 435.345
- Στον επιστημονικό συμβολισμό γράφουμε τους πιο πάνω αριθμούς σαν: $4.589 \cdot 10^{-3}$ και $4.35345 \cdot 10^2$
- Στο Matlab γράφουμε τους δύο αριθμούς ως εξής: 4.589e-3 και 4.35345e2

Προσοχή: Θα γράψουμε τον αριθμό $1.5 \cdot 10^6$. Αφήνοντας κενό μεταξύ του δεκαδικού αριθμού και του e και μεταξύ του e και του εκθέτη παίρνουμε μήνυμα λάθους από το Matlab:

```
>> 1.5 e6
??? 1.5 e6
```

|
Error: Unexpected MATLAB expression.

```
>> 1.5e 6
??? 1.5e 6
```

|
Error: Unexpected MATLAB operator.

Σωστός τρόπος

```
>> 1.5e6
ans =
    1500000
```

Η πιο απλή λειτουργία του Matlab είναι η χρήση του ως μια κοινή αριθμομηχανή.

Πράξη	Σύμβολο	Παράδειγμα
Πρόσθεση	+	$a + b$
Αφαίρεση	-	$a - b$
Πολλαπλασιασμός	*	$a * b$
Δεξιά Διαίρεση	/	a / b
Αριστερή Διαίρεση	\	$a \setminus b$ (ισούται με b / a)
Ύψωση σε Δύναμη	^	a^b

Η σειρά με την οποία υπολογίζονται αυτές οι πράξεις σε μια δεδομένη παράσταση καθορίζεται από τους συνήθεις κανόνες προτεραιότητας.

- Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους κανόνες προτεραιότητας μπορείτε να εμφανίσετε πληκτρολογώντας `help precedence` στο προτροπικό σήμα του Matlab.

Βασικοί κανόνες προτεραιότητας:

- Πρώτα εκτελούνται οι πράξεις μέσα σε παρενθέσεις από τα μέσα προς τα έξω.
- Μετά εκτελούνται οι υψώσεις σε δύναμη.
- Μετά εκτελούνται οι πολλαπλασιασμοί και διαιρέσεις από τα αριστερά προς τα δεξιά.
- Τέλος, εκτελούνται οι προσθέσεις και αφαιρέσεις από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Παράδειγμα: Ο σωστός τρόπος υπολογισμού της παράστασης: $\frac{0.4^{4-2}+0.9}{2*0.7}$

>> $(0.4^{(4-2)+0.9})/(2*0.7)$

ans =

0.7571

Πιθανοί λάθος τρόποι:

>> $(0.4^4-2+0.9)/(2*0.7)$

ans =

-0.7674

>> $(0.4^{(4-2)+0.9})/2*0.7$

ans =

0.3710

Το Matlab διαθέτει έναν αριθμό ειδικών μεταβλητών. Ορισμένες από αυτές είναι οι εξής:

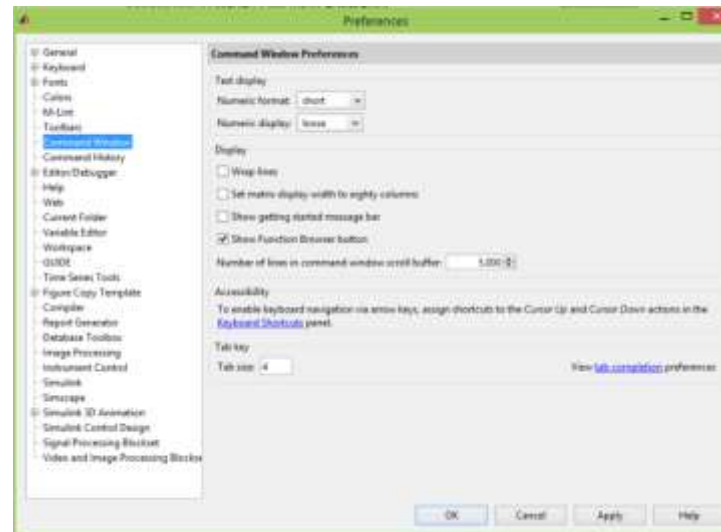
Ειδικές μεταβλητές	Περιγραφή
ans	Προεπιλεγμένο όνομα μεταβλητής που χρησιμοποιείται για αποτελέσματα
pi	Ο λόγος της περιφέρειας ενός κύκλου προς τη διάμετρο του
i ή j	Φανταστική μονάδα ($\sqrt{-1}$)
inf	Αντιπροσωπεύει το άπειρο (πχ. 1/0)
NaN ή nan	Αντιπροσωπεύει μη αριθμό (Not a Number, πχ. 0/0)
realmin	Ο μικρότερος χρησιμοποιήσιμος θετικός πραγματικός αριθμός
realmax	Ο μεγαλύτερος χρησιμοποιήσιμος θετικός πραγματικός αριθμός

Μορφοποίηση απεικόνισης μεταβλητών

- Η προεπιλεγμένη μορφή απεικόνισης των αποτελεσμάτων στο παράθυρο εντολών του Matlab είναι με ενδιάμεσες κενές γραμμές ενώ η προεπιλεγμένη μορφή απεικόνισης των αριθμών είναι με τέσσερα δεκαδικά ψηφία.
- Με την εντολή **format** μπορείτε να τροποποιήσετε τη μορφή απεικόνισης τόσο των αποτελεσμάτων όσο και των αριθμών.

>> help format

- Εναλλακτικά η τροποποίηση των παραμέτρων εμφάνισης μπορεί να γίνει επιλέγοντας **File** → **Preferences** → **Command Window**.



Μορφοποίηση απεικόνισης μεταβλητών

Χαρακτηριστικές εντολές μορφοποίησης απεικόνισης μεταβλητών:

Εντολή	Περιγραφή	Παράδειγμα
format short	Προεπιλεγμένη μορφοποίηση. Εμφάνιση αριθμών με 4 δεκαδικά ψηφία.	>> pi ans = 3.1416
format long	Εμφάνιση αριθμών με 15 δεκαδικά ψηφία.	>> pi ans = 3.141592653589793
format short e	Εκθετική ή επιστημονική μορφή αριθμών με 4 δεκαδικά ψηφία.	pi ans = 3.1416e+000
format long e	Εκθετική ή επιστημονική μορφή αριθμών με 15 δεκαδικά ψηφία.	>> pi ans = 3.141592653589793e+00 0
format bank	Εμφάνιση αριθμών με 2 δεκαδικά ψηφία. (Currency format: fixed format for dollars and cents)	>> pi ans = 3.14
format compact	Εμφάνιση αποτελεσμάτων χωρίς ενδιάμεσες κενές γραμμές.	
format loose	Εμφάνιση αποτελεσμάτων με ενδιάμεσες κενές γραμμές.	
format	Επαναφέρει την μορφοποίηση στην προεπιλεγμένη (short / loose)	

Βασικές μαθηματικές συναρτήσεις

Συνάρτηση	Ερμηνεία	Παράδειγμα
exp(x)	Υπολογισμός της δύναμης e^x	>> exp(0) ans = 1
sqrt(x)	Υπολογισμός τετραγωνικής ρίζας	>> sqrt(2) ans = 1.4142
abs(x)	Υπολογισμός απόλυτης τιμής	>> abs(-6) ans = 6
log(x)	Υπολογισμός φυσικού λογάριθμου με βάση το e	>> log(exp(1)) ans = 1
log10(x)	Υπολογισμός φυσικού λογάριθμου με βάση το 10	>> log10(10) ans = 1
mod(x,y)	Υπολογισμός του υπολοίπου της ακέραιας διαίρεσης x/y	>> mod(10,3) ans = 1

Βασικές μαθηματικές συναρτήσεις

Συνάρτηση	Ερμηνεία	Παράδειγμα
$\sin(x)$	Υπολογισμός του ημιτόνου του x , όπου το x είναι σε ακτίνια	<pre>>> sin(pi/2) ans = 1</pre>
$\text{sind}(x)$	Υπολογισμός του ημιτόνου του x , όπου το x είναι σε μοίρες	<pre>>> sind(90) ans = 1</pre>
$\cos(x)$	Υπολογισμός του συνημίτονου του x , όπου το x είναι σε ακτίνια	<pre>>> cos(pi) ans = -1</pre>
$\text{cosd}(x)$	Υπολογισμός του συνημίτονου του x , όπου το x είναι σε μοίρες	<pre>>> cosd(180) ans = -1</pre>
$\tan(x)$	Υπολογισμός της εφαπτομένης του x , όπου το x είναι σε ακτίνια	<pre>>> tan(pi/4) ans = 1.0000</pre>
$\text{tand}(x)$	Υπολογισμός της εφαπτομένης του x , όπου το x είναι σε μοίρες	<pre>>> tand(45) ans = 1.0000</pre>

- ✓ **Όρισμα** των ανωτέρω μαθηματικών συναρτήσεων **μπορεί** φυσικά να είναι ένα **διάνυσμα** ή ένας **πίνακας**.

Ασκήσεις για εξάσκηση:

1. Ορίστε στο Matlab τα ακόλουθα αλφαριθμητικά:

fname: το όνομά σας,

lname: το επίθετό σας,

tautotita: τον αριθμό της φοιτητικής σας ταυτότητας

Αποθηκεύστε την εργασία σας σε αρχείο με το όνομα `problem1.txt` (μέσω της εντολής `diary`).

2. Αν $a = 1.012$, $b = 0.005$ και c ο τελευταίος αριθμός της φοιτητικής σας ταυτότητας να υπολογίσετε την παράσταση:

$$\frac{|e^{b*c} - \sqrt{a^2 + 2}|}{c/a + \ln(a^2 + b)} \sin(a^4 - bc)$$

Τα αποτελέσματα να παρουσιαστούν με ακρίβεια 2 δεκαδικών. Αποθηκεύστε την εργασία σας σε αρχείο με όνομα `problem2.txt` (μέσω της εντολής `diary`) και την τιμή της παράστασης σε αρχείο με όνομα `variable.mat`.

3. Να συμπληρωθούν οι εντολές Matlab που λείπουν:

```
>> who
```

```
Your variables are: A11 A12 A21 A22 Ax Bx
```

- Πόσος χρόνος απαιτείται για την εκτέλεση της εντολής `who`;

```
>> Εντολή 1
```

```
Your variables are: A11 A12 A21 A22 Ax
```

Ασκήσεις για εξάσκηση:

>> Εντολή 2

Your variables are: A11 A12

>> Εντολή 3

Your variables are: Ax Bx

4. Με δεδομένο ότι η τιμή του x δεν αλλάζει, συμπληρώστε τις εντολές που λείπουν. Μπορείτε να κάνετε χρήση της εντολής help format.

>> x=log(2.34e+04)

x =

10.0605

>> Εντολή 1

>> x

x =

10.060491301345794

>> Εντολή 2

>> x

x =

1.0060e+001

>> Εντολή 3

>> x

x =

10.06

Το Matlab χρησιμοποιεί κυρίως πίνακες για την αποθήκευση και το χειρισμό δεδομένων. Μάλιστα στις αρχικές εκδοχές του προγράμματος (μέχρι και την έκδοση 3) όλες οι μεταβλητές ήταν πίνακες (διάστασης $m \times n$), αφού οι αριθμοί αντιμετωπίζονται σαν 1×1 πίνακες και τα διανύσματα σαν $m \times 1$ ή $1 \times n$ πίνακες.

Οι πίνακες στη Matlab εισάγονται με βάση τους ακόλουθους κανόνες:

- Τα στοιχεία του πίνακα γράφονται ανάμεσα σε αγκύλες [...]. Μόνο στην περίπτωση 1×1 πινάκων, δηλαδή μόνο στην περίπτωση αριθμών οι αγκύλες είναι προαιρετικές.
- Τα στοιχεία μιας γραμμής του πίνακα χωρίζονται είτε με κόμμα είτε με κενό.
- Η αλλαγή γραμμής στον πίνακα δηλώνεται είτε με ερωτηματικό είτε με αλλαγή γραμμής στο παράθυρο εντολών του Matlab.

Δημιουργία διανύσματος γραμμής:

```
>> u=[1 2 3 4]; % τα στοιχεία χωρίζονται με κενά
```

```
>> u=[1, 2, 3, 4]; % τα στοιχεία χωρίζονται με κόμμα
```

Οι δύο τρόποι είναι ισοδύναμοι.

Δημιουργία διανύσματος στήλης:

```
>> v=[1; 2; 3; 4]; % τα στοιχεία χωρίζονται με ερωτηματικό
```

```
>> v=[1
```

```
2
```

```
3
```

```
4]; % τα στοιχεία χωρίζονται με αλλαγή γραμμής
```

```
>> v=[1 2 3 4]'; % αναστροφή διανύσματος γραμμής
```

Οι τρεις τρόποι είναι ισοδύναμοι.

Δημιουργία δισδιάστατου πίνακα:

```
>> D=[5 6 7; 8 9 10; 11 12 13] % τα στοιχεία γραμμής χωρίζονται με κενό ενώ τα στοιχεία στήλης με ερωτηματικό
```

```
D =
```

```
5 6 7
```

```
8 9 10
```

```
11 12 13
```

```
>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
D	3x3	72	double	
u	1x4	32	double	
v	4x1	32	double	

Διάνυσμα γραμμής: διάταξη 1 x n

Διάνυσμα στήλης: διάταξη m x 1

Δισδιάστατος πίνακας: διάταξη m x n

- Το Matlab δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας διανυσμάτων χωρίς να είναι απαραίτητη η πληκτρολόγηση καθενός στοιχείου του διανύσματος ξεχωριστά. Αν θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα διάνυσμα του οποίου τα στοιχεία είναι μια ακολουθία αριθμών που ισαπέχουν μεταξύ τους τότε χρησιμοποιούμε την εντολή:
- όνομα μεταβλητής= $x_1 : x_2 : x_3$, όπου x_1 είναι ο πρώτος αριθμός, x_2 το διάστημα μεταξύ των αριθμών και x_3 ο τελευταίος αριθμός. Αν παραλείψει κάποιος το διάστημα x_2 , υπονοείται η μονάδα.
- αν $x_2 = 0$, ή $x_2 > 0$ και $x_1 > x_3$ ή $x_2 < 0$ και $x_1 < x_3$ τότε δημιουργείται κενό διάνυσμα.
- το τελευταίο στοιχείο του διανύσματος δεν είναι πάντα το x_3 .

Παράδειγμα 1:

Δημιουργία διανύσματος $a=(0,1,2,3,4,5,6)$ με δύο τρόπους:

```
>> a=[0:1:6]
```

```
a =
```

```
0 1 2 3 4 5 6
```

```
>> a=[0:6]
```

```
a =
```

```
0 1 2 3 4 5 6
```

← Μπορεί να παραληφθεί το βήμα γιατί είναι ίσο με τη μονάδα

Παράδειγμα 2:

```
>> b=[3:-1:0]
b =
    3     2     1     0
```

Παράδειγμα 3:

```
>> c=[1:2:8]
c =
    1     3     5     7
```

Παράδειγμα 4:

```
>> d=[12:4:10]
d =
Empty matrix: 1-by-0
```

Παράδειγμα 5:

Ακολουθήστε τη συγκεκριμένη σύνταξη για να κατασκευάσετε τους πίνακες:

$$A = \begin{bmatrix} 21 & 18 & 15 & 12 & 9 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 \end{bmatrix} \text{ και } B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

```
>> A=[21:-3:9;2:2:10]
A =
    21    18    15    12     9
     2     4     6     8    10
```

Εναλλακτικός τρόπος:

```
>> B=[1:5;3:7;5:9]
B =
     1     2     3     4     5
     3     4     5     6     7
     5     6     7     8     9
```

```
>> B=[1:2:5;2:2:6;3:2:7;4:2:8;5:2:9]'
B =
     1     2     3     4     5
     3     4     5     6     7
     5     6     7     8     9
```

- Η συνάρτηση **linspace(x1, x2)** δημιουργεί διάνυσμα γραμμής με 100 στοιχεία τα οποία ισαπέχουν μεταξύ τους, με πρώτο στοιχείο το x1 και τελευταίο το x2.

```
Command Window
>> linspace(1,100)
ans =
Columns 1 through 22
 1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
Columns 23 through 44
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44
Columns 45 through 66
45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66
Columns 67 through 88
67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88
Columns 89 through 100
89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
```

- Αν χρησιμοποιηθεί και τρίτη παράμετρος **linspace(x1, x2, x3)** τότε αυτή προσδιορίζει το πλήθος των στοιχείων του διανύσματος.

```
Command Window
>> linspace(1,100,4)
ans =
 1  34  67 100
```

- Το βήμα s υπολογίζεται από την παράσταση: $s = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - 1}$.

$$\gg \text{linspace}(1,100) \longrightarrow s = \frac{100-1}{100-1} = 1$$

$$\gg \text{linspace}(1,100,4) \longrightarrow s = \frac{100-1}{4-1} = 33$$

□ Κάθε στοιχείο ενός πίνακα χαρακτηρίζεται από μια μοναδική 'διεύθυνση' η οποία προσδιορίζεται από τη γραμμή και τη στήλη στην οποία βρίσκεται.

- Σε ένα διάνυσμα (γραμμής ή στήλης) η αρίθμηση ξεκινάει από το 1:

```
>> a=[2 8 10]          >> a=[2;8;10]
a =
  2   8  10
>> a(2)
ans =
  8
>> a(2)
ans =
  8
```

- Σε ένα δισδιάστατο πίνακα κάθε στοιχείο προσδιορίζεται με δύο δείκτες, $A(i, j)$, που είναι οι συντεταγμένες του (i προσδιορίζει τη γραμμή και j προσδιορίζει τη στήλη):

```
>> A=[3 5 8; 4 1 9; 8 10 2]
A =
  3   5   8
  4   1   9
  8  10   2
>> A(3,2)
ans =
  10
```

Χρησιμοποιώντας το σύμβολο της ελληνικής άνω-κάτω τελείας (:) μπορούμε να εμφανίσουμε τα στοιχεία μιας γραμμής ή μιας στήλης του πίνακα. Ειδικότερα για ένα τυχαίο πίνακα A ισχύει:

- $A(:, j)$ αντιστοιχεί σε όλα τα στοιχεία της στήλης j .
- $A(i, :)$ αντιστοιχεί σε όλα τα στοιχεία της γραμμής i .
- $A(:, k : l)$ αντιστοιχεί σε όλα τα στοιχεία που βρίσκονται μεταξύ των στηλών k και l .
- $A(k : l, :)$ αντιστοιχεί σε όλα τα στοιχεία που βρίσκονται μεταξύ των γραμμών k και l .
- $A(k : l, m : n)$ αντιστοιχεί στον υποπίνακα του A του οποίου τα στοιχεία βρίσκονται μεταξύ των γραμμών k και l και των στηλών m και n του πίνακα A .

Η λέξη **end** δηλώνει την τελευταία γραμμή ή την τελευταία στήλη.

- $A(\text{end}, :)$ αντιστοιχεί στην τελευταία γραμμή του πίνακα A .
- $A(:, \text{end})$ αντιστοιχεί στην τελευταία στήλη του πίνακα A .

Αναζήτηση στοιχείων σε ομάδες

```
>> A=[2 3 4 6;5 -6 0 8;1 5 7 10;-1 3 -5 9] %δημιουργία του πίνακα A
A =
     2     3     4     6
     5    -6     0     8
     1     5     7    10
    -1     3    -5     9
>> A(:,2) %όλα τα στοιχεία της δεύτερης στήλης
ans =
     3
    -6
     5
     3
>> A(3,:) %όλα τα στοιχεία της τρίτης γραμμής
ans =
     1     5     7    10
>> A(:,2:4) %όλα τα στοιχεία μεταξύ δεύτερης και τέταρτης στήλης
ans =
     3     4     6
    -6     0     8
     5     7    10
     3    -5     9
>> A(2:4,1:3) %υποπίνακας του A με στοιχεία μεταξύ των γραμμών 2 και 4 και των στηλών 1 και 3 του πίνακα A
ans =
     5    -6     0
     1     5     7
    -1     3    -5
>> A(2:end,1:end-1) %υποπίνακας του A με στοιχεία μεταξύ των γραμμών 2 και 4 και των στηλών 1 και 3 του πίνακα A
ans =
     5    -6     0
     1     5     7
    -1     3    -5
```

Προσθήκη ή αντικατάσταση στοιχείων

- Η αντικατάσταση ή προσθήκη στοιχείων σ' έναν πίνακα, γίνεται μέσω των δεικτών του.

```
>> A=[2 3 4 6;5 -6 0 8;1 5 7 10;-1 3 -5 9] %δημιουργία του πίνακα A
```

```
A=
```

```
 2  3  4  6
 5 -6  0  8
 1  5  7 10
-1  3 -5  9
```

```
>> A(3,3)=8 %αντικατάσταση της τιμής 7 του στοιχείου της γραμμής 3 και στήλης 3 με την τιμή 8
```

```
A=
```

```
 2  3  4  6
 5 -6  0  8
 1  5  8 10
-1  3 -5  9
```

```
>> A(5,5)=-10 %προσθήκη στον πίνακα A στοιχείου με τιμή -10 στη γραμμή 5 και στήλη 5. Θα αλλάξει την διάσταση του A καλύπτοντας τις υπόλοιπες θέσεις με 0
```

```
A=
```

```
 2  3  4  6  0
 5 -6  0  8  0
 1  5  8 10  0
-1  3 -5  9  0
 0  0  0  0 -10
```

Προσθήκη γραμμής/στήλης

- Αντίστοιχα, η προσθήκη γραμμής ή στήλης σ' έναν πίνακα, γίνεται μέσω των δεικτών του.

```
>> A=[2 3 4 6;5 -6 0 8;1 5 7 10;-1 3 -5 9] %δημιουργία του πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  
 5 -6  0  8  
 1  5  7 10  
-1  3 -5  9
```

```
>> A(5,:)=1:4 %προσθήκη γραμμής στον πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  
 5 -6  0  8  
 1  5  7 10  
-1  3 -5  9  
 1  2  3  4
```

```
>> A(5,:)=[1 2 3 4] %προσθήκη γραμμής στον πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  
 5 -6  0  8  
 1  5  7 10  
-1  3 -5  9  
 1  2  3  4
```

```
>> A(:,5)=[1;2;3;4;5] %προσθήκη στήλης στον πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  1  
 5 -6  0  8  2  
 1  5  7 10  3  
-1  3 -5  9  4  
 1  2  3  4  5
```


- Διαγραφή στοιχείων του πίνακα είναι επίσης εφικτή αποδίδοντας τους την έκφραση [].

```
>> A=[2 3 4 6;5 -6 0 8;1 5 7 10;-1 3 -5 9] %δημιουργία του πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  
 5 -6  0  8  
 1  5  7 10  
-1  3 -5  9
```

```
>> A(3,:)=[] %διαγραφή της τρίτης γραμμής του πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  6  
 5 -6  0  8  
-1  3 -5  9
```

```
>> A(:,end)=[] %διαγραφή της τελευταίας στήλης του πίνακα A
```

```
A =  
 2  3  4  
 5 -6  0  
-1  3 -5
```

Βασικές συναρτήσεις για τη διαχείριση πινάκων:

Συνάρτηση	Ερμηνεία
length (A)	Επιστρέφει τον αριθμό των στοιχείων ενός διανύσματος. Όταν πρόκειται για πίνακα επιστρέφει τον μέγιστο αριθμό των στηλών ή γραμμών.
mean (A)	Επιστρέφει την μέση τιμή των στοιχείων ενός διανύσματος ενώ στην περίπτωση πίνακα επιστρέφει ένα διάνυσμα με στοιχεία τη μέση τιμή των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα
std(A)	Επιστρέφει την τυπική απόκλιση των στοιχείων ενός διανύσματος ενώ στην περίπτωση πίνακα επιστρέφει ένα διάνυσμα με στοιχεία την τυπική απόκλιση των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα
max(A)	Επιστρέφει το μέγιστο στοιχείο ενός διανύσματος ενώ στην περίπτωση πίνακα επιστρέφει ένα διάνυσμα με στοιχεία το μέγιστο στοιχείο κάθε στήλης του πίνακα
min(A)	Επιστρέφει το ελάχιστο στοιχείο ενός διανύσματος ενώ στην περίπτωση πίνακα επιστρέφει ένα διάνυσμα με στοιχεία το ελάχιστο στοιχείο κάθε στήλης του πίνακα
sum(A)	Επιστρέφει το άθροισμα των στοιχείων ενός διανύσματος ή των στοιχείων κάθε στήλης ενός πίνακα

Βασικές συναρτήσεις για τη διαχείριση πινάκων:

Συνάρτηση	Ερμηνεία
prod (A)	Επιστρέφει το γινόμενο των στοιχείων ενός διανύσματος ή των στοιχείων κάθε στήλης ενός πίνακα
sort (a)	Ταξινομεί τα στοιχεία του διανύσματος a κατά αύξουσα σειρά
size(A)	Δημιουργεί ένα διάνυσμα με στοιχεία m και n, όπου το m αντιστοιχεί στον αριθμό γραμμών και το n αντιστοιχεί στον αριθμό στηλών του πίνακα A
diag(A)	Επιστρέφει τα διαγώνια στοιχεία ενός πίνακα
zeros (m, n)	Δημιουργεί έναν $m \times n$ μηδενικό πίνακα
rand (m, n)	Δημιουργεί έναν $m \times n$ πίνακα του οποίου όλα τα στοιχεία επιλέγονται τυχαία από μια ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $[0,1]$
randn (m, n)	Δημιουργεί έναν $m \times n$ πίνακα του οποίου όλα τα στοιχεία επιλέγονται τυχαία από μια κανονική κατανομή στο διάστημα $(-\infty, \infty)$ με μέσο 0 και διακύμανση 1
ones (m, n)	Δημιουργεί έναν $m \times n$ πίνακα όπου όλα τα στοιχεία του είναι μονάδες
eye (n)	Δημιουργεί έναν τετραγωνικό πίνακα με m γραμμές και n στήλες του οποίου τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου είναι ίσα με το 1

Βασικές συναρτήσεις για τη διαχείριση πινάκων:

Συνάρτηση	Ερμηνεία
trace(A)	Επιστρέφει το ίχνος (άθροισμα διαγώνιων στοιχείων) ενός τετραγωνικού πίνακα
rot90(A)	Περιστρέφει ένα πίνακα κατά 90°
rot90(A, k)	Περιστρέφει ένα πίνακα κατά $k \times 90^\circ$, όπου $k = \pm 1, \pm 2, \dots$
flipud(A)	Επιστρέφει το συμμετρικό ενός πίνακα ως προς τις γραμμές
fliplr(A)	Επιστρέφει το συμμετρικό ενός πίνακα ως προς τις στήλες
triu(A)	Επιστρέφει τον άνω τριγωνικό πίνακα που αντιστοιχεί στον πίνακα A
tril(A)	Επιστρέφει τον κάτω τριγωνικό πίνακα που αντιστοιχεί στον πίνακα A

```
>> A=[1 2 3 4;-1 -2 -3 -4;2 4 6 8] %δημιουργία του πίνακα A
A =
     1     2     3     4
    -1    -2    -3    -4
     2     4     6     8
>> a=[3 4 1 2] %δημιουργία του διανύσματος A
a =
     3     4     1     2
>> length(a) %αριθμός στοιχείων διανύσματος a
ans =
     4
>> length(A) %σε πίνακα διάστασης m x n, επιστρέφει max(m,n)
ans =
     4
>> mean(a) %μέση τιμή στοιχείων διανύσματος a
ans =
    2.5000
>> mean(A) %μέση τιμή των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
    0.6667    1.3333    2.0000    2.6667
>> mean(A,1) %μέση τιμή των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A, ισοδύναμη με την mean(A)
ans =
    0.6667    1.3333    2.0000    2.6667
>> mean(A,2) %μέση τιμή των στοιχείων κάθε γραμμής του πίνακα A
ans =
    2.5000
   -2.5000
    5.0000
```

```
>> std(a) %τυπική απόκλιση στοιχείων διανύσματος a
ans =
    1.2910
>> std(A) %τυπική απόκλιση των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
    1.5275    3.0551    4.5826    6.1101
>> max(a) %μέγιστο στοιχείο του διανύσματος a
ans =
     4
>> max(A) %μέγιστο στοιχείο κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
     2     4     6     8
>> max(max(A)) %μέγιστο στοιχείο πίνακα A
ans =
     8
>> min(a) %ελάχιστο στοιχείο του διανύσματος a
ans =
     1
>> min(A) %ελάχιστο στοιχείο κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
    -1    -2    -3    -4
>> min(min(A)) %ελάχιστο στοιχείο πίνακα A
ans =
    -4
>> sum(a) %άθροισμα στοιχείων του διανύσματος a
ans =
    10
```

```
>> sum(A) %άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
    2    4    6    8
>> sum(A,1) %άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A, ισοδύναμη με την sum(A)
ans =
    2    4    6    8
>> sum(A,2) %άθροισμα των στοιχείων κάθε γραμμής του πίνακα A
ans =
    10
   -10
    20
>> sum(sum(A)) %άθροισμα των στοιχείων του πίνακα A, ισοδύναμη με την sum(sum(A,2))
ans =
    20
>> prod(a) %γινόμενο στοιχείων του διανύσματος a
ans =
    24
>> prod(A) %γινόμενο των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A
ans =
   -2  -16  -54 -128
>> prod(A,1) %γινόμενο των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A, ισοδύναμη με την prod(A)
ans =
   -2  -16  -54 -128
>> prod(A,2) %γινόμενο των στοιχείων κάθε γραμμής του πίνακα A
ans =
    24
    24
   384
```

```
>> sort(a) %ταξινόμηση σε αύξουσα σειρά στοιχείων του διανύσματος a
ans =
    1    2    3    4
>> sort(a,'descend') %ταξινόμηση σε φθίνουσα σειρά στοιχείων του διανύσματος a
ans =
    4    3    2    1
>> sort(A) %ταξινόμηση σε αύξουσα σειρά των στοιχείων κάθε στήλης του πίνακα A, ισοδύναμη με την sort(A,1)
ans =
   -1   -2   -3   -4
    1    2    3    4
    2    4    6    8
>> sort(A,2) %ταξινόμηση σε αύξουσα σειρά των στοιχείων κάθε γραμμής του πίνακα A
ans =
    1    2    3    4
   -4   -3   -2   -1
    2    4    6    8

>> size(A) %αριθμός γραμμών και στηλών πίνακα A
ans =
    3    4
>> size(A,1) %αριθμός γραμμών πίνακα A
ans =
    3
>> size(A,2) %αριθμός στηλών πίνακα A
ans =
    4
```

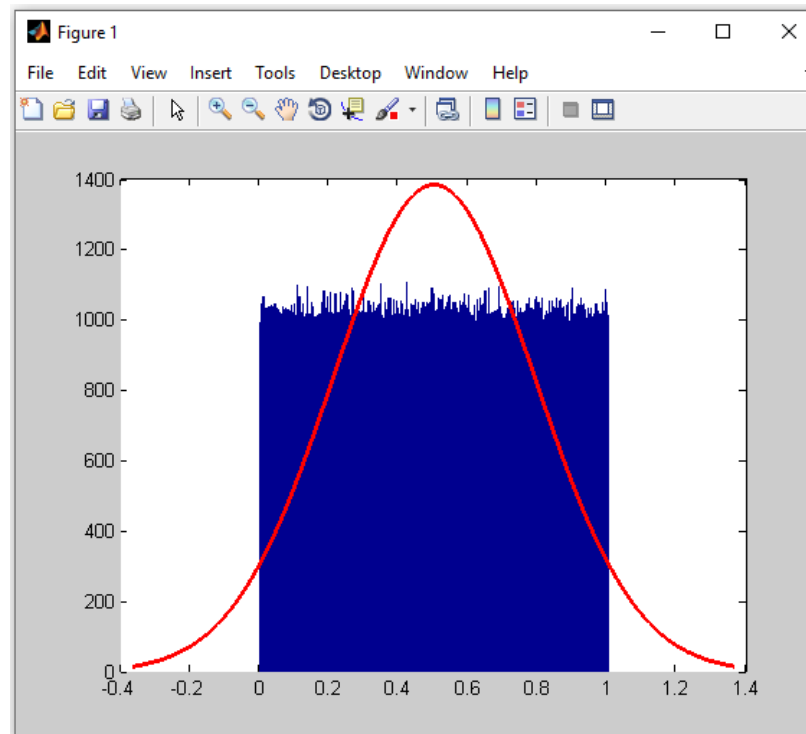


```
>> diag(A) %διάνυσμα με τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα A
ans =
     1
    -2
     6
>> diag(a) %δημιουργία τετραγωνικού πίνακα με διαγώνιο τα στοιχεία του διανύσματος a και λοιπά στοιχεία 0
ans =
     3     0     0     0
     0     4     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     2
>> diag(a,2) % a μετακινείται n θέσεις πάνω από την κύρια διαγώνιο αν n>0 ή n θέσεις κάτω από την κύρια διαγώνιο αν n<0
ans =
     0     0     3     0     0     0
     0     0     0     4     0     0
     0     0     0     0     1     0
     0     0     0     0     0     2
     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0
>> rand(3,2) % Δημιουργία τυχαίου πίνακα (3x2) με στοιχεία ομοιόμορφα κατανομημένα στο [0,1]
ans =
     0.4965     0.4027
     0.9111     0.0597
     0.7043     0.6360
>> rand(2) % Δημιουργία τυχαίου τετραγωνικού πίνακα (2x2) με στοιχεία ομοιόμορφα κατανομημένα στο [0,1]
ans =
     0.7575     0.1039
     0.7622     0.5062
```

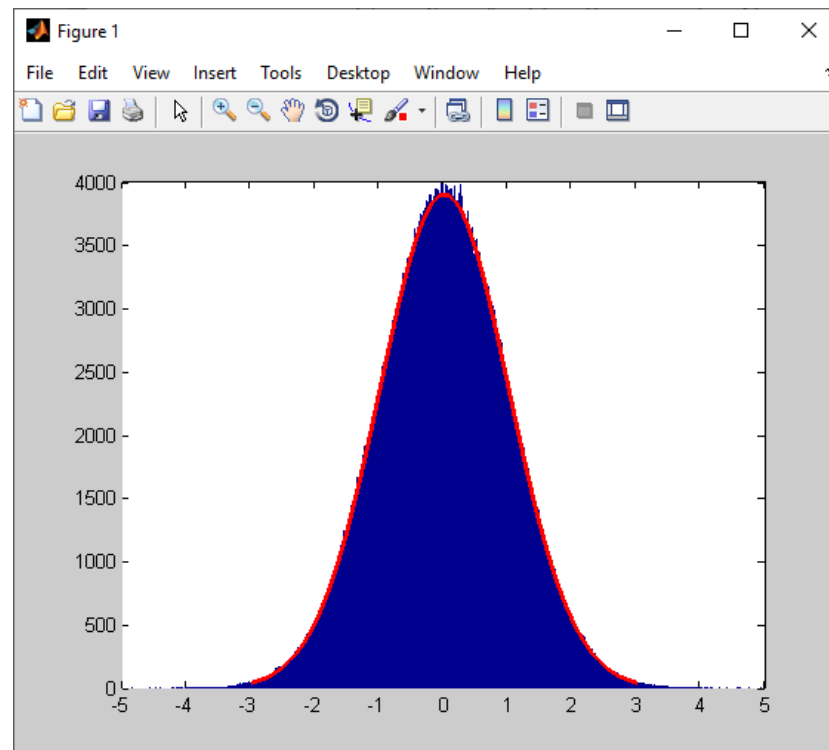
```
>> randn(2) % Δημιουργία τυχαίου τετραγωνικού πίνακα (2x2) με στοιχεία που ακολουθούν κανονική κατανομή μηδενικού μέσου και μοναδιαίας διακύμανσης  
ans =  
-0.6193 -0.1720  
0.8614 0.7545
```

```
>> r1 = rand(1, 10e5); %Δημιουργία τυχαίου διανύσματος με 10^6 στοιχεία ομοιόμορφα κατανομημένα στο [0,1]  
>> mean(r1) %Αναμένουμε μέση τιμή 0.5 καθώς τα στοιχεία είναι ομοιόμορφα κατανομημένα στο [0,1]  
ans =  
0.4997
```

```
>> histfit(r1) % Ιστόγραμμα συχνότητων
```



```
>> r2 = randn(1, 10e5); %Δημιουργία τυχαίου διανύσματος με 10^6 στοιχεία που ακολουθούν κανονική κατανομή μηδενικού μέσου και μοναδιαίας διακύμανσης
>> mean(r2) %Αναμένουμε μέση τιμή 0
ans =
    0.0019
>> std(r2) %Αναμένουμε τυπική απόκλιση 1
ans =
    0.9995
>> histfit(r2) % Ιστόγραμμα συχνότητων
```



Παραδείγματα χρήσης συναρτήσεων διαχείρισης πινάκων:

```
>> Azeros=zeros(3,2)
```

```
Azeros =
```

```
 0  0
 0  0
 0  0
```

```
>> Aones=ones(1,3)
```

```
Aones =
```

```
 1  1  1
```

```
>> Ident=eye(3)
```

```
Ident =
```

```
 1  0  0
 0  1  0
 0  0  1
```

- Αυτές οι εντολές θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στη χρηματοοικονομική ανάλυση.

Ένα τυπικό παράδειγμα χρήσης της συνάρτησης `ones`, είναι στο πρόβλημα βελτιστοποίησης ενός χαρτοφυλακίου, όπου τα βάρη του χαρτοφυλακίου εκφρασμένα σε μορφή διανύσματος είναι π.χ. :

$W = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]$ οπότε και θα έπρεπε να ικανοποιούν τον ακόλουθο περιορισμό:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ο ανωτέρω περιορισμός μπορεί να εκφραστεί στο Matlab ως εξής:

```
W*ones(n,1)=1
```

```
>> A=[1 2 3;-1 -2 -3;2 4 6] %δημιουργία τετραγωνικού πίνακα A
```

```
A =
```

```
 1  2  3  
-1 -2 -3  
 2  4  6
```

```
>> trace(A) %άθροισμα διαγωνίων στοιχείων πίνακα A, αφορά μόνο σε τετραγωνικό πίνακα
```

```
ans =
```

```
 5
```

```
>> rot90(A) %αντιωρολογιακή περιστροφή πίνακα A κατά 90°
```

```
ans =
```

```
 3 -3  6  
 2 -2  4  
 1 -1  2
```

```
>> rot90(A,2) %αντιωρολογιακή περιστροφή πίνακα A κατά 180°
```

```
ans =
```

```
 6  4  2  
-3 -2 -1  
 3  2  1
```

```
>> rot90(A,-1) %ωρολογιακή περιστροφή πίνακα A κατά 90°
```

```
ans =
```

```
 2 -1  1  
 4 -2  2  
 6 -3  3
```

```
>> rot90(A,4) %αντιωρολογιακή περιστροφή πίνακα A κατά 360°/ επιστρέφει τον A και είναι ισοδύναμη με την rot90(A,-4)
```

```
ans =
```

```
 1  2  3  
-1 -2 -3  
 2  4  6
```

```
>> flipud(A) %συμμετρικός πίνακα A ως προς τις γραμμές
```

```
ans =
```

```
 2  4  6  
-1 -2 -3  
 1  2  3
```

```
>> fliplr(A) %συμμετρικός πίνακα A ως προς τις στήλες
```

```
ans =
```

```
 3  2  1  
-3 -2 -1  
 6  4  2
```

```
>> triu(A) %άνω τριγωνικός πίνακας που αντιστοιχεί στον πίνακα A
```

```
ans =
```

```
 1  2  3  
 0 -2 -3  
 0  0  6
```

```
>> tril(A) %κάτω τριγωνικός πίνακας που αντιστοιχεί στον πίνακα A
```

```
ans =
```

```
 1  0  0  
-1 -2  0  
 2  4  6
```

- ❖ Πρόσθεση και αφαίρεση πινάκων: Μόνο για πίνακες ίδιων διαστάσεων ($A+B$, $A-B$ αντιστοίχως). Υπάρχει η δυνατότητα πρόσθεσης/αφαίρεσης ενός τυχαίου αριθμού a από όλα τα στοιχεία πίνακα ($A+a$, $A-a$)
- ❖ Πολλαπλασιασμός πινάκων: Μόνο εφόσον ο αριθμός των στηλών του πρώτου πίνακα ισούται με τον αριθμό των γραμμών του δεύτερου πίνακα ($A*B$). Υπάρχει η δυνατότητα να πολλαπλασιάσουμε όλα τα στοιχεία ενός πίνακα ή ενός διανύσματος με έναν αριθμό.
- ❖ Διαίρεση πινάκων: Η διαίρεση από αριστερά ($A \setminus b$) λύνει το γραμμικό σύστημα $Ax=b$, ενώ η διαίρεση από δεξιά (b/A) λύνει το γραμμικό σύστημα $x A=b$.
- ❖ Ύψωση πίνακα σε δύναμη: Για να εκτελείται η πράξη ύψωσης σε δύναμη θα πρέπει ο πίνακας να είναι τετραγωνικός (πχ. A^4).
- ❖ Ανάστροφος πίνακα ενός πίνακα A διαστάσεων $(m \times n)$ ονομάζεται ο πίνακας διαστάσεων $(n \times m)$ του οποίου οι γραμμές (στήλες) αντιστοιχούν στις στήλες (γραμμές) του A . Υπολογίζεται με την εντολή $\text{transpose}(A)$ ή A' .

- ❖ Αντίστροφος πίνακα ενός τετραγωνικού πίνακα A διαστάσεων $(n \times n)$ ονομάζεται ο τετραγωνικός πίνακας A^{-1} διαστάσεων $(n \times n)$ για τον οποίο ισχύει: $A^{-1} A = A A^{-1} = I$, όπου I ο μοναδιαίος πίνακας διαστάσεων $(n \times n)$. Υπολογίζεται με την εντολή `inv(A)` υπό την προϋπόθεση η ορίζουσα του A να είναι διάφορη του μηδενός.
- ❖ Η ορίζουσα ενός τετραγωνικού πίνακα διαστάσεων $(n \times n)$, υπολογίζεται από την εντολή `det(A)`.

Πράξεις πινάκων στοιχείο με στοιχείο για πίνακες ίδιων διαστάσεων μόνο είναι οι ακόλουθες:

- Πρόσθεση και αφαίρεση: δεν υπάρχει διαφοροποίηση στα σύμβολα γιατί οι συγκεκριμένες πράξεις είναι εξ ορισμού πράξεις στοιχείο με στοιχείο.
- Πολλαπλασιασμός : σύμβολο `.*`
- Διαίρεση: σύμβολο `./` ή `.\`
- Ύψωση σε δύναμη: `.^`


```
>> A=rand(3,2);B=ones(3,2);
>> B+5 %πρόσθεση βαθμωτού σε πίνακα
ans =
    6    6
    6    6
    6    6
>> A+B %προσθήκη πινάκων ίδιων διαστάσεων
ans =
    1.9773    1.3317
    1.6174    1.1011
    1.0523    1.9595
>> A*B %πολλαπλασιασμός πινάκων
??? Error using ==> mtimes
Inner matrix dimensions must agree.

>> A*ones(2,3) %πολλαπλασιασμός πινάκων (m x n) (n x m)
ans =
    1.3089    1.3089    1.3089
    0.7185    0.7185    0.7185
    1.0118    1.0118    1.0118
>> A^2 %Μήνυμα λάθους για μη τετραγωνικό πίνακα
??? Error using ==> mpower
Inputs must be a scalar and a square matrix.

>> C=A(1:2,1:2) %Δημιουργία τετραγωνικού πίνακα C
C =
    0.5638    0.0804
    0.0462    0.9280
>> C^3 % Ισοδύναμη με C*C*C
ans =
    0.1869    0.1372
    0.0789    0.8081
```

```
>> A' %ανάστροφος πίνακα A, εναλλακτικός τρόπος γραφής: transpose(A)
ans =
    0.5638    0.0462    0.2236
    0.0804    0.9280    0.9062

>> inv(C) %αντίστροφος τετραγωνικού πίνακα
ans =
    1.7863   -0.1548
   -0.0890    1.0853

>> det(C) %ορίζουσα τετραγωνικού πίνακα
ans =
    0.5195

>> A=[1 2 3;4 5 6;7 8 8];b=[4;5;6];
>> x=A\b % λύνει το γραμμικό σύστημα Ax=b και είναι ισοδύναμη με τις: x=inv(A)*b και x=(A^-1)*b
x =
   -3.3333
    3.6667
   -0.0000

>> A*x %επαλήθευση
ans =
    4.0000
    5.0000
    6.0000

>> A=transpose(A);b=transpose(b);
>> x=b/A %λύνει το γραμμικό σύστημα xA=b
x =
   -3.3333    3.6667   -0.0000

>> x*A %επαλήθευση
ans =
    4.0000    5.0000    6.0000
```

Πράξεις με πίνακες

```
>> A=[1 1 1;2 2 2;3 3 3], B=2*eye(3)+1
```

```
A =
```

```
 1  1  1
 2  2  2
 3  3  3
```

```
B =
```

```
 3  1  1
 1  3  1
 1  1  3
```

```
>> A.*B % πίνακας με γενικό στοιχείο A(i,j)*B(i,j). Η παράσταση είναι ισοδύναμη με την B.*A
```

```
ans =
```

```
 3  1  1
 2  6  2
 3  3  9
```

```
>> A./B % πίνακας με γενικό στοιχείο A(i,j)/B(i,j).
```

```
ans =
```

```
 0.3333  1.0000  1.0000
 2.0000  0.6667  2.0000
 3.0000  3.0000  1.0000
```

```
>> A.\B %πίνακας με γενικό στοιχείο B(i,j)/A(i,j). Η παράσταση είναι ισοδύναμη με την B./A .
```

```
ans =
```

```
 3.0000  1.0000  1.0000
 0.5000  1.5000  0.5000
 0.3333  0.3333  1.0000
```

```
>> 2.^B %πίνακας με γενικό στοιχείο 2^B(i,j).
```

```
ans =
```

```
 8  2  2
 2  8  2
 2  2  8
```

```
>> A.^B % πίνακας με γενικό στοιχείο το A(i,j)^B(i,j).
```

```
ans =
```

```
 1  1  1
 2  8  2
 3  3  27
```

Ασκήσεις για εξάσκηση:

- Χρησιμοποιήστε δύο τρόπους για να εισάγετε ένα διάνυσμα a :
 - με 100 ισαπέχοντα στοιχεία στο διάστημα $2 - 51.5$,
 - με στοιχεία που διαφέρουν κατά 0.2 μεταξύ τους, στο διάστημα $11 - 22$.
- Εισάγετε ένα διάνυσμα γραμμής a με 6 τυχαία στοιχεία, στο διάστημα $[0, 10]$. Στη συνέχεια, δημιουργήστε έναν πίνακα A , του οποίου η πρώτη γραμμή περιέχει τις τιμές $2a+5$ και η δεύτερη γραμμή τις τιμές $6a$.
- Αφού εισάγετε (με τη βοήθεια της εντολής $x1:x2:x3$) τον πίνακα A να δημιουργήσετε:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 10 & 13 \\ 2 & 5 & 8 & 11 & 14 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 15 \end{bmatrix}$$

- διάνυσμα a με τα στοιχεία της τρίτης στήλης του A .
 - διάνυσμα b με τα στοιχεία της πρώτης γραμμής του A .
 - πίνακα B (3×4) με τα στοιχεία από τη δεύτερη μέχρι και την πέμπτη στήλη του A .
 - πίνακα C (2×2) με τα στοιχεία από την πρώτη μέχρι και τη δεύτερη γραμμή και από την πρώτη μέχρι και τη δεύτερη στήλη του A .
 - Υπολογίστε τον αντίστροφο πίνακα του C και στη συνέχεια επαληθεύστε την σχέση $C C^{-1} = I$.
- Έστω p ένα πολυώνυμο 3^{ου} βαθμού για το οποίο ισχύει $p(1)=-5$, $p(2)=-3$, $p(3)=1$ και $p(10)=10$. Να υπολογίσετε τους συντελεστές του πολυωνύμου.