



**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ &
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Σήματος

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟ MATLAB

Ακαδημαϊκό έτος 2018-2019

Οι εκφράσεις στο MATLAB

- Παρέχει την δυνατότητα αναπαράστασης μαθηματικών εκφράσεων.
- Πλεονέκτημα είναι ότι γίνεται γενικευμένη χρήση των πινάκων.
- Τα βασικά δομικά στοιχεία είναι:
 - Μεταβλητές
 - Αριθμοί
 - Τελεστές
 - Συναρτήσεις

Οι μεταβλητές στο MATLAB

- Δεν απαιτείται δήλωση του μεγέθους ή της διάστασης.
- Δεσμεύεται αυτόματα στην μνήμη με τον ορισμό.
- Αν η μεταβλητή υπάρχει τότε μεταβάλλονται τα περιεχόμενα της.

Οι μεταβλητές στο MATLAB

■ Δημιουργία μιας μεταβλητής (πίνακας 1x1) με ανάθεση τιμής:

```
>> num_students=25
```

■ Για να δούμε την τιμή εισάγουμε το όνομα.

■ Κανόνες:

- Προηγείται ένα γράμμα, ακολουθούμενο από οποιοδήποτε συνδυασμό γραμμάτων, ψηφίων, και underscores.
- Διαχωρισμός κεφαλαίων – μικρών.

Οι αριθμοί στο MATLAB

- Χρήση της κλασσικής δεκαδικής αναπαράστασης.
- Χρήση της επιστημονικής αναπαράστασης με το γράμμα e να έπεται της μαντίσσας για τον καθορισμό του εκθέτη της δύναμης του 10.
- Μιγαδικοί αριθμοί αναπαρίστανται με τα γράμματα i, j .

Οι αριθμοί στο MATLAB

■ Παραδείγματα:

- ✓ 3
- ✓ 9.6397238
- ✓ 1i
- ✓ -99
- ✓ 1.60210e-20
- ✓ -3.14159j
- ✓ 3e5i
- ✓ 6.02252e23
- ✓ 0.0001

■ Οι αριθμοί αναπαρίστανται σύμφωνα με το πρότυπο IEEE.

■ Οι κινητής υποδιαστολής έχουν ακρίβεια 16 δεκαδικών ψηφίων και εύρος 10^{-308} έως 10^{+308} .

Τελεστές

- + Πρόσθεση
- Αφαίρεση
- * Πολλαπλασιασμός
- / Διαίρεση
- \ Αριστερή διαίρεση
- ^ Δύναμη
- ' Ανάστροφος, Συζυγής Μιγαδικός
- () Καθορισμός σειράς εκτέλεσης πράξεων.

Συναρτήσεις

- Παρέχεται μια μεγάλη ποικιλία από βασικές μαθηματικές συναρτήσεις.
- Η τετραγωνική ρίζα ή ο λογάριθμος ενός αρνητικού αριθμού δεν επιστρέφει λάθος.
- Παρέχεται μια μεγάλη ποικιλία πολύπλοκων μαθηματικών συναρτήσεων όπως οι Bessel, Γαμα, Βήτα κ.λ.π.
- Υπάρχουν πολλές λίστες με τις συναρτήσεις του MATLAB.

Συναρτήσεις

>> help elfun

Elementary math functions.

Trigonometric.

sin - Sine.
sind - Sine of argument in degrees.
sinh - Hyperbolic sine.
asin - Inverse sine.
asind - Inverse sine, result in degrees.
asinh - Inverse hyperbolic sine.
cos - Cosine.
cosd - Cosine of argument in degrees.
cosh - Hyperbolic cosine.
acos - Inverse cosine.
acosd - Inverse cosine, result in degrees.
acosh - Inverse hyperbolic cosine.
tan - Tangent.
tand - Tangent of argument in degrees.
tanh - Hyperbolic tangent.
atan - Inverse tangent.
atand - Inverse tangent, result in degrees.
atan2 - Four quadrant inverse tangent.

atanh - Inverse hyperbolic tangent.
sec - Secant.
secd - Secant of argument in degrees.
sech - Hyperbolic secant.
asec - Inverse secant.
asecd - Inverse secant, result in degrees.
asech - Inverse hyperbolic secant.
csc - Cosecant.
cscd - Cosecant of argument in degrees.
csch - Hyperbolic cosecant.
acsc - Inverse cosecant.
acscd - Inverse cosecant, result in degrees.
acsch - Inverse hyperbolic cosecant.
cot - Cotangent.
cotd - Cotangent of argument in degrees.
coth - Hyperbolic cotangent.
acot - Inverse cotangent.
acotd - Inverse cotangent, result in degrees.
acoth - Inverse hyperbolic cotangent.

Συναρτήσεις

Exponential.

- exp - Exponential.
- expm1 - Compute $\exp(x)-1$ accurately.
- log - Natural logarithm.
- log1p - Compute $\log(1+x)$ accurately.
- log10 - Common (base 10) logarithm.
- log2 - Base 2 logarithm and dissect floating point number.
- pow2 - Base 2 power and scale floating point number.
- realpow - Power that will error out on complex result.
- reallog - Natural logarithm of real number.
- realsqrt - Square root of number greater than or equal to zero.
- sqrt - Square root.
- nthroot - Real n-th root of real numbers.
- nextpow2 - Next higher power of 2.

Complex.

- abs - Absolute value.
- angle - Phase angle.
- complex - Construct complex data from real and imaginary parts.
- conj - Complex conjugate.
- imag - Complex imaginary part.
- real - Complex real part.
- unwrap - Unwrap phase angle.
- isreal - True for real array.
- cplxpair - Sort numbers into complex conjugate pairs.

Rounding and remainder.

- fix - Round towards zero.
- floor - Round towards minus infinity.
- ceil - Round towards plus infinity.
- round - Round towards nearest integer.
- mod - Modulus (signed remainder after division).
- rem - Remainder after division.
- sign - Signum.

Συναρτήσεις

>> help specfun

Specialized math functions.

- airy - Airy functions.
- besselj - Bessel function of the first kind.
- bessely - Bessel function of the second kind.
- besselh - Bessel functions of the third kind (Hankel function).
- besseli - Modified Bessel function of the first kind.
- besselk - Modified Bessel function of the second kind.
- beta - Beta function.
- betainc - Incomplete beta function.
- betaln - Logarithm of beta function.
- ellipj - Jacobi elliptic functions.
- ellipke - Complete elliptic integral.
- erf - Error function.
- erfc - Complementary error function.
- erfcx - Scaled complementary error function.
- erfinv - Inverse error function.
- expint - Exponential integral function.

Number theoretic functions.

- factor - Prime factors.
- isprime - True for prime numbers.
- primes - Generate list of prime numbers.
- gcd - Greatest common divisor.
- lcm - Least common multiple.
- rat - Rational approximation.
- rats - Rational output.
- perms - All possible permutations.
- nchoosek - All combinations of N elements taken K at a time.
- factorial - Factorial function.

Coordinate transforms.

- cart2sph - Transform Cartesian to spherical coordinates.
- cart2pol - Transform Cartesian to polar coordinates.
- pol2cart - Transform polar to Cartesian coordinates.
- sph2cart - Transform spherical to Cartesian coordinates.
- hsv2rgb - Convert hue-saturation-value colors to red-green-blue.
- rgb2hsv - Convert red-green-blue colors to hue-saturation-value.

Συναρτήσεις

>> help elmat

Elementary matrices and matrix manipulation.

Elementary matrices.

- zeros - Zeros array.
- ones - Ones array.
- eye - Identity matrix.
- repmat - Replicate and tile array.
- rand - Uniformly distributed random numbers.
- randn - Normally distributed random numbers.
- linspace - Linearly spaced vector.
- logspace - Logarithmically spaced vector.
- freqspace - Frequency spacing for frequency response.
- meshgrid - X and Y arrays for 3-D plots.
- accumarray - Construct an array with accumulation.
 - Regularly spaced vector and index into matrix.

Basic array information.

- size - Size of array.
- length - Length of vector.
- ndims - Number of dimensions.
- numel - Number of elements.
- disp - Display matrix or text.
- isempty - True for empty array.
- isequal - True if arrays are numerically equal.
- isequalwithequalnans - True if arrays are numerically equal.

Multi-dimensional array functions.

- ndgrid - Generate arrays for N-D functions and interpolation.
- permute - Permute array dimensions.
- ipermute - Inverse permute array dimensions.
- shiftdim - Shift dimensions.
- circshift - Shift array circularly.
- squeeze - Remove singleton dimensions.

Συναρτήσεις

Matrix manipulation.

cat - Concatenate arrays.
reshape - Change size.
diag - Diagonal matrices and diagonals of matrix.
blkdiag - Block diagonal concatenation.
tril - Extract lower triangular part.
triu - Extract upper triangular part.
fliplr - Flip matrix in left/right direction.
flipud - Flip matrix in up/down direction.
flipdim - Flip matrix along specified dimension.
rot90 - Rotate matrix 90 degrees.
: - Regularly spaced vector and index into matrix.
find - Find indices of nonzero elements.
end - Last index.
sub2ind - Linear index from multiple subscripts.
ind2sub - Multiple subscripts from linear index.

Special variables and constants.

ans - Most recent answer.
eps - Floating point relative accuracy.
realmax - Largest positive floating point number.
realmin - Smallest positive floating point number

Specialized matrices.

compan - Companion matrix.
gallery - Higham test matrices.
hadamard - Hadamard matrix.
hankel - Hankel matrix.
hilb - Hilbert matrix.
invhilb - Inverse Hilbert matrix.
magic - Magic square.
pascal - Pascal matrix.
rosser - Classic symmetric eigenvalue test problem.
toeplitz - Toeplitz matrix.
vander - Vandermonde matrix.
wilkinson - Wilkinson's eigenvalue test matrix.

Συναρτήσεις

- Μερικές από τις συναρτήσεις είναι ενσωματωμένες στο εκτελέσιμο κομμάτι του MATLAB για μεγαλύτερη ταχύτητα. Π.χ στις `sqrt()`, `sin()` δεν εμφανίζεται ο κώδικας.
- Άλλες είναι υλοποιήσιμες σε `m-files`. Π.χ στις `gamma()`, `sinh()` εμφανίζεται ο κώδικας στα αντίστοιχα αρχεία.

Ειδικές Συναρτήσεις

<u>pi</u>	π
<u>i</u>	imaginary unit $\sqrt{-1}$
<u>j</u>	
<u>eps</u>	machine precision, $\epsilon :: 2^{-52}$
<u>realmin</u>	minimum real number, 2^{-1022}
<u>realmax</u>	maximum real number, $(2 - \epsilon)2^{1023}$
<u>Inf</u>	
<u>NaN</u>	

Ειδικές Συναρτήσεις

- Τα ονόματα των ειδικών συναρτήσεων μπορούν να υποστούν υπέρβαση.

```
>> eps = 1.e-6
```

- Η αρχική τιμή μπορεί να επανακαθοριστεί με την εντολή `clear`.

```
>> clear eps
```

Συναρτήσεις - Παραδείγματα

```
rho = (1+sqrt(5))/2
```

```
rho =
```

```
1.6180
```

```
a = abs(3+4i)
```

```
a =
```

```
5
```

```
z = sqrt(besselk(4/3,rho-i))
```

```
z =
```

```
0.3730+ 0.3214i
```

```
huge = exp(log(realmax))
```

```
huge =
```

```
1.7977e+308
```

```
toobig = pi*huge
```

```
toobig =
```

```
Inf
```

Δημιουργώντας πίνακες

- Το MATLAB παρέχει 4 βασικές συναρτήσεις δημιουργίας πινάκων.
 - `zeros()` – Όλα τα στοιχεία μηδενικά.
 - `ones()` – Όλα τα στοιχεία ένα.
 - `rand()` – Τυχαίοι αριθμοί, ομοιόμορφα κατανομημένοι
 - `randn()` – Τυχαίοι αριθμοί κανονικά κατανομημένοι.

Δημιουργώντας πίνακες

```
Z = zeros(2,4)
```

```
Z =
```

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

```
N = fix(10*rand(1,10))
```

```
N =
```

```
    9    2    6    4    8    7    4    0    8
    4
```

```
F = 5*ones(3,3)
```

```
F =
```

```
    5    5    5
    5    5    5
    5    5    5
```

```
R = randn(4,4)
```

```
R =
```

```
    0.6353    0.0860   -0.3210   -1.2316
   -0.6014   -2.0046    1.2366    1.0556
    0.5512   -0.4931   -0.6313   -0.1132
   -1.0998    0.4620   -2.3252    0.3792
```

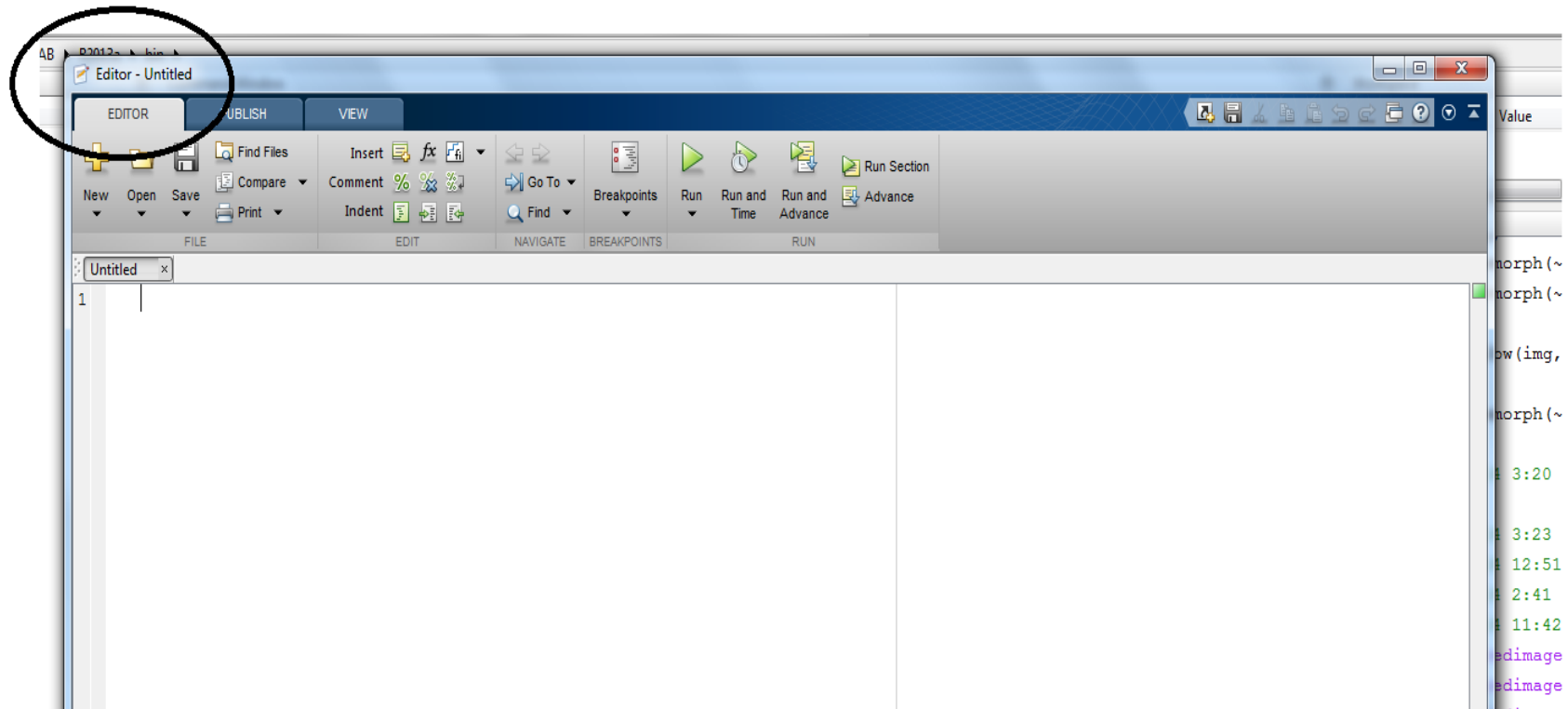
Η εντολές `save`, `load`

- Αποθηκεύει και διαβάζει δυαδικά ή αρχεία κειμένου που περιέχουν πίνακες που έχουν δημιουργηθεί από προγενέστερες εκδόσεις του matlab.
- Δημιουργείστε το αρχείο `magic.dat` με τις τιμές του μαγικού πίνακα διάστασης 4.
 - Εντολή `save`
- Διαβάστε το χρησιμοποιώντας την εντολή:
`>> load magic.dat`

Αρχεία του matlab. M-files

- Μπορούμε να δημιουργήσουμε τα δικά μας αρχεία χρησιμοποιώντας είτε ένα οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου είτε τον επεξεργαστή κειμένου του MATLAB.
- Η αποθήκευση του αρχείου γίνεται με την κατάληξη .m

Matlab Editor



Εργασία

- Δημιουργήστε ένα αρχείο με όνομα magic.m
- Μέσα σε αυτό πληκτρολογήστε τον ακόλουθο κώδικα.

a = [...

```
16   3   2  13
 5  10  11   8
 9   6   7  12
 4  15  14   1];
```

- Καλέστε το αρχείο απλά με το όνομα του.

Συγχώνευση Πινάκων

- Είναι η διαδικασία της ένωσης μικρών σε μέγεθος πινάκων ώστε να δημιουργήσουμε μεγαλύτερους.

```
>> B=magic(4)
>> A=B(:,[1 3 2 4])''

>> B = [A A+32; A+48 A+16]
```

B =

16	3	2	13	48	35	34	45
5	10	11	8	37	42	43	40
9	6	7	12	41	38	39	44
4	15	14	1	36	47	46	33
64	51	50	61	32	19	18	29
53	58	59	56	21	26	27	24
57	54	55	60	25	22	23	28
52	63	62	49	20	31	30	17

Διαγράφοντας στοιχεία

$X=A;$

$X(:,2)=[]$ – Διαγραφή της 2^{ης} στήλης του πίνακα X

$X =$

16	2	13
5	11	8
9	7	12
4	14	1

Διαγράφοντας στοιχεία

❑ Η εντολή $X(1,2)=[]$ δεν είναι αποδεκτή.

❑ Η χρήση ενός δείκτη για διαγραφή μεταφέρει τα εναπομείναντα στοιχεία σε ένα μονοδιάστατο πίνακα γραμμή.

```
>> X(1)=0
```

```
X =
```

```
5    9    4    2   11    7   14   13    8   12    1
```

Καταπίεση Εξόδου

- Αν χρησιμοποιηθεί το ελληνικό ερωτηματικό στο τέλος μιας εντολής δεν εμφανίζεται το αποτέλεσμα της έκφρασης στην έξοδο.
- Η τιμή της έκφρασης υπάρχει.
- Εξαιρετικά χρήσιμο για μεγάλους πίνακες.

Διατάξεις αριθμών

- Οι ομαδοποιήσεις των δεδομένων στο MATLAB μπορούν να αναπαρασταθούν και χωρίς τις έννοιες της γραμμικής άλγεβρας.
- Οι πίνακες τότε χαρακτηρίζονται ως διατάξεις δεδομένων (arrays).

Διατάξεις αριθμών

- Η αριθμητική των διατάξεων γίνεται στοιχείο με στοιχείο.
- Η πρόσθεση και η αφαίρεση είναι η ίδια όπως ορίζεται και στην θεωρία πινάκων.
- Ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση διαφέρουν από την θεωρία πινάκων
- Χρήση του τελεστή της τελείας.

Διατάξεις αριθμών

❶ Οι χρησιμοποιούμενοι τελεστές είναι:

+ πρόσθεση

- αφαίρεση

. * πολλαπλασιασμός στοιχείου

. / διαίρεση στοιχείου

. ^ δύναμη στοιχείου

. ' ανάστροφος στοιχείου (χωρίς συζυγή)

Διατάξεις αριθμών

Παράδειγμα

```
>> A = [...  
    16   3   2  13  
    5  10  11   8  
    9   6   7  12  
    4  15  14   1];
```

```
>> A.*A
```

```
ans =
```

```
256   9   4  169  
 25  100 121   64  
 81  36  49  144  
 16 225 196   1
```

Παράδειγμα

```
>> n = (0:9)';  
>> pows = [n n.^2 2.^n]
```

```
pows =
```

```
0   0   1  
1   1   2  
2   4   4  
3   9   8  
4  16  16  
5  25  32  
6  36  64  
7  49 128  
8  64 256  
9  81 512
```

Διατάξεις αριθμών

```
>> format short g
>> x = (1:0.1:2)';
>> logs = [x log10(x)]
logs =
```

- ❑ Οι στοιχειώδης συναρτήσεις του MATLAB επενεργούν στις διατάξεις κατά στοιχείο.
- ❑ Το παράδειγμα παράγει έναν πίνακα λογαρίθμων.

1	0
1.1	0.041393
1.2	0.079181
1.3	0.11394
1.4	0.14613
1.5	0.17609
1.6	0.20412
1.7	0.23045
1.8	0.25527
1.9	0.27875
2	0.30103

Στατιστική Ανάλυση

- Το MATLAB χρησιμοποιεί τις στήλες για την ανάλυση στατιστικών δεδομένων.
- Το στοιχείο (i,j) δηλώνει την i -παρατήρηση του j -μεγέθους.
- Για να δούμε την λίστα των συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται στο MATLAB:
>> help datafun
>> help stats

Στατιστική Ανάλυση

```
>> D = [ ...  
72      134      3.2  
81      201      3.5  
69      156      7.1  
82      148      2.4  
75      170      1.2 ];
```

```
>> mu = mean(D),  
mu =  
75.8      161.8      3.48  
  
>> sigma = std(D)  
sigma =  
5.6303  25.499  2.2107
```

Διευθυοδότηση με λογική

- Τα λογικά διανύσματα που δημιουργούνται από τους λογικούς και συσχετιστικούς τελεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διευθυοδότηση στοιχείων του πίνακα ή της διάταξης.
- Έστω X ένας πίνακας και L είναι ένας πίνακας ιδίου μεγέθους που είναι το αποτέλεσμα μιας λογικής πράξης.

Διευθυοδότηση με λογική

■ $X(L)$ καθορίζει τα στοιχεία του X όπου τα στοιχεία του L είναι μη μηδενικά.

```
>> x = [2.1 1.7 1.6 1.5 NaN 1.9 1.8 1.5...  
        5.1 1.8 1.4 2.2 1.6 1.8];
```

```
>> x = x(isfinite(x))
```

```
x =
```

```
2.1 1.7 1.6 1.5 1.9 1.8 1.5 5.1 1.8 1.4 2.2  
1.6 1.8
```

Διευθυοδότηση με λογική

- Αν θέλω να αναγνωρίσω ακραίες τιμές.
- Η εντολή απομακρύνει οποιοδήποτε στοιχείο που έχει απόσταση από την μέση τιμή περισσότερο από το τριπλάσιο της τυπικής απόκλισης.

```
>> x = x(abs(x-mean(x)) <= 3*std(x))
```

```
x =
```

```
2.1 1.7 1.6 1.5 1.9 1.8 1.5 1.8 1.4 2.2 1.6 1.8
```

Διευθυοδότηση με λογική

■ Ας δούμε που βρίσκονται οι πρώτοι αριθμοί στον μαγικό πίνακα.

```
>> A(~isprime(A)) = 0
```

```
A =
```

```
0    3    2   13
5    0   11    0
0    0    7    0
0    0    0    0
```

Η συνάρτηση find

• Επιστρέφει τους δείκτες μιας διάταξης που ικανοποιούν μια συνθήκη. Χρησιμοποιεί λογική μονοδιάστατης διευθυοδότησης στην πιο απλή μορφή της.

• Έστω ο μαγικός πίνακας A

```
>> k = find(isprime(A))'
```

```
k =
```

```
2    5    9   10   11   13
```

Η συνάρτηση find

■ Ας εμφανίσουμε τα πρώτα στοιχεία...

```
>>k = find(isprime(A))'
```

```
>> A(k)
```

```
ans =
```

```
5 3 2 11 7 13
```

■ Άν χρησιμοποιήσουμε στο αριστερό μέλος την διευθυοδότηση η μορφή του πίνακα διατηρείται.

Η συνάρτηση find

■ Αναζήτηση και εμφάνιση γραμμής και στήλης.

```
>> [k,l] = find(isprime(A))'
```

```
>> [k l]
```

```
ans =
```

```
2 1
```

```
1 2
```

```
1 3
```

```
2 3
```

```
3 3
```

```
1 4
```

Η εντολή format

- Ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο οι τιμές εμφανίζονται στο κύριο παράθυρο του MATLAB.
- Επηρεάζει μόνο τον τρόπο εμφάνισης και όχι της αποθήκευσης.

Η εντολή format

```
>> x = [4/3 1.2345e-6]
```

```
>> format short
```

```
1.3333 0.0000
```

```
>> format short e
```

```
1.3333e+000 1.2345e-006
```

```
>> format short g
```

```
1.3333 1.2345e-006
```

Η εντολή format

```
>> format long
```

```
1.3333333333333333 0.00000123450000
```

```
>> format long e
```

```
1.3333333333333333e+000 1.2345000000000000e-006
```

```
>> format long g
```

```
1.3333333333333333 1.2345e-006
```

Η εντολή format

```
>> format bank
```

```
1.33      0.00
```

```
>> format rat
```

```
4/3      1/810045
```

```
>> format hex
```

```
3ff5555555555555 3eb4b6231abfd271
```

Μεγάλες εντολές

- Αν μια εντολή δεν χωράει στην γραμμή εντολών μπορούμε να συνεχίσουμε στην αμέσως επόμενη.
- Τότε η προηγούμενη θα έχει ως τελευταίους χαρακτήρες τρεις τελείες.

$$\begin{aligned} >> s = 1 - 1/2 + 1/3 - 1/4 + 1/5 - 1/6 + 1/7 \dots \\ & \quad - 1/8 + 1/9 - 1/10 + 1/11 - 1/12; \end{aligned}$$