

Matlab

Uniwersalne środowisko do obliczeń naukowo-technicznych

MATLAB (MATrix LABoratory) - interakcyjne środowisko do wykonywania naukowych i inżynierskich obliczeń oraz wizualizacji danych

- produkt firmy **The Math Works, Inc** (adres internetowy <http://www.mathworks.com>)
- zakres zastosowań obejmuje różne dziedziny nauki i techniki, w tym biologię, medycynę, ekonomię, metrologię i wiele innych
- jego zalety to możliwość szybkiego uzyskania rezultatów złożonych obliczeń i przedstawienia ich w postaci wykresów dwu- lub trójwymiarowych, a także jako mapy wielobarwne
- jest to przede wszystkim język programowania wysokiego poziomu, a jego środowisko to typowy interpreter języka poleceń

Zmienne w Matlabie:

- macierze rzeczywiste i zespolone o wymiarach [w x k] to podstawowy typ danych (przy czym skalary to macierze [1 x 1])
- zmienne tekstowe (łańcuchowe) to drugi rodzaj zmiennych
- stałe w pojęciu języków programowania nie występują, można je zapisać pod postacią zmiennych

W Matlabie zmiennych nie deklaruje się; użycie zmiennej automatycznie powoduje przydzielenie jej odpowiedniego obszaru przestrzeni roboczej. Zmienne są przechowywane w przestrzeni roboczej Matlabu i są dostępne tylko przez nazwę (nie występują wskaźniki typowe np. dla języka C). Nazwa zmiennej może składać się z dużych i/lub małych znaków.

Środowisko języka Matlab:

- otwartość i łatwość rozbudowy pakietu - wygodny dostęp do poleceń, funkcji i bibliotek
- praca w trybie interakcyjnym (obliczenia - wykresy - sprawozdanie - wydruki)
- możliwość wyboru platformy sprzętowej - programy i dane można przenosić na inne komputery
- otwarta architektura pakietu, na którą składają się:
 - **M-pliki**, umożliwiające definiowanie własnych poleceń i algorytmów obliczeniowych,
 - **MEX-pliki** (skompilowane podprogramy w C lub Fortranie),
 - **MAT-pliki** i pliki ASCII służące do wymiany danych i wyników obliczeń pomiędzy Matlabem a innymi programami,
 - **Grafika** służy do wizualizacji danych i wyników obliczeń (animacja i efekty dźwiękowe),
 - **GUI** interfejs graficzny daje możliwość pracy interakcyjnej za pomocą okienek edycyjnych, przycisków, suwaków i menu,
 - Usługi **DDE** realizują statyczną lub dynamiczną wymianę danych tekstowych i graficznych pomiędzy programami w środowisku Windows,
- Toolboxy (przyborniki) to ponad 20 wyspecjalizowanych pakietów oprogramowania do różnorodnego wykorzystania; są to biblioteki M-plików, które poszerzają zakres zastosowań Matlaba o najnowsze i najbardziej efektywne osiągnięcia w różnych dziedzinach nauki i techniki
- SIMULINK to interaktywny pakiet do modelowania i symulacji systemów dynamicznych. Umożliwia tworzenie wielopoziomowych schematów blokowych. Obiekty są umieszczone w okienkach jako ikony - można je łączyć w schematy blokowe służące do symulacji. Można tworzyć własne biblioteki obiektów
- Notatnik integruje usługi pakietu Matlab i edytora tekstu Word
- dodatkowe narzędzia produkowane przez niezależne firmy

Dokumentacja podstawowa:

- MATLAB User's Guide - podręcznik z przykładami praktycznych zastosowań oraz omówienie zasad użytkowania pakietu
- MATLAB Reference Guide - zawiera alfabetyczny spis prawie wszystkich poleceń i funkcji, z opisem i przykładami ich wykorzystania

System pomocy tekstowej

- wywołuje się myszką z menu lub jako polecenie:
 - >> *help*
 - lub
 - >> *help nazwa_polecenia*
 - lub
 - >> *help nazwa_M-pliku*
- zapoznanie się z podstawowymi operatorami, instrukcjami i znakami specjalnymi stosowanymi w Matlabie (>> *intro*)
- demo - zestaw programów pokazujących zastosowanie Matlab'a dla rozwiązywania wybranych problemów numerycznych (>> *demo*)

Przykłady zastosowań MATLAB'a

- pomiary
 - badanie jakości żywności - w laboratorium stworzono bazę danych z wynikami analiz typowych produktów żywnościowych; wyniki badań nowej próbki są porównywane przez system ekspertowy z próbkami wyrobu od innych producentów z wykorzystaniem metod rozpoznawania obrazów
- medycyna
 - analiza i wizualizacja przebiegów EEG z 64 kanałów (elektrod)
- energetyka
 - optymalizacja położenia prętów sterujących w rdzeniu elektrowni jądrowej
- zastosowania techniczne i wojskowe
 - system TOS służący do przemieszczania satelity telekomunikacyjnego z orbity tymczasowej na stacjonarną
 - modelowanie aerodynamiki samolotu myśliwskiego JAS 39 Gripen (Saab)
- transport
 - koleje - badanie dynamiki wagonu na poduszce magnetycznej, wibracji torów oraz systemu sterowania
 - identyfikacja parametrów samochodu w oparciu o dane pomiarowe z jazdy próbnej
 - testowanie systemów sterowania jednoczesnego skręcania kół w samochodach formuły 1

Menu okna poleceń MATLAB'a

Okno poleceń Matlab'a posiada nagłówek **MATLAB Command Window**; zawiera ono menu główne z następującymi opcjami:

- **File** - zawiera opcje, które umożliwiają operacje na M-plikach:
 - *New/M-file* - otwarcie okna edycyjnego celem utworzenia nowego M-pliku. Pozostałe opcje New realizują:
 - *New/Figure* - otwarcie nowego okna graficznego,
 - *New/Model* - otwarcie okna Untitled dla tworzenia nowego modelu Simulink'a
 - *Open M-file ...* - modyfikacja istniejącego M-pliku,
 - *Run M-file ...* - uruchomienie M-pliku,
 - *Print* - drukowanie wybranych M-plików, przy czym parametry wydruku ustawia się poprzez Printer Setup,
 - *Save Workspace As ...* - zapis wszystkich zmiennych z przestrzeni roboczej do MAT-pliku o podanej nazwie,
 - *Look for Selected* - wyszukiwanie informacji według słów kluczowych,
 - *Exit* - zakończenie sesji Matlab'a
- **Edit** - przenoszenie informacji do bufora poprzez funkcje *Cut*, *Copy*, *Paste*, *Clear*
- **Options** - wybór edytora dla plików oraz parametrów związanych np. z formatem danych numerycznych, kolorem, wielkością i krojem znaków itp.
- **Windows** - podaje spis otwartych okien Matlab'a
- **Help** - interaktywna pomoc

Styl programowania w MATLAB-ie

- intensywne wykorzystanie funkcji oraz operatorów arytmetycznych dla operacji tablicowych i macierzowych
- zdecydowane ograniczenie stosowania pętli *for*, szczególnie w przypadku operacji na wektorach i macierzach
- tworzenie własnych M-plików skryptowych i funkcyjnych, tak aby działały poprawnie zarówno dla skalarów i macierzy
- tworzenie warunków do wielokrotnego wykorzystania tworzonych programów i ich fragmentów
- analiza M-plików dostarczonych wraz z MATLAB-em

Podstawy języka MATLAB

Obsługa plików i katalogów

Nazwa funkcji	Sposób działania funkcji
who	listuje bieżące zmienne
whos	listuje bieżące zmienne i podaje ich wymiary
which funkcja	wskazuje katalog w którym jest funkcja
size macierz	wyprowadza na ekran wymiary macierzy
what	wyprowadza na ekran listę m-plików
type plik	wyprowadza na ekran listing pliku o nazwie <i>plik.m</i>
exit	kończy sesję Matlaba
save	zapamiętuje całą zawartość przestrzeni roboczej
load	ładuje zawartość pliku <i>matlab.mat</i> do przestrzeni roboczej
dir,ls	wyświetla zawartość katalogu
cd	zmienia bieżący katalog
pwd	pokazuje nazwę bieżącego katalogu
matlabpath	pokazuje listę katalogów widzianych przez Matlab'a
format	ustala format wprowadzanych danych
diary nazwa_pliku	zapisanie przebiegu sesji Matlaba w pliku

Znaki specjalne

- stosuje się je do wprowadzania danych i komentarzy, pisania wyrażeń i poleceń

Symbol znaku	Opis znaku specjalnego	Przykład
=	przypisanie wartości	>> x = 3
[]	używane przy tworzeniu wektorów, macierzy i listy argumentów wyjściowych funkcji	>> a = [2 3 7]
()	zaznaczanie wyrażeń liczonych w pierwszej kolejności i listy argumentów wejściowych funkcji	>> y = 2 * (sqrt(225) + 1)
.	kropka dziesiętna; element operatorów arytmetycznych	>> x = 2.4315
..	katalog macierzysty	>> pwd; cd ..; pwd
...	kontynuacja polecenia w następnej linii	
,	separacja indeksów, argumentów funkcji, poleceń	
;	koniec wiersza macierzy; wstrzymanie wypisania odpowiedzi	>> d = [5 1 3];
%	początek komentarza	% Komentarz
:	generowanie wektorów, indeksowanie macierzy	>> m = 0 : .2 : 5
'	operator transpozycji lub sprzężenia macierzy	>> A=[1 2 ; 3 4]; B = A'
!	wykonanie komendy systemu operacyjnego	>> ! nc

Zmienne specjalne

Nazwa	Opis zmiennej lub stałej
ans	zmienna robocza
computer	nazwa komputera na którym pracuje Matlab
eps	precyzja zmiennoprzecinkowa (dokładność obliczeń)
flops	licznik operacji zmiennoprzecinkowych
i,j	jednostka urojona
Inf	nieskończoność
NaN	wartość nieokreślona
nargin	liczba argumentów wejściowych funkcji
nargout	liczba argumentów wyjściowych funkcji
pi	3.1415926535897...
realmax	największa dostępna liczba rzeczywista
realmin	najmniejsza dostępna liczba rzeczywista

Nazwa	Zmienne specjalne i funkcje czasu
clock	aktualna data i czas
cputime	upływający czas działania komputera
date	aktualna data
etime	podaje wartość wybranego przedziału czasu
tic,toc	funkcje do odmierzenia czasu komputera

Macierze i łańcuchy

1) W Matlabie macierze można definiować na kilka sposobów:

- wprowadzenie listy elementów macierzy z klawiatury:


```
>> A = [1 4 2; 3 7 8; 3 2 5]
>> A = [1 4 2
        3 7 8
        3 2 5]
>> B = [1 2; 3 4] + i * [5 6; 7 8]
```
- wczytanie macierzy z zewnętrznego pliku dyskowego - **load**
- konstruowanie macierzy za pomocą funkcji:

Nazwa funkcji	Opis funkcji do konstruowania macierzy	Przykłady
eye	macierz jednostkowa	>> EYE(N), EYE(N,M)
linspace	wektor o wartościach rozłożonych równomiernie	>> Linspace(x1, x2, N)
logspace	wektor o wartościach rozłożonych logarytmicznie	>> LOGSPACE(d1, d2, N)
ones	macierz o elementach równych 1	>> ONES(M,N)
rand	macierz losowa o rozkładzie równomiernym	>> RAND(M,N)
randn	macierz losowa o rozkładzie normalnym	>> RANDN(M,N)
zeros	macierz z elementami zerowymi	>> ZEROS(M,N)
magic	kwadrat magiczny	>> MAGIC(N)

- konstruowanie macierzy za pomocą dwukropka

2) Dwukropek - operator generowania wektorów i macierzy

- generowanie wektorów

```
>> x = ( j : k ) - taki zapis generuje wektor [ j, j+1, ..., k ]
>> y = ( j : i : k ) - taki zapis generuje wektor [ j, j+i, j+2i, ..., k ]
```

- wybór żądanych wierszy, kolumn i elementów macierzy

```
>> A( :, j ) - wypisanie j-tej kolumny macierzy A
>> A( :, j:k ) - wypisywanie kolumn A(j), A(j+1), ..., A(k)
>> A( i, : ) - wypisanie i-tego wiersza macierzy A
>> A( : ) - wypisanie wszystkich elementów macierzy w jednej kolumnie
>> A( j : k ) - wypisanie, w jednym wierszu, el. macierzy A począwszy od el. o indeksie j aż do indeksu k
>> A( j , k ) - wypisanie elementu z j-go wiersza i k-tej kolumny
```

3) Wybrane funkcje macierzowe (a=[1 2 0; 2 5 -1; 4 10 -1])

Nazwa funkcji	Opis funkcji do konstruowania macierzy	Przykłady
'	transpozycja macierzy	>> b = a'
*	mnożenie macierzy	>> c = a * b
det	wyznacznik macierzy	>> det(a)
inv	macierz odwrotna	>> inv(a), I = inv(a) * a
eig	wartości i wektory własne	>> [D V] = eig(a)
poly	współczynniki równania charakterystycznego	>> p = round(poly(a))
roots	miejsca zerowe wielomianu	>> roots(p)
conv	mnożenie wielomianów	>> conv(p,p)
diag	macierz diagonalna (el. na przekątnej macierzy)	>> diag(a)

triu	macierz trójkątna z el. nad główną przekątną	>> triu(a)
tril	macierz trójkątna z el. pod główną przekątną	>> tril(a)
svd	dekompozycja na wartości singularne	>> svd(a)

4) Łańcuchy

Łańcuch jest to tekst w postaci ciągu znaków, które ograniczono apostrofami.

```
>> s = 'To jest łańcuch znaków'
>> size(s) - rozmiar wektora przechowującego łańcuch
>> s = [ s, ', ograniczony apostrofami']
>> n = 4; disp(['wielomian ',int2str(n-1),'-go rzędu'])
```

Nazwa funkcji	Opis funkcji do konwersji łańcuchów i liczb
int2str	konwersja liczby całkowitej w łańcuch
num2str	konwersja liczby w łańcuch
sprintf	konwersja liczby w łańcuch o wybranym formacie
sscanf	konwersja łańcucha w liczbę o wybranym formacie
str2num	konwersja łańcucha w liczbę
mat2str	konwersja macierzy w łańcuch

Funkcje arytmetyczne i trygonometryczne

Nazwa	Opis funkcji	Nazwa	Opis funkcji
abs	wartość bezwzględna	round	zaokr. do najbl. liczby całkow.
ceil	zaokrąglenie w kierunku + niesk.	sign	znak funkcji
exp	funkcja wykładnicza	sqrt	pierwiastek kwadratowy
fix	zaokrąglenie w kierunku zera	floor	zaokrąglenie w kierunku - niesk.
gcd	najw. wspólny dzielnik	sin, sinh, asin	sinus, s. hiperb., arcus sinus
log	logarytm naturalny	cos, cosh, acos	
log10	logarytm dziesiętny	tan, tanh, atan	
rem	reszta z dzielenia	cot, coth, acot	

Liczby zespolone

Nazwa funkcji	Opis polecenia	Przykład
	wprowadzenie wyrażenia zespolonego	>> z1 = 3 + 4j
conj	liczba sprzężona do z1	>> conj(z1)
abs	moduł liczby z1	>> abs(z1)
angle	kąt fazowy liczby z1	>> angle(z1)
real	część rzeczywista liczby z1	>> real(z1)
image	część urojona liczby z1	>> imag(z1)

Grafika w MATLAB-ie

- możliwość łatwej prezentacji wyników obliczeń w postaci graficznej
- rezultat działania funkcji graficznych pojawia się w oknie graficznym MATLAB-a
- grafika jest obiektowo zorientowana i bardzo efektywna
- dostępne są proste możliwości animacji obrazu
- GUI - graficzny interfejs użytkownika

Wykresy dwuwymiarowe

Wykres dwuwymiarowy z liniową skalą na obu osiach, można wykonać za pomocą funkcji **plot**.
Warianty użycia instrukcji:

plot(y)
plot(x,y)
plot(x,y,'typ_linii')
plot(x1,y1,'typ_linii1',x2,y2,'typ_linii2')

gdzie:

x, y - wektory N elementowe lub macierze o rozmiarach N x M
typ_linii - kolor i/lub rodzaj linii wykresu
x2,y2,'typ_linii2', ... - parametry kolejnych wykresów.

Symbol	Kolor	Symbol	Rodzaj linii
y	żółty	.	punkt
m	purpura	o	okrąg
c	błękit	x	znak x
r	czerwony	+	plus
g	zielony	*	gwiazdka
b	niebieski	-	ciągła
w	biały	:	punktowa
k	czarny	-.	kreskowo-punktowa
		--	kreskowa

Nazwa funkcji	Opis funkcji do rysowania wykresów
plot	skala liniowa obu osi
loglog	skala logarytmiczna obu osi
bar	wykres słupkowy
hist	histogram
polar	wykres kołowy
stem	wykres dyskretny
stairs	wykres schodkowy
grid	nałożenie siatki na wykres
legend	legenda do wykresu
text	umieszczenie napisu w wybranym miejscu wykresu
title	tekst opisujący wykres
xlabel	opis osi x
ylabel	opis osi y

Operatory w MATLAB-ie

- stosuje się je do budowy wyrażeń w Matlab-ie
- są wykorzystywane do wykonywania operacji tablicowych i macierzowych, wyznaczania macierzy transponowanych i sprzężonych
- priorytet (kolejność działania) operatorów jest następujący:
 - operatory arytmetyczne
 - operatory relacji
 - operatory logiczne

Symbol	Nazwa operacji
+	dodawanie
-	odejmowanie
*	mnożenie
^	potęgowanie
/	dzielenie prawostronne (B*inv(A))
\	dzielenie lewostronne (inv(A)*B)
'	sprzężenie macierzy
.'	transpozycja macierzy
kron	iloczyn tensorowy Kronecker'a

Symbol	Operator relacji
<	mniejszy od
<=	mniejszy lub równy
>	większy od
>=	większy lub równy
==	równy
~=	nierówny

Symbol	Operator relacji
&	AND (koniunkcja)
	OR (alternatywa)
~	NOT (negacja)
xor	EX OR

Przykłady:

```
>> x=[1 2 3]; y=[4 5 6];
>> x * y
>> y'
>> x * y'
>> x.* y
>> x. * y'
>> x' * y
>> x1 = x * 2; x2 = x. * 2;
>> x \ y
>> x. \ y
>> x / y
>> x. / y
>> x ^ y
>> x. ^ y
```

Instrukcje w MATLAB-ie

- instrukcja warunkowa

```
if wyrażenie  
    polecenia  
elseif wyrażenie  
    polecenia  
else  
    polecenia  
end
```

- instrukcje iteracyjne

– wykonują nieokreśloną liczbę obiegów pętli:

```
while wyrażenie  
    polecenia  
end
```

– wykonują ściśle określoną liczbę obiegów pętli:

```
for zmienna=wyrażenie  
    polecenia  
end
```

Nazwa	Opis słów kluczowych używanych do tworzenia instrukcji
break	wyjście z pętli iteracyjnej
else	używane łącznie z if
elseif	używane łącznie z if
end	kończy sekwencję poleceń
error	komunikaty diagnostyki błędów
for	powtarzanie sekwencji poleceń, określoną ilość razy
if	warunkowe wykonanie sekwencji poleceń
return	powrót do wywołanej funkcji
while	powtarzanie sekwencji poleceń, nieokreśloną ilość razy

Przykład programu napisanego w MATLAB-ie

% Wykres zależności prędkości obrotowej silnika od prądu twornika
% Wykorzystano interpolację z użyciem funkcji sklejaney (spline)

```
figure('Unit','Centim','Pos',[2,2,13,8.5]);  
x=[2 3 4 5 6 8 10 12];  
x=x';  
y=[732 732 740 742 728 720 692 664];
```

```
xi = 2:.1:12;  
yi = spline(x,y,xi);
```

```
axes('Units','Centim','Position',[2 1.5 10 6],'XLim',[2 12],'YLim',[660 740]);  
plot(x,y,'r o',xi,yi,'b');
```

```
grid;  
ylabel('n [obr/min]');  
xlabel('Itw [A]');  
title('Silnik obcowzbudny prądu stałego');
```

W efekcie otrzymaliśmy następujący wykres:

