WIADOMOŚCI OGÓLNE

MATLAB jest **językiem programowania** należącym do grupy **interpreterów.** Kiedy uruchamiamy MATLABa zgłasza się *Matlab Command Window* i poprzez ten mechanizm możemy komunikować się z interpreterem. Pisząc demo zapoznamy się krótko z możliwościami MATLABa.

Po wprowadzeniu każdego polecenia MATLAB sprawdza kolejno:
1. Czy jest to zmienna
2. Jeżeli nie to czy jest to funkcja wbudowana MATLABa (built-in function)
3. Jeżeli nie to czy jest taka funkcja (typu M-pliku, MEX-pliku albo DLL) w bieżącym katalogu
4. Jeżeli nie to czy jest taka funkcja w ścieżce dostępu MATLABa (MATLAB search path)

Ścieżka dostępu MATLABa zapisana jest w pliku *matalabrc.m,* który jest wykonywany automatycznie jako pierwsze polecenie po uruchomieniu programu. Ścieżkę tę można sprawdzać i modyfikować poleceniem path.

>>path - sprawdza ścieżkę
>>path('C:\.....', path) - dodaje nową ścieżkę do listy.

Do poprzednio wykonywanych poleceń można wrócić używając klawiszy ↑↓. Jeżeli wcześniej zostaną wpisane pierwsze litery poszukiwanego polecenia to zostanie odnalezione najbliższe na liście takie polecenie. Polecenie takie można edytować i ponownie wykonać.

MATLAB rozróżnia małe i wielkie litery. Wszystkie funkcje muszą być wprowadzane małymi literami.

Można z poziomu MATLABa wykonywać polecenia DOSa i WINDOWS w następujący

Zakończenie pracy w MATLABie następuje po podaniu polecenia quit lub exit. Jest to równoznaczne z wymazaniem wszystkich zmiennych w przestrzeni roboczej. Całość lub część przestrzeni roboczej można zapisać w pliku dyskowym przed zakończeniem pracy w MATLABie:

>>save - zapisuje wszystkie zmienne w pliku *matlab.mat*
>>save temp - zapisuje wszystkie zmienne w pliku *temp.mat*
>>save temp X Y - zapisuje zmienne X i Y w pliku *temp.mat*

Przywrócenie przestrzeni roboczej po ponownym uruchomieniu programu uzyskuje się poleceniem load, np. load temp.

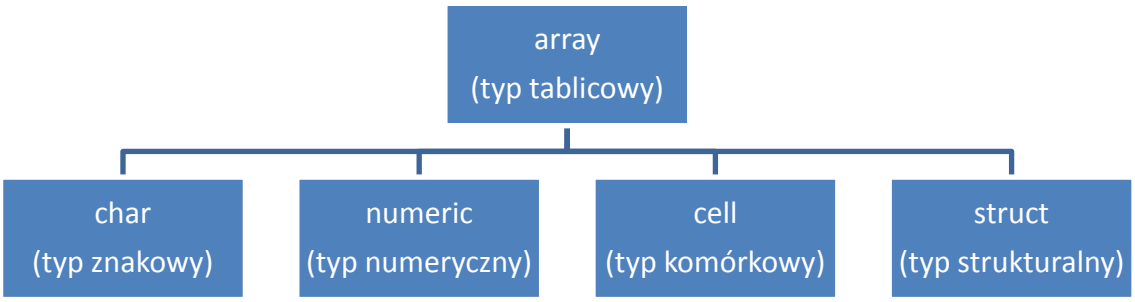
help – wyświetla zestawienie katalogów MATLAB-a wraz z ich opisem
help *nazwa polecenia* – podaje podpowiedź na temat żądanego polecenia, np. help ver
lookfor *szukana_nazwa* – przeszukuje wszystkie teksty pomocy w celu odnalezienia szukanej nazwy, lub jeje fragmentów,
which nazwa_m-pliku – powoduje wyświetlenie ścieżki dostępu do m-pliku lub do m-funkcji
matlabpath – podaje przeszukiwane katalogi programu MATLAB

LICZBY, ZMIENNE I WYRAŻENIA

Zapis liczb jest typowy dla notacji matematycznej (dopuszczalne są cyfry, znaki +-, kropka dziesiętna oraz jednostka urojona i lub j dla liczb zespolonych). Należy pamiętać, aby przy pisaniu elementów macierzy unikać spacji w liczbach zespolonych i przed potęgą e (1 + 3i, 1.34 e-5). Jeżeli w danej przestrzeni roboczej używamy zmiennej i lub j do innych celów niż jednostka urojona to trzeba zdefiniować nową jednostkę urojoną, np. ii=sqrt(-1) ponieważ następuje przysłanianie zmiennych.

Typy danych

Obecnie w MATLAB-ie zostało zdefiniowanych sześć typów (klas) danych, z których każdy może być tablicą wielowymiarową. Na szczycie tej hierarchii znajduje się tablica (array).



numeric- typ numeryczny podwójnej precyzji. Jest to podstawowy typ danych dla zmiennych MATLAB-a (wszystkie obliczenia dla zmiennych numerycznych są prowadzone w trybie podwójnej precyzji).
char – typ tablicowy znakowy lub łańcuchowy (każdy znak zapisywany jest 16-bitowo).
cell – typ komórkowy. Elementy tablic komórkowych mogą zawierać inne tablice,
struct – typ strukturalny. Odwołują się do nazw pól, które mogą zawierać inne tablice.

Zatem w środowisku MATLAB dostępne są:

- macierze,
- tablice wielowymiarowe,
- tablice komórkowe,
- tablice strukturalne,

Podstawowym typem zmiennych w MATLAB-ie jest macierz. W ogólnym przypadku jej elementami mogą być liczby zespolone. Jeżeli macierz ma jedną kolumnę lub jeden wiersz to jest to **wektor,** a jeśli wymiar macierzy jest 1x1 to mamy do czynienia ze **skalarem**.
Dwie zmienne mają specjalny charakter (są permanentne tzn. nie można ich wymazać podczas pracy). Są to ans - standardowa zmienna wynikowa i eps - zmienna tolerancji. Ponadto występują dwie zmienne dla wyrażeń nieokreślonych tj Inf = ∞ jako wynik operacji dzielenia przez zero oraz NaN (*Not a Number*) dla wyrażeń typu 0/0 lub ∞/∞.
Nazwy zmiennych lub funkcji nie mogą przekraczać 19 znaków (tyle zapamięta MATLAB), mogą składać się z liter i cyfr, ale muszą się rozpoczynać od litery.
Polecenie who podaje **aktualną listę zmiennych** w przestrzeni roboczej (whos dodatkowo podaje ich rozmiary).
Można usunąć zmienną z przestrzeni roboczej poleceniem clear, np. clear X.

Wyrażenie w MATLABie ma typową formę postaci:

```
variable=expression
```

lub po prostu

```
expression
```

Wyrażenie może składać się z operatorów, nazw funkcji i zmiennych.
Wynikiem wyrażenia jest macierz.
Jeżeli wyrażenie podane jest bez operacji przypisania (drugi z podanych sposobów) to następuje **automatyczne przypisanie** do zmiennej ans.
Jeżeli wyrażenie zakończone jest **średnikiem** (;) to wynik wyrażenia nie jest wyprowadzany na ekran (ale przypisanie wciąż ma miejsce).
Jeżeli wyrażenie jest tak długie, że **nie mieści się w jednej linii** to można je przerwać trzema kropkami (...) i kontynuować w następnej linii (już bez kropek).
W wyrażeniach wykorzystuje się **typowe operatory arytmetyczne**: +, -, *,^,/,\. Dwa ostatnie operatory to dzielenie prawo i lewostronne rozróżniane w przypadku macierzy, ale dla skalarów jest to to samo (4/2=4\2). Kropka dziesiętna poprzedzająca znak operatora (np. .*, ./) oznacza **operację tablicową** tj. element po elemencie.

Format wyświetlanych wyników może być określony przez użytkownika przez polecenie format z jednym z parametrów: short, short e, long, long e, bank, hex, +, compact.

OPERACJE NA MACIERZACH

Macierze jedno- i dwuwymiarowe.

Macierz może być zdefiniowana na kilka sposobów:

- **przez wyliczenie jej elementów**

W nawiasach kwadratowych podaje się elementy macierzy oddzielając wiersze średnikiem. Wyrazy w wierszu mogą być oddzielone spacją lub przecinkiem:

```
A=[1 2 3; 4,5,6]
```

Można też wyliczyć elementy układając je „graficznie" wewnątrz macierzy, gdyż sekwencja oznaczająca koniec wiersza (ENTER) jest traktowana jak średnik rozdzielający wiersze budowanej macierzy:

```
A=[1 2 3    (tu jest ENTER)
   4 5 6]
```

Możliwe jest też wykorzystanie trzech kropek dziesiętnych w celu kontynuacji wiersza w nowej linii, tak więc polecenie

```
A=[1 2 3 ...
   4 5 6]
```

jest równoważne poleceniu

```
A=[1 2 3 4 5 6]
```

- **przez wygenerowanie elementów**

Wykorzystujemy wyrażenie w ogólnej postaci:

```
min:krok:max
```

które generuje wektor wierszowy o następującej budowie:

```
[min, min+krok, min+2*krok, ..., max]
```

Jeżeli parametr krok jest pominięty to jest on domyślnie przyjmowany jako 1.

Macierze są też generowane jako efekt wyrażeń lub funkcji.

- **przez zbudowanie z innych elementów**

Mając zdefiniowane macierze A, B, C można zbudować macierz D np. jako:

```
D=[A B; C]
```

co daje układ

$$D = \left[\begin{array}{cc} A & B \\ \hline C & \end{array} \right]$$

- **przez mieszanie omówionych wyżej technik**

Przykład: jeżeli A=[1 2 3; 4 5 6] to przez podstawienie

D=[A, [1;2]; 1:4]

uzyskamy:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 1 \\ 4 & 5 & 6 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Dostęp do elementów macierzy uzyskuje się przez podanie współrzędnych podmacierzy w nawiasach okrągłych za nazwą macierzy:

A(2,4) - czwarty element w drugim wierszu,
A(1:2,1:2) - podmacierz czterech lewych górnych elementów,
A(2,1:6) - drugi wiersz elementy od 1 do 6,
A(2,:) - wszystkie elementy drugiego wiersza,
A([1 3], 1:2:5) - elementy na przecięciu 1 i 3 wiersza z 1, 3 i 5 kolumną.

Można też wybierać **elementy spełniające pewne warunki**:
A(A>3) - wybiera wszystkie elementy macierzy większe od 3,
A(:,A(3,:)>2) - wybiera te kolumny, których trzeci wiersz ma element większy niż 2.

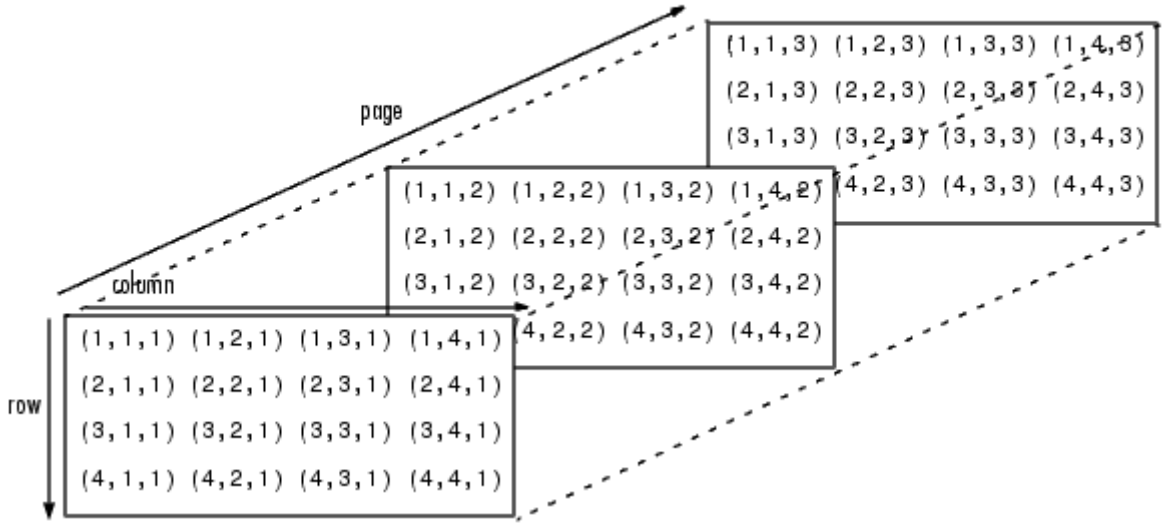
Zawartość macierzy A można wysłać do okna poleceń funkcją disp(A).

Aktualny **rozmiar macierzy** można sprawdzić poleceniem size

[n,m.]=size(A) - zwraca wierszy n i kolumn m macierzy A,
n=size(A,1) - zwraca liczbę wierszy,
m=size(A,2) - zwraca liczbę kolumn.
k=size(A,3) – zwraca liczbę stron.

Tablice wielowymiarowe

Tablice wielowymiarowe w MATLAB-ie są rozszerzeniem tablic dwuwymiarowych.
Przykład macierzy trójwymiarowej przedstawia rysunek 1



Rys. 1 Graficzna interpretacja macierzy trójwymiarowej

Tablice wielowymiarowe można tworzyć następująco:

1. **Poprzez indeksowanie**

   A = [5 7 8; 0 1 9; 4 3 6];
   A(:,:,2) = [1 0 4; 3 5 6; 9 8 7];

   Wynikiem powyższych operacji będzie macierz:
   A(:,:,1) =
   5 7 8
   0 1 9
   4 3 6

   A(:,:,2) =
   1 0 4
   3 5 6
   9 8 7

2. **Poprzez zastosowanie do tworzenia tablicy funkcji ones, zeros, randn, repmat:**

   A=ones(3,2,3);

   A(:,:,1) =

   1 1
   1 1
   1 1

   A(:,:,2) =

   1 1
   1 1

```
    1     1


A(:,:,3) =

    1     1
    1     1
    1     1

B=randn(2,3,2);

B(:,:,1) =

  -0.4326    0.1253   -1.1465
  -1.6656    0.2877    1.1909


B(:,:,2) =

   1.1892    0.3273   -0.1867
  -0.0376    0.1746    0.7258

B = repmat(5,[3 4 2]);
B(:,:,1) =
    5     5     5     5
    5     5     5     5
    5     5     5     5
B(:,:,2) =
    5     5     5     5
    5     5     5     5
    5     5     5     5
```

3. **Za pomocą konkatenacji (scalania) tablic:**

B = cat(dim,A1,A2...), gdzie *dim* jest rozmiarem macierzy wynikowej.

```
B = cat(3,[2 8; 0 5],[1 3; 7 9])
B(:,:,1) =
    2     8
    0     5
B(:,:,2) =
    1     3
    7     9
```

Funkcja *cat* dodaje automatycznie indeks równy 1, jeśli zajdzie taka potrzeba, np.:

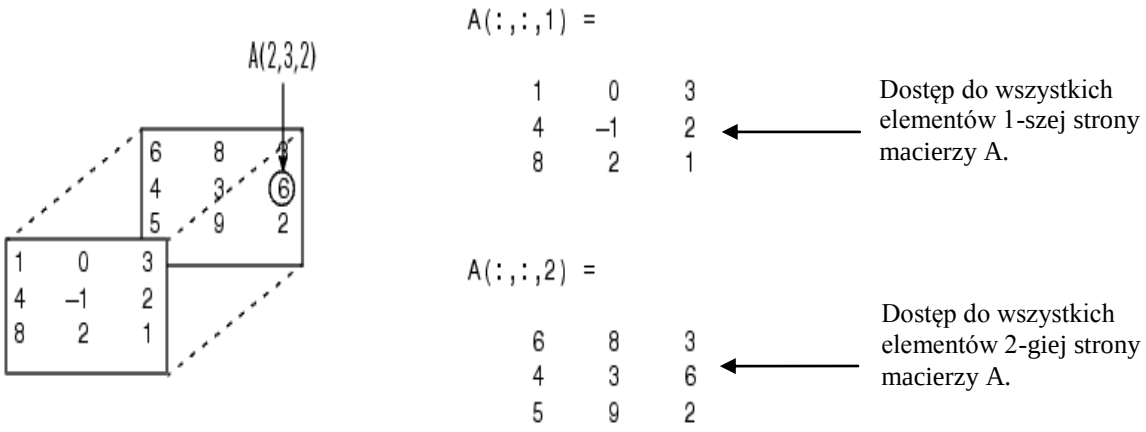
```
C = cat(4,[1 2; 4 5],[7 8; 3 2]);
```
Wynikiem będzie macierz C o rozmiarach:
C(1,2, 1,2)

Indeks równy 1

Liczbę indeksów tablicy wielowymiarowej pobieramy za pomocą funkcji **ndims**.

Działania na tablicach wielowymiarowych

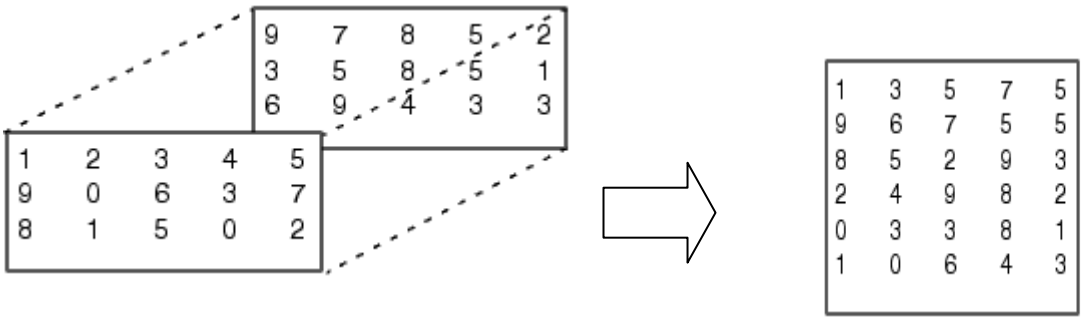
1. Podstawowe sposoby znajdywania elementów macierzy A przedstawia rys.2



Rys. 2 Znajdywanie elementów macierzy A

Zmiana kształtu tablicy za pomocą funkcji reshape:

reshape(x,m,n) – zwraca macierz o nowym wymiarze *m x n*, której elementy są elementami macierzy x



Rys. 3. Działanie funkcji **reshape**

Przykład:

Niech B = cat(3,[2 8; 0 5],[1 3; 7 9]),

Wtedy:
prod(size(B))

ans =

8

```
>> C=reshape(B,[2 4])

C =
    2     8     1     3
    0     5     7     9
```

Dostęp do podtablicy:

Stosując dwukropek : można wycinać fragmenty tablicy lub tablic, np.:
Niech

```
A=[1 9 2
     4 7 3];
B=[5 9 6
     0 8 10];
C=cat(3,A,B)
```

Zatem:

```
C(:,:,1) =
    1     9     2
    4     7     3

C(:,:,2) =
    5     9     6
    0     8    10
```

Liczba elementów w macierzy C wynosi:

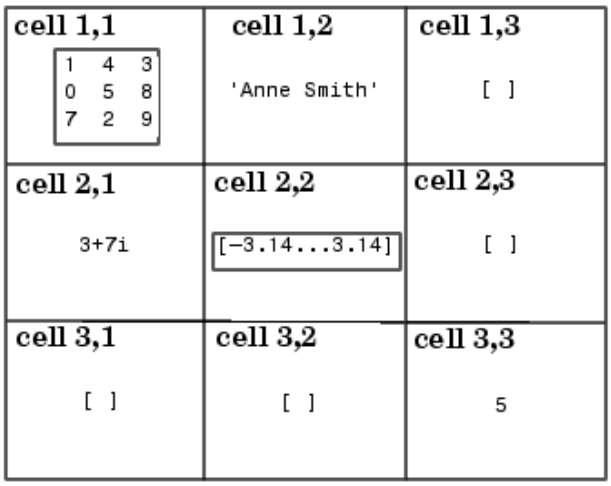
```
prod(size(C))

ans =
   12
```

Wybieramy 3 wiersze, 2 kolumny i 2 strony

```
reshape(C,[3 2 2])
ans(:,:,1) =
    1     7
    4     2
    9     3

ans(:,:,2) =
    5     8
    0     6
    9    10
```

Tablice komórkowe

Tablice komórkowe są specjalną klasa tablic w MATLAB-ie. Elementami tablic komórkowych są komórki (cells), które mogą z kolei zawierać inne tablice.



Rys. 5. Tablica komórkowa

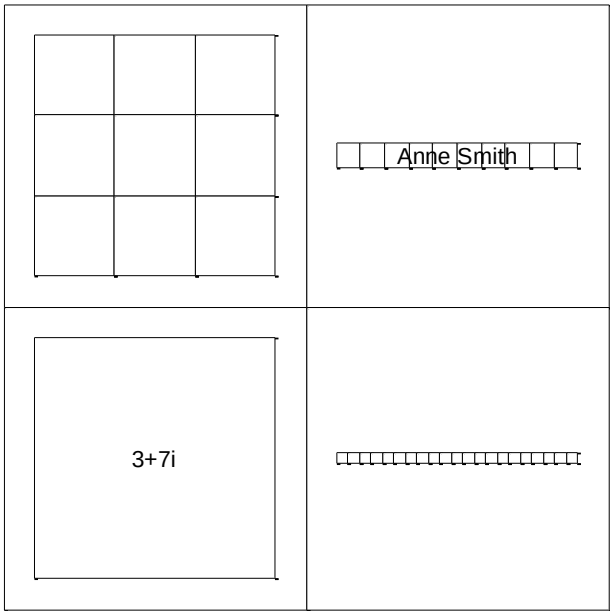
Konstruktorem tablicy komórkowej są nawiasy **{ }**. Działają one podobnie jaka nawiasy **[ ]**. Nawiasy **{ }** mogą być zagnieżdżane (mogą tworzyć komórkę w komórce. Jako separator elementów w nawiasach **{ }** jest stosowany przecinek (**,**) lub spacja, która oznacza zmianę kolumny, średnik zaś (**;**) zmianę wiersza.

Tworzenie tablicy komórkowej:
1. Przez indeksowanie

```
A(1,1) = {[1 4 3; 0 5 8; 7 2 9]};
A(1,2) = {'Anne Smith'};
A(2,1) = {3+7i};
A(2,2) = {-pi:pi/10:pi};

celldisp(A)
A{1,1} =
    1    4    3
    0    5    8
    7    2    9

A{2,1} =
  3.0000 + 7.0000i

A{1,2} =
Anne Smith
```

```
A{2,2} =
  Columns 1 through 8
   -3.1416   -2.8274   -2.5133   -2.1991   -1.8850   -1.5708   -1.2566   -0.9425
  Columns 9 through 16
   -0.6283   -0.3142         0    0.3142    0.6283    0.9425    1.2566    1.5708
  Columns 17 through 21
    1.8850    2.1991    2.5133    2.8274    3.1416
```

Tablicę komórkową można także przedstawić graficznie za pomocą polecenia **cellplot(A).**



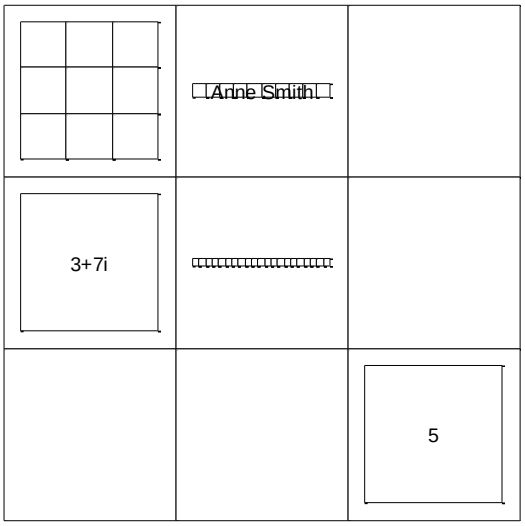
Rys.4. Graficzne prezentacja tablicy komórkowej

2. **Przez przypisanie danych do komórki, których indeks przekracza rozmiar tablicy komórkowej**

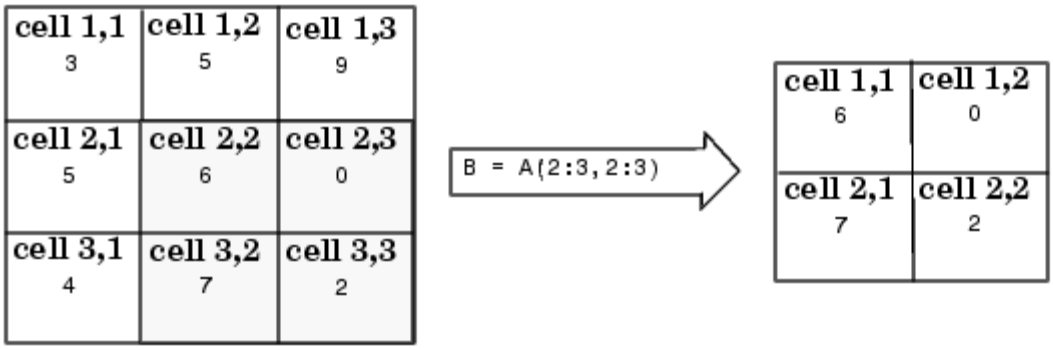
W takim przypadku zachodzi rozszerzenie bieżącej tablicy komórkowej do wymaganego wymiaru.

Przykład: do poprzednio wygenerowanej macierzy A dodajemy:
A(3,3) = {5};

W wyniku otrzymamy tablicę komórkową postaci:



Tworzenie nowej macierzy B poprzez przypisanie jej elementów podmacierzy A, np.:



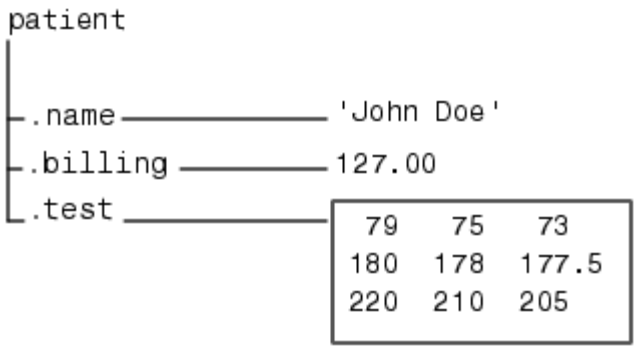
Kasowanie komórek

Odbywa się poprzez przypisanie komórce tablicy pustej, np.:

A{3,3} = [];

Tablice strukturalne

tablice strukturalne są odmianą tablic MATLAB-a, w których dostęp do danych jest możliwy przez podanie nazwy pola. Pola tablicy strukturalnej mogą zawierać różne typy danych, np.:



Sposoby tworzenia tablic strukturalnych

1. Używając instrukcji przypisania, np.:

```
patient.name = 'John Doe';
patient.billing = 127.00;
patient.test = [79 75 73; 180 178 177.5; 220 210 205];
```

ELEMENTY JĘZYKA MATLAB

MATLAB jest językiem programowania o składni zapożyczonej z języka C. Zawiera on instrukcję warunkową, dwa rodzaje instrukcji iteracyjnych oraz instrukcje przerwania wykonywanych instrukcji. Dodatkowo polecenie error pozwala na tworzenie własnej diagnostyki błędów. Pełne zestawienie elementów języka można uzyskać poprzez polecenie help lang.

INSTRUKCJE

- **warunkowa**

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

Polecenia po **if** są wykonywane jeśli macierz będąca wynikiem wyrażenia jest prawdą logiczną tzn. jej wszystkie elementy są niezerowe. Instrukcja ta może pełnić rolę instrukcji wyboru, ale **elseif** i **else** są opcjonalne.

- **iteracyjne**

1. z nieokreśloną liczbą obiegu pętli

```
while wyrażenie
  polecenia
end
```

Wykonuje polecenia dopóki wartość wyrażenia jest prawdą (patrz warunkowa)

2. z określoną liczbą obiegu pętli

```
for zmienna_iterowana=macierz_wartości
  polecenia
end;
```

Wykonuje polecenia dla kolejnych wartości *zmiennej iterowanej*. Wartościami tymi są kolejne wektory kolumnowe pobrane z *macierzy wartości*, jeżeli więc ta macierz jest wektorem wierszowym to polecenia wykonywane są dla kolejnych elementów tego wektora. O uszeregowaniu wartości decyduje programista umieszczając je w odpowiedniej kolejności w macierzy wartości. Nie musi być tam ciągów rosnących czy malejących.

- **instrukcja break**

Powoduje przerwanie wykonywania pętli przy czym opuszczany jest tylko jeden poziom zagłębienia pętli.

- **instrukcja return**

Powoduje bezwarunkowe opuszczenie danej funkcji lub skryptu i powrót do miejsca jej wywołania.

M-pliki

Programy napisane w języku MATLABa umieszczane są w plikach dyskowych z rozszerzeniem .m (tzw. M-pliki) i mogą być tworzone przy użyciu dowolnego edytora tekstowego. Mogą one zawierać oprócz sekwencji poleceń i funkcji MATLABa, wywołania innych M-plików, jak również wywołania samych siebie.

Rozróżnia się dwa rodzaje M-plików: skryptowe i funkcyjne.

M-pliki skryptowe zawierają ciągi poleceń operujących na zmiennych globalnych zawartych w przestrzeni roboczej. Wykorzystuje się je w celu grupowania poleceń użytkownika ułatwiając ich wykonywanie np. w przypadku powtarzających się operacji. Skrypt nie posiada mechanizmu hermetyzacji tzn. dane utworzone w skrypcie zostaną dołączone do danych w przestrzeni roboczej.
Komentarze w skrypcie poprzedza się znakiem %. Pierwszy blok komentarzy wysyłany jest na ekran jako pomoc dla danego skryptu po poleceniu help *nazwa_skryptu*.

M-pliki funkcyjne są to funkcje tworzone przez użytkownika operujące na zmiennych lokalnych i komunikujące się z przestrzenią roboczą poprzez parametry formalne. Takie M-pliki muszą się zaczynać od słowa kluczowego function. Pierwsza linia M-pliku funkcyjnego powinna być zapisana następująco:

function [*lista argumentów wyjściowych*]=nazwa_funkcji (*lista argumentów wejściowych*)

Nazwa funkcji musi być taka sama jak nazwa M-pliku w którym się znajduje. Argumenty oddziela się przecinkami. Funkcja może nie mieć żadnych argumentów, wtedy nawiasy okrągłe obejmują listę pustą.
Argumenty wej i wyj oraz wszystkie zmienne używane wewnątrz mają charakter lokalny i nie są powiązane z przestrzenią roboczą (nawet jesli mają te same nazwy). Zmienne te są usuwane po zakończeniu funkcji. Podobnie nie są widziane wewnątrz funkcji zmienne utworzone poza nią. Chyba że użyto polecenia global ale nie jest to zalecane. Argumenty funkcji są przekazywane przez wartość tzn. w ciele funkcji tworzona jest kopia zmiennych. Aby zwrócić wartość funkcji konieczne jest dokonanie odpowiednich przypisań w ciele funkcji. (jeżeli jest funkcja Y(x) to gdzieś w funkcji musi być Y=....). Jeśli nie ma takiego przypisania to funkcja zwraca pustą macierz (nie ma tutaj ans).

Dwie zmienne standardowe zawierają liczby przekazywanych w aktualnym wywołaniu parametrów: nargin -wejściowych, nargout - wyjściowych. Można więc wywoływać funkcje z mniejszą niż zadeklarowana liczbą parametrów ale trzeba odpowiednio ustalić co w takim przypadku ma zrobić funkcja. (właśnie tu przydają się te zmienne).
Komentarze w funkcjach są wprowadzane podobnie jak w skryptach, a komentarz umieszczony bezpośrednio pod nagłówkiem funkcji będzie używany jako help.

FUNKCJE STANDARDOWE

Funkcje do pracy interakcyjnej:

input - tekst jako znak zachęty do prowadzania danych
keyboard - wywołanie klawiatury w trakcie trwania M-pliku
menu - generowanie okna dla wyboru danych użytkownika
pause - wstrzymanie wykonywania pliku i czekanie na reakcję użytkownika

Funkcje do pomiaru czasu:

date - zwraca łańcuch zawierający aktualną datę,
clock - zwraca wektor postaci [rok miesiąc dzień godz min sek]
cputime - wyznacza czas procesora wykorzystany przez MATLABa od chwili uruchomienia.

```
tstart=cputime
   operacje
toper=cputime-tstart
```

etime(T1,T2) - zwraca różnicę czasu między parametrami wywołania (T1 późniejsza niż T2), przy czym są one wektorem wyjściowym funkcji clock

```
tic
  operacje
toc
```

mierzy czas wykonania operacji i wyświetla go na ekranie.

Jeżeli zachodzi potrzeba obliczania funkcji zapisanych w postaci ogólnej to korzystamy z funkcji feval

feval(*nazwa_funkcji, x1,x2...xn*)

oblicza ona wartość funkcji o nazwie określonej łańcuchem znakowym dla podanych argumentów, np. feval('cos',[0:0.01:2pi])
Podobną funkcją jest eval, która pozwala na wykonanie poleceń MATLABa zapisanych w postaci łańcucha znaków.

ELEMENTY GRAFICZNE W MATLAB-ie

GRAFIKA DWUWYMIAROWA

Podstawową funkcją służącą do rysowania wykresów dwuwymiarowych jest funkcja plot. Przykładowy sposób jej wywołania to

plot(x,y,s)
gdzie x i y to wektory odwzorowujące funkcje y(x) a s - łańcuch znaków określający kolor i rodzaj linii.
Wywołanie tej funkcji powoduje otwarcie okna graficznego i umieszczenie w nim wykresu w skalach liniowych. **Skale logarytmiczne i półlogarytmiczne** można uzyskać odmianami funkcji plot: loglog(), semilogx(), semilogy(). o tych samych argumentach.

Można pracować z wieloma oknami graficznymi równocześnie tworząc kolejne poleceniem figure. Jedno z nich jest zawsze aktywne i wszystkie operacje graficzne dotyczą tego właśnie okna. Zmiana okna aktywnego następuje po funkcji figure z numerem okna jako parametrem. Okno aktywne można oczyścić poleceniem clg, a dowolne okno graficzne (także zbiór okien) można zamknąć poleceniem close akceptującym jako parametr wektor numerów okien do zamknięcia.

Czasami wygodne jest umieszczenie kilku wykresów obok siebie w jednym oknie. Można to uczynić posługując się funkcją subplot. Istnieją dwa sposoby wywołania tej funkcji:

subplot(m,n,p)
dzieli aktywny rysunek na m w poziomie i n w pionie części oraz uaktywnia p-ty z utworzonych rysunków (m, n, p muszą być naturalne z przedziału <1,9>),

subplot('position',[współrzędne_lewego_dolnego szerokość wysokość])
tworzy w obrębie aktywnego rysunku nowy układ współrzędnych o podanym położeniu i wymiarach. Parametry te podaje się w postaci ułamków wymiarów okna względem lewego dolnego rogu rysunku (np. subplot('position',[0.3 0 0.6 0.6]) tworzy układ współrzędnych w prawym dolnym rogu okna na 60% wysokości i szerokości okna)

Skalę wykresu można zmienić poleceniem axis. Wymaga ono jednego parametru - czteroelementowego wektora zawierającego zakresy poszczególnych skal [*xmin xmax ymin ymax*]. Argumentem tej funkcji może być również łańcuch znaków zmieniający tryby skalowania (szczegóły patrz User's guide)

„Zatrzymanie" dotychczasowego rysunku w bieżącym oknie uzyskuje się poleceniem hold on|off. Funkcja ishold zwraca jedynkę gdy tryb jest włączony.

Do opisywania rysunku służą funkcje:
title('text')
xlabel('text')
ylabel('text')
text(x,y,'text')
Dodatkowo można umieścić pomocniczą siatkę współrzędnych poleceniem grid on|off.

Istnieją też inne rodzaje wykresów: we współrzędnych biegunowych, słupkowy itp.

GRAFIKA TRÓJWYMIAROWA

Wykresy trójwymiarowe wymagają specjalnego przygotowania danych. Do narysowania powierzchni konieczne są trzy macierze X, Y, Z, na podstawie których wyznaczane są współrzędne (*x,y,z*) poszczególnych punktów powierzchni w przestrzeni: x=X(ij), y=Y(ij), z=Z(ij) (gdzie i,j są indeksami macierzy). Pomocną przy tworzeniu tych macierzy jest funkcja meshgrid. Typowy sposób wykorzystania tej funkcji w przypadku powierzchni *z=f(x,y)* ma postać:

```
[X,Y]=meshgrid(x,y);
Z=X.^2-Y.^2;
```

W pierwszym kroku powstają macierze X i Y złożone z odpowiednio powielonych wektorów x i y, a następnie budowana jest macierz Z będąca wartościami funkcji *z=f(x,y)* dla poszczególnych wartości argumentów (stąd operacje tablicowe).

Tak przygotowane dane mogą być wykreślone przy pomocy jednej z dostępnych funkcji:

```
mesh(X,Y,Z)
meshc(X,Y,Z)
meshz(X,Y,Z)
surf(X,Y,Z)
surfc(X,Y,Z)
surfl(X,Y,Z)
waterfall(X,Y,Z)
```

Funkcja view pozwala **na zmianę miejsca, z którego oglądamy rysunek**. Jej parametrami mogą być az i el (azymut i elewacja) lub x,y,z (współrzędne punktu obserwacji). Można też wykorzystać gotowe dane wpisując jako parametr 2 (obserwacja dwuwymiarowa), 3 (standardowa obserwacja trójwymiarowa).

Zmiana sposobu kolorowania powierzchni jest możliwa przy pomocy polecenia shading:

```
shading flat   (domyœlny)
shading interp
shading faceted
```

Opisywanie wykresów trójwymiarowych jest podobne jak w 2D tylko z uwzględnieniem trzeciej współrzędnej.

WYKRESY POZIOMICOWE

Wykres poziomicowy można uzyskać za pomocą funkcji contour(X,Y,Z). Dodatkowym parametrem może być n-liczba poziomic, lub wektor v z wysokościami dla kolejnych poziomic.
Jeżeli podany zostanie parametr wyjściowy tj.;

```
c=contour(X,Y,Z,v)
```

to funkcja zwróci macierz poziomic wykorzystywaną przez funkcję clabel(c) do opisu tych poziomic na wykresie.

OBIEKTOWY SYSTEM GRAFICZNY

Funkcje graficzne w MATLABie są funkcjami **wysokiego poziomu**. Tworzą gotowe rysunki **nie dając zazwyczaj użytkownikowi możliwości ich modyfikacji**. Każdy fragment rysunku stanowi jednak pewien obiekt graficzny i ma przypisany swój unikatowy *identyfikator* (handle) będący liczbą rzeczywistą.

Każdy obiekt zawiera strukturę danych – rekord, w którym przechowywane są jego parametry. Pola rekordu są własnościami obiektu czyli zmiennymi (liczbami, macierzami, łańcuchami znaków, zmiennymi typu wyliczeniowego) określającymi jakiś parametr jego wyglądu, sposób działania lub powiązania z innymi obiektami. Każdy typ obiektu posiada odrębny zestaw własności (pewne własności są wspólne dla wszystkich typów - patrz dalej)

Obiekty powiązane są ze sobą w sposób hierarchiczny (drzewiasty) i obiekt ma zawsze jednego przodka i dowolną ilość potomków. Korzeniem drzewa (root) jest ekran komputera i nie ma przodka, a jego identyfikatorem jest liczba 0. Jego potomkami są okna graficzne – rysunki (figures), te z kolei mają potomków w postaci układów współrzędnych (axes) oraz elementów graficznego systemu komunikacji z użytkownikiem, tj. przycisków suwaków menu itp. (tworzonych przez funkcje uicontrol i uimenu). Potomkami układów mogą być linie, powierzchnie teksty, obrazy i płaty. **Taka hierarchia musi być przestrzegana**.

Operacje na obiektach można podzielić na dwie grupy:

- tworzenie i usuwanie obiektów,
- zmiany w rekordzie danych związanych z obiektem

Do odczytywania i zmian własności obiektów służą funkcje get i set:

get (id) – wyświetla listę własności obiektu i ich wartość
wartość = get(id, nazwa_własności) – zwraca wartość wyspecyfikowanej własności.

id – identyfikator obiektu lub wektor identyfikatorów,
nazwa_własności – ciąg znaków (w ' ') zawierający nazwę własności **lub jej jednoznaczny początek**

set (id) – wyświetla listę własności obiektu i ich możliwe wartości
set(id, nazwa_własności, wartość) – zmienia wartość wyspecyfikowanej własności na podaną.

reset(id) – przywraca standardowe własności obiektu.

Do usuwania obiektów służą:

delete(id) – usuwa obiekt *id* wraz z jego wszystkimi potomkami,
close(id) – usuwa obiekt *id*,
close - zamyka aktywne okno graficzne,
clf – czyści aktywne okno graficzne,
cla – czyści obiekty z aktywnego układu współrzędnych.

Do tworzenia obiektów służą oprócz funkcji wysokiego poziomu również funkcje o nazwach identycznych jak nazwy typów obiektów. Wszystkie funkcje zwracają identyfikatory tworzonych obiektów.

id=figure – tworzy okno rysunku i zwraca jego identyfikator,
id=axes('position',[lewy,dolny,szerokość,wysokość]) – tworzy układ współrzędnych,

id=line(x,y,z,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...) -
id=text(x,y,z,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...)
id=patch(x,y,z,c,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...)
id=surface(x,y,z,c,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...)
id=image(x,y,c)

Obiekty aktywne:
Obiektem aktywnym jest obiekt w obrębie którego ostatnio kliknięto myszką. W danej chwili tylko jeden obiekt może być aktywnym.

id=gco – zwraca identyfikator aktywnego obiektu w aktywnym rysunku,
id-gcf – podaje identyfikator aktywnego rysunku,
id=gca – podaje identyfikator aktywnego układu współrzędnych,

GRAFICZNY SYSTEM KOMUNIKACJI Z UŻYTKOWNIKIEM

Koncepcja graficznego systemu komunikacji z użytkownikiem polega na realizacji dwóch zasad:
1. budowaniu wyglądu aplikacji z prostych gotowych elementów mających intuicyjną interpretację i sugestywny wygląd,
2. tworzeniu aplikacji o działaniu sterowanym zdarzeniami.

Ad.1. Korzysta się z gotowych obiektów typu przyciski, suwaki, przełączniki.
Ad.2. Każdy taki obiekt ma własność o nazwie 'CallBack', pod którą podstawia się nazwę procedury która ma być wykonana po wystąpieniu dopuszczalnej dla danego obiektu akcji. Ta procedura to zazwyczaj m-plik.

Tworzenie elementów graficznego systemu komunikacji jest oparte na dwóch funkcjach:

id=uicontrol(idf,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...)
– tworzy w rysunku *idf* nowy obiekt, którego rodzaj określa się we własności 'Style', a w kolejnych parach (własność – wartość) określa się jego cechy.

id=uimenu(idf,nazwa_własność1, wartość1, nazwa_własność2, wartość2,...)
- tworzy w głównym menu rysunku *idf* dodatkowe menu lub jeżeli *idf* jest identyfikatorem istniejącego menu to tworzy dla niego podmenu. Nazwę tworzonego menu określa się we własności 'label', a w kolejnych parach (własność – wartość) określa się inne cechy.

Wszystkie powstałe w ten sposób elementy są potomkami obiektów typu *figure*. Ich własności mogą być zmieniane tak samo jak innych obiektów przy użyciu funkcji get i set.

Zadania do wykonania.

1. Napisać m-pliki funkcyjne realizujące za pomocą wielkości skalarnych (iteracyjnie) wybrane jedno- i dwuargumentowe operacie macierzowe i tablicowe ([+], [*], ['], [.'], [^], [.^]). Funkcje powinny sprawdzać rozmiary argumentów i informować o ewentualnych nieprawidłowościach. Należy także uwzględniać możliwość występowania skalarów.
2. Zbudować m-plik skryptowy będący nadrzędnym programem dla stworzonych w pkt. 1 m-plików funkcyjnych. Skrypt powinien umożliwiać:
   - wprowadzanie danych (argumentów) w wierszu poleceń - np. funkcja input, inputdlg,
   - wybór wykonywanej operacji - np. funkcja menu,
   - sprawdzenie poprawności wykonywanych przez m-pliki funkcyjne operacji wykorzystując wbudowane operatory macierzowe i tablicowe.
3. Napisać dwa m-pliki funkcyjne ze zmienną liczbą argumentów wejściowych i wyjściowych:
   - plik obliczający sumę lub iloczyn dowolnej liczby argumentów, przy czym jako pierwszy parametr wejściowy należy uwzględnić możliwość podawania (w postaci odpowiedniego symbolu) rodzaju wymagane operacji ([+], [*], [.*]); program powinien sprawdzać rozmiary konnych argumentów, odrzucając te, które nie spełniają odpowiednich wymagań,
   - plik wykonujący transpozycję nieokreślonej z góry liczby macierzy, przy czym w przypadku argumentów zespolonych należy dla każdego z takich argumentów poprosić użytkownika o podanie rodzaju transpozycji.