

Laboratorium Techniki Obliczeniowej i Symulacyjnej

Ćwiczenie 1. Podstawy obsługi pakietu MATLAB.

Opracował: dr inż. Sebastian Dudzik

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z obsługą pakietu MATLAB. W ćwiczeniu wprowadzono opis podstawowych komend środowiska i funkcji matematycznych na przykładzie prostych obliczeń w trybie linii poleceń.

2. Wprowadzenie

Pakiet MATLAB jest środowiskiem obliczeniowym, umożliwiającym analizę numeryczną i symboliczną. Dzięki zastosowaniu wydajnych algorytmów numerycznych pozwala na szybkie i bezbłędne rozwiązywanie problemów naukowych i inżynierskich. Dodatkowe korzyści daje zastosowanie w obliczeniach wbudowanych funkcji, wchodzących w skład specjalizowanych bibliotek, zwanych przybornikami (*ang. Toolboxes*).

Podstawowe komendy środowiska MATLAB, są związane z często wykonywanymi operacjami, takimi jak: zarządzanie zmiennymi przestrzeni roboczej (*ang. workspace*), współpraca z zewnętrznymi plikami dyskowymi, ustalanie formatu wyświetlania liczb i in. Do zarządzania przestrzenią roboczą w środowisku MATLAB najczęściej wykorzystuje się polecenia:

- `who`, `whos`
- `load`, `save`
- `clear`

Pierwsze dwa z powyższych poleceń umożliwiają uzyskanie informacji o zmiennych przechowywanych w przestrzeni roboczej, przy czym: `who` – informacji ogólnej, `whos` – informacji szczegółowej (rozmiar, struktura). Polecenia `load` oraz `save` pozwalają na odczyt oraz zapis zmiennych do plików dyskowych. Dzięki zastosowaniu polecenia `clear` można usuwać wybrane lub wszystkie zmienne z przestrzeni roboczej środowiska MATLAB. Oprócz powyżej opisanych poleceń, przydatne jest również polecenie `clc`. Pozwala ono na wyczyszczenie ekranu, po przeprowadzonych obliczeniach. Innym poleceniem środowiska, umożliwiającym kontrolę wyświetlania liczb, jest polecenie `format`. Zazwyczaj wywołuje się je z dodatkowym parametrem określającym reprezentację liczb (`compact`, `loose`) i in.

W tab. 1 przedstawiono różne reprezentacje wyniku operacji π^e , zależnie od wyspecyfikowanej opcji (`short`).

Tab. 1. Efekty zastosowania różnych opcji polecenia `format short`.

Polecenie	Wynik
<code>format short e</code>	2.2459e+001
<code>format short eng</code>	22.4592e+000
<code>format short g</code>	22.245
<code>format short</code>	22.4592

Przydatną grupą komend środowiska MATLAB, są komendy przeznaczone do współpracy z zewnętrznymi plikami dyskowymi i katalogami, oraz z uzyskiwaniem pomocy. Poniżej wymieniono niektóre z nich:

- `cd`, `dir`, `ls`, `pwd`, `what`
- `mkdir`, `copyfile`, `delete`, `save`, `load`
- `exists`, `help`, `lookfor`, `which`

Polecenie `cd` bez dodatkowych parametrów lub `pwd`, zwraca ścieżkę dostępu do bieżącego katalogu (np. `C:\Program Files\MATLAB\R2006b\work.`) Komenda `cd` z wyspecyfikowaną ścieżką powoduje zmianę katalogu bieżącego na katalog podany jako parametr wywołania. Zawartość katalogu bieżącego można wyświetlić poleceniami `dir`, `ls`, `what`. Pierwsze dwa z nich działają identycznie w systemie MS Windows. Polecenie `what` wyświetla pliki skojarzone z programem MATLAB, z podziałem na kategorie (`*.fig`, `*.m`, `*.mdl` itp.). Podstawowe polecenia do operowania na plikach to `mkdir`, `copyfile`, `delete`. Polecenie `mkdir` służy do tworzenia katalogów (folderów) na dysku lokalnym, `copyfile` umożliwia kopiowanie plików, natomiast `delete` ich kasowanie. Ostatnią grupą poleceń wymienioną wyżej są polecenia do uzyskiwania pomocy. Do uzyskiwania pomocy na temat określonej funkcji, operatora, konstrukcji języka itp., służy komenda `help`. Z kolei polecenie `lookfor` pozwala na przeszukanie nagłówków funkcji i plików pomocy pod kątem określonej frazy. Poniżej przedstawiono pierwsze osiem wierszy wyniku wyszukiwania frazy `transform` za pomocą polecenia `lookfor('transform')`.

```
CART2POL Transform Cartesian to polar coordinates.
CART2SPH Transform Cartesian to spherical coordinates.
POL2CART Transform polar to Cartesian coordinates.
SPH2CART Transform spherical to Cartesian coordinates.
FFT Discrete Fourier transform.
FFT2 Two-dimensional discrete Fourier Transform.
FFTN N-dimensional discrete Fourier Transform.
IFFT Inverse discrete Fourier transform. ...
```

Polecenie `which`, zwraca pełną ścieżkę dostępu do obiektu (np. funkcji) wyspecyfikowanego jako parametr. Polecenie `exists` sprawdza, czy w przestrzeni roboczej lub na dysku znajduje się obiekt o nazwie podanej jako parametr wywołania.

MATLAB oznacza również nazwę języka programowania wysokiego poziomu. Zmienne, przechowujące dane liczbowe, nie wymagają deklaracji – powstają w momencie użycia

(zainicjowania) (np. $x = 10.25$). Zmienne służą do programowego prowadzenia obliczeń, przechowywania danych wejściowych oraz wyników. W języku MATLAB, występują następujące, podstawowe operatory arytmetyczne: (+) – dodawanie, (-) – odejmowanie, (*) – mnożenie, (/) – dzielenie, (^) – potęgowanie. Powyższe operatory mogą być wykorzystane w prostych obliczeniach numerycznych. Do wykonania bardziej skomplikowanych działań niezbędne jest użycie funkcji. Funkcje pozwalają na wykorzystanie wbudowanych procedur obliczeniowych oraz umożliwiają wielokrotne wywoływanie raz wprowadzonych fragmentów kodu. Wywołanie funkcji polega zwykle na przypisaniu jej wartości do zmiennej (istniejącej lub tworzonej). Dane wejściowe dla funkcji przekazuje się specyfikując parametry wywołania w nawiasach zwykłych (np. $a = \text{round}(6/4)$). W tab. 2 zestawiono funkcje wykorzystywane w realizacji ćwiczenia. Oprócz funkcji matematycznych, MATLAB ofe-

Tab. 2. Zestawienie funkcji języka MATLAB, wykorzystywanych w ćwiczeniu.

Funkcja	Zapis w języku MATLAB
\sqrt{x}	<code>sqrt(x)</code>
e^x	<code>exp(x)</code>
$\ln x$	<code>log(x)</code>
$\sin x$	<code>sin(x)</code>
$\cos x$	<code>cos(x)</code>
$\text{ctg}^{-1} x$	<code>acot(x)</code>

ruje wiele funkcji organizujących prowadzenie obliczeń. Do tej grupy należą np. funkcje zaokrągleń. Przykładowo – funkcja `round(x)`, zaokrągliła liczbę x do najbliższej wartości całkowitej, `floor(x)` w dół a `ceil(x)` w górę. W p. 3 (program ćwiczenia), zaprezentowano praktyczne przykłady użycia poszczególnych operatorów, konstrukcji językowe oraz funkcji programu MATLAB.

3. Program ćwiczenia

1. Uruchomienie programu MATLAB.

W ćwiczeniu wykorzystano program MATLAB w wersji 5.3 (R11.1). Uruchomienie programu następuje poprzez skrót na pulpicie (Matlab5.3) lub bezpośrednio z katalogu *C:\MatlabR11\ bin*.

2. Uruchomienie programu Wordpad.exe.

Program można uruchomić poprzez wywołanie: *Start\Programy\Akcesoria\ Wordpad* lub poprzez skrót na pulpicie.

3. Tworzenie katalogu roboczego dla grupy laboratoryjnej.

Domyślnym katalogiem startowym (roboczym) programu MATLAB jest *C:\ MatlabR11\ work*. Zadanie polega na utworzeniu podkatalogu katalogu *work*. Podkatalog powinien być nazwany wybranymi 2 nazwiskami studentów, wchodzących w skład grupy laboratoryjnej.

- (a) Wprowadzić:

```
>>pwd
```

W programie MATLAB każde wprowadzone polecenie zatwierdza się klawiszem <ENTER>. Zwrócić uwagę na ścieżkę dostępu do katalogu bieżącego.

- (b) Wprowadzić:

```
>>mkdir nazwa_podkatalogu
```

Polecenie *mkdir nazwa_podkatalogu* powoduje utworzenie w katalogu bieżącym podkatalogu o nazwie *nazwa_podkatalogu*. Parametr *nazwa_pod-katalogu* powinien składać się z nazwisk 2 wybranych studentów grupy laboratoryjnej (np. *mkdir KowalskiNowak*).

- (c) Wprowadzić:

```
>>cd nazwa_podkatalogu
```

Polecenie *cd* zmienia katalog bieżący na katalog o podanej nazwie. Wyrażenie *nazwa_podkatalogu* — patrz wyżej.

- (d) Wprowadzić:

```
>>cd
```

Polecenie *cd* bez parametru wyświetla nazwę bieżącego katalogu (patrz *pwd*).

- (e) Powtórzyć polecenie *pwd*. Porównać wyniki *cd* i *pwd*.

Do powtarzania poprzednio wydanych poleceń służy klawisz kursora (↑). Należy naciskać klawisz kursora (↑), dopóki w linii poleceń nie pojawi się żądane polecenie.

- (f) Skopiować zawartość okna poleceń programu MATLAB do programu Wordpad.

- (g) Wyczyścić zawartość okna poleceń programu MATLAB poleceniem:

```
>>clc
```

4. Operacje na zmiennych skalarnych. Zarządzanie przestrzenią roboczą.

- (a) Utworzyć zmienną x poleceniem:

```
>>x = 5.5
```

a następnie zmienne a , b i c poleceniami:

```
>>a=3
```

```
>>b=2
```

```
>>c=3
```

Uwaga: W programie MATLAB do oddzielenia części dziesiętnej od całkowitej używa się znaku kropki (.) a nie przecinka (,).

- (b) Wprowadzić:

```
>>a*x^2+b*x+c
```

Zaobserwować pojawienie się nowej zmiennej o nazwie **ans**. Wprowadzić:

```
>>y=a*x^2+b*x+c
```

Zaobserwować przypisanie wyniku obliczeń do zmiennej y . Powyższe polecenia obliczają wartość wyrażenia: $y = ax^2 + bx + c$ (**wynik:** 104.7500).

- (c) Wyświetlić zawartość przestrzeni roboczej poleceniami:

```
>>who
```

```
>>whos
```

Zaobserwować różnice w wynikach dla **who** i **whos**.

- (d) Skopiować zawartość okna poleceń programu MATLAB do programu Wordpad.

- (e) Wyczyścić zawartość okna poleceń programu MATLAB poleceniem:

```
>>clc
```

5. Zapis i odczyt zmiennych z plików dyskowych.

- (a) Wprowadzić:

```
>>save abcxy
```

Polecenie **save nazwa_pliku** zapisuje wszystkie zmienne przestrzeni roboczej w pliku *nazwa_pliku.mat*.

- (b) Wprowadzić:

```
>>save y y
```

Polecenie **save nazwa_pliku nazwa_zmiennej** zapisuje zmienną *nazwa_zmiennej* w pliku *nazwa_pliku.mat*.

- (c) Wprowadzić:

```
>>save ab a b
```

Polecenie **save nazwa_pliku nazwa_zmiennej1 nazwa_zmiennej2 ...**, zapisuje zmienne *nazwa_zmiennej1*, *nazwa_zmiennej2*, ..., w pliku *nazwa_pliku.mat*.

- (d) Wprowadzić:

```
>>dir
```

```
>>what
```

Polecenie **dir** wyświetla zawartość bieżącego katalogu. Polecenie **what** wyświetla zawartość katalogu z podziałem na kategorie plików skojarzonych z programem MATLAB (tu: MAT-files, czyli *.mat).

- (e) Wyświetlić zawartość przestrzeni roboczej poleceniem:

```
>>who
```

Wprowadzić:

```
>>clear y
```

```
>>who
```

Zauważyć brak zmiennej *y* w przestrzeni roboczej. Wprowadzić:

```
>>clear a b
```

```
>>who
```

Wprowadzić:

```
>>clear
```

```
>>who
```

W przestrzeni roboczej nie ma zmiennych!

Polecenie `clear nazwa_zmiennej` służy do usuwania zmiennej o nazwie *nazwa_zmiennej*. Polecenie `clear` usuwa wszystkie zmienne z przestrzeni roboczej.

- (f) Odczytać zmienną *y*, znajdującą się w pliku *y.mat* poleceniem:

```
>>load y
```

Wprowadzić:

```
>>who
```

Zaobserwować pojawienie się zmiennej *y*. Wprowadzić:

```
>>load ab
```

```
>>who
```

Zaobserwować pojawienie się zmiennych *a* i *b*. Usunąć wszystkie zmienne poleceniem:

```
>>clear
```

Wprowadzić:

```
>>who
```

Zaobserwować brak zmiennych w przestrzeni roboczej. Wprowadzić:

```
>>load abcxy
```

```
>>who
```

W przestrzeni roboczej pojawiły się wszystkie poprzednio utworzone zmienne. Polecenie `load nazwa_pliku` wczytuje do przestrzeni roboczej wszystkie zmienne z pliku o nazwie *nazwa_pliku*.

- (g) Skopiować zawartość okna poleceń programu MATLAB do programu Wordpad.

- (h) Wyczyścić zawartość okna poleceń programu MATLAB poleceniem:

```
>>clc
```

6. Podstawowe obliczenia w trybie lini poleceń. Wywoływanie funkcji standardowych.

- (a) Obliczyć z dokładnością do 15 cyfr po przecinku, która z liczb: e^π , π^e , jest większa.

Wprowadzić:

```
>>format long
```

```
>>exp(pi)
```

```
>>pi^(exp(1))
```

Polecenie `format long` powoduje ustawienie trybu wyświetlania liczb z dokładnością do 15 cyfr dziesiętnych. Funkcja `exp(x)`, oblicza e^x (patrz tab. 2). Stała `pi` wyraża liczbę π ($\pi = 3.141592653589793$).

- (b) Sprawdzić, który z ułamków: 2709/1024, 10583/4000 czy 2024/765, jest najlepszym przybliżeniem $\sqrt{7}$.

Wprowadzić:

```
>>2709/1024
```

```
>>10583/4000
```

```
>>2024/765
```

Wskazać najlepsze przybliżenie porównując wyniki obliczeń.

- (c) Zdefiniować zmienne: $a = 15.62$, $b = -7.08$, $c = 62.5$, $d = \frac{1}{2}(ab - c)$. Wykorzystując zdefiniowane zmienne obliczyć wartości wyrażeń:

$$a + \frac{a \cdot b}{c} \frac{(a + d)^2}{\sqrt{|a \cdot b|}}, \quad d \cdot e^{\frac{d}{2}} \frac{\frac{a \cdot d + c \cdot d}{20/a + 30/b}}{a + b + c + d}.$$

Wprowadzić polecenia:

```
>>a=15.62
```

```
>>b=-7.08
```

```
>>c=62.5
```

```
>>d=0.5*(a*b-c)
```

W celu obliczenia pierwszego z wyrażeń wprowadzić:

```
>>a+((a*b)/c)*((a+d)^2)/sqrt(abs(a*b))
```

Drugie wyrażenie obliczyć samodzielnie.

W programie MATLAB zmienne można tworzyć poprzez przypisanie im wartości liczbowych lub wartości wyrażeń. W ogólnym przypadku wyrażenia mogą zawierać zmienne definiowane wcześniej. Inne sposoby tworzenia zmiennych zostaną omówione w dalszej części kursu. Funkcja `sqrt(x)` oblicza pierwiastek kwadratowy z x . Funkcja `abs` oblicza wartość bezwzględną z x , jeśli x — liczba rzeczywista. Jeżeli x jest liczbą zespoloną, funkcja `abs` oblicza jej moduł.

- (d) Skopiować zawartość okna poleceń programu MATLAB do programu Wordpad.

- (e) Wyczyścić zawartość okna poleceń programu MATLAB poleceniem:

```
>>clc
```

- (f) Obliczyć ręcznie wyrażenia a następnie sprawdzić wyniki w Matlabie.

Wprowadzić:

```
>>2/2*3
```

```
>>6-2/5+7^2-1
```

```
>>3^2^2
```

```
>>2+round(6/9+3*2)/2-3
```

```
>>2+floor(6/9+3*2)/2-3
```

```
>>2+ceil(6/9+3*2)/2-3
```

Funkcje: `round(x)`, `floor(x)` oraz `ceil(x)` zaokrąglały wartość x odpowiednio: do najbliższej wartości całkowitej, w dół oraz w górę.

- (g) Mając dane długości boków trójkąta: $a = 18$, $b = 35$ i $c = 50$, obliczyć kąt γ pomiędzy bokami a i b .

Korzystając z twierdzenia kosinusów: $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$, mamy: $\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$, czyli: $\gamma = \cos^{-1} \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$. Wprowadzić:

```
>>a=18; b=35; c=50
```

Zwrócić uwagę, na brak wyświetlenia wyników operacji przypisania dla zmiennych a i b . Wprowadzić:

```
>>gamma=acos((a^2+b^2-c^2)/2*a*b).
```

zakończenie linii znakiem (;) blokuje wyświetlanie wyniku wykonania polecenia. Funkcja $\text{acos}(x)$ oblicza $\cos^{-1} x$. UWAGA: argumenty funkcji trygonometrycznych programu MATLAB podaje się w radianach (rad), dlatego też uzyskany wynik należy przeliczyć na stopnie.

- (h) Przeliczyć kąt w radianach uzyskany w poprzednim podpunkcie na stopnie. Uwzględniając, że:

$$\begin{aligned} 180^\circ &\rightarrow \pi \text{ rad} \\ x^\circ &\rightarrow \phi_{\text{rad}} \end{aligned}$$

kąt w stopniach wynosi: $x^\circ = \frac{180}{\pi} \cdot \phi_{\text{rad}}$. Wprowadzić:

```
>>k=(180*gamma)/pi
```

Wprowadzić:

```
>>rad2deg(gamma)
```

Porównać uzyskany wynik z wartością zmiennej k .

Funkcja standardowa $\text{rad2deg}(x)$ przelicza kąt x podany w radianach na stopnie.

- (i) Mając dane długości dwóch boków trójkąta: $a = 18$ i $b = 35$, oraz kąt $\gamma = 139^\circ$ pomiędzy nimi, obliczyć długość trzeciego boku c .

Z twierdzenia kosinusów: $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}$. Wprowadzić:

```
>>sqrt(a^2+b^2-2*a*b*cos(gamma))
```

Wprowadzić:

```
>>c.
```

Porównać wyniki obliczeń z wartością zmiennej c (długość trzeciego boku). Dla porównania wprowadzić:

```
>>sqrt(a^2+b^2-2*a*b*cos(deg2rad(k)))
```

Porównać wyniki obliczeń. Funkcja $\text{deg2rad}(x)$ przelicza kąt x w stopniach na radiany.

- (j) Kwotę $P = 1000$ zł wpłacono na lokatę bankową oprocentowaną 8% w skali rocznej. Po jakim czasie t_2 (w latach i miesiącach) z lokaty o kapitalizacji miesięcznej uzyska się taką samą wartość jak z lokaty o kapitalizacji rocznej, utrzymywanej przez $t_1 = 17$ lat. Wynik obliczeń wyrazić w postaci lat, miesięcy i dni. Jeżeli odsetki są kapitalizowane raz w roku, to po t latach kwota lokaty wynosi: $A = (1 + r)^t$. Jeżeli odsetki, wynoszące $r \cdot 100\%$ kapitalizowane są m -razy w roku, po t latach kwota lokaty wynosi: $A_m = (1 + \frac{r}{m})^{tm}$. Przyrównując do siebie powyższe zależności, mamy: $(1 + r)^{t_1} = (1 + \frac{r}{m})^{t_2 m}$. Logarytmując

równanie, otrzymuje się: $t_1 \log(1 + r) = t_2 m \log(1 + \frac{r}{m})$. Stąd: $t_2 = \frac{t_1 \log(1+r)}{m \log(1+\frac{r}{m})}$.

Wprowadzić:

```
>>t2=(17*log(1+0.08))/(12*log(1+0.08/12))
```

Aby przedstawić wynik w postaci liczby lat, miesięcy i dni wprowadzić:

```
>>dni=t2*360
```

```
>>lata=fix(dni/360)
```

Jest to liczba lat. Wprowadzić:

```
>>dni_poz=rem(dni,360)
```

```
>>mies=fix(dni_poz/30)
```

Jest to liczba miesięcy. Wprowadzić:

```
>>dni=rem(dni_poz,30)
```

Jest to liczba dni. Funkcja `fix(x)` oblicza część całkowitą liczby `x`, natomiast funkcja `rem(x,n)` zwraca resztę z dzielenia całkowitego `x` przez `n`. Funkcja `log(x)` oblicza logarytm naturalny z liczby `x`.

- (k) Wyrazić czas (zmienna `t`): $t = 4520$ sekund w postaci godzin (zmienna `g`), minut (zmienna `m`) i sekund (zmienna `s`).

Wprowadzić:

```
>>t=4520
```

```
>>g=fix(t/3600)
```

```
>>m=fix(rem(t,3600)/60)
```

```
>>s=rem(rem(t,3600),60)
```

W celu sprawdzenia wyniku wprowadzić:

```
>>s+60*m+3600*g
```

Otrzymany wynik porównać z `t`

- (l) Skopiować zawartość okna poleceń programu MATLAB do programu Wordpad.
- (m) Wyczyścić zawartość okna poleceń programu MATLAB poleceniem:
- ```
>>clc
```

## 4. Opracowanie sprawozdania

W sprawozdaniu należy umieścić polecenia oraz wyniki ich działania skopiowane w trakcie ćwiczenia z okna środowiska MATLAB. Do Każdej linii kodu oraz do każdego wyniku, należy dodać komentarz objaśniający.

**Przykład.**

`...2+round(6/9+3*2)/2-3` — obliczenie wartości wyrażenia. Funkcja `round(6/9+3*2)` zaokrągla wynik działania `6/9+3*2` do najbliższej liczby całkowitej...

Napisać kod języka MATLAB (z wykorzystaniem poznanych poleceń) rozwiązujący poniższe zadania.

**Zadanie 1** *Wiedząc, że 1 galon  $\approx$  4,54609 litra oraz 1 mila  $\approx$  1,60934 km, wyrazić zużycie paliwa równe 5.6 l/100 km w galonach / milę*

**Zadanie 2** *Korzystając z danych z zad. 1, obliczyć zużycie paliwa w l/100 km dla samochodu, który przejechał 385 mil i zużył 32.4 l paliwa.*