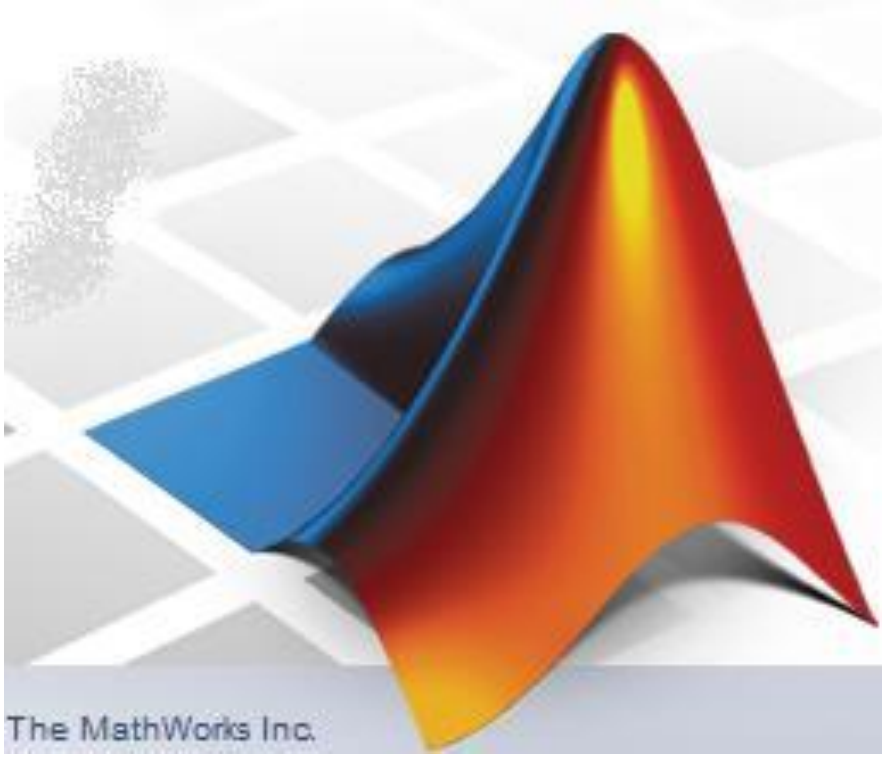
MATLAB (1) - úvod do programovania vedeckých problémov



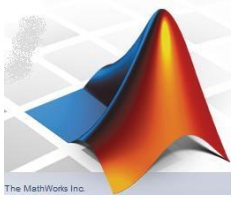
LS 2020, 3.predn.

MATLAB (1) - úvod do programovania vedeckých problémov, ZS 2020

Program predmetu:

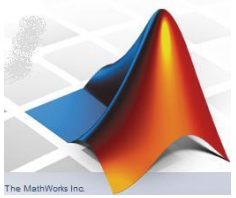
1. týždeň: úvod, základné info o Matlabe, pracovné prostredie Matlab
   interaktívny režim, prvé info o písaní skriptov
2. týždeň: základné operácie s maticami, import a export dát,
   základné grafické zobrazovanie (grafy a mapy)
3. týždeň: príkazy, stavba programov, M-súborov
4. týždeň: práca s reťazcami, práca so súbormi
5. týždeň: pokročilejšia grafika - popis grafov a máp, 2D grafy
6. týždeň: funkcie – zabudované v Matlabe, tvorba vlastných funkcií
7. týždeň: príklady programovania úloh z oblasti prírodných vied
8. týždeň: príklady programovania úloh z oblasti prírodných vied
9. týždeň: tvorba vlastných aplikácií,
   práca s GUI (Graphical User Interface)
10. týždeň: tvorba vlastných aplikácií, nástroj GUIDE

pozn.: zmeny vyhradené



Obsah (3. prednáška):

- základy tvorby M-súborov
- základné príkazy pre cykly a podmienky
- dôležité príkazy - polynomické fitovanie funkcií
- dôležité príkazy - interpolácia hodnôt (1D prípad)
- delenie skriptu do sekcií (úloha %%)
- trošičku z grafiky (komunikácia cez okná)
- príklady tvorby skriptov (s použitím cyklov)
- príklady základnej práce so štatistikou
- zadanie č.5



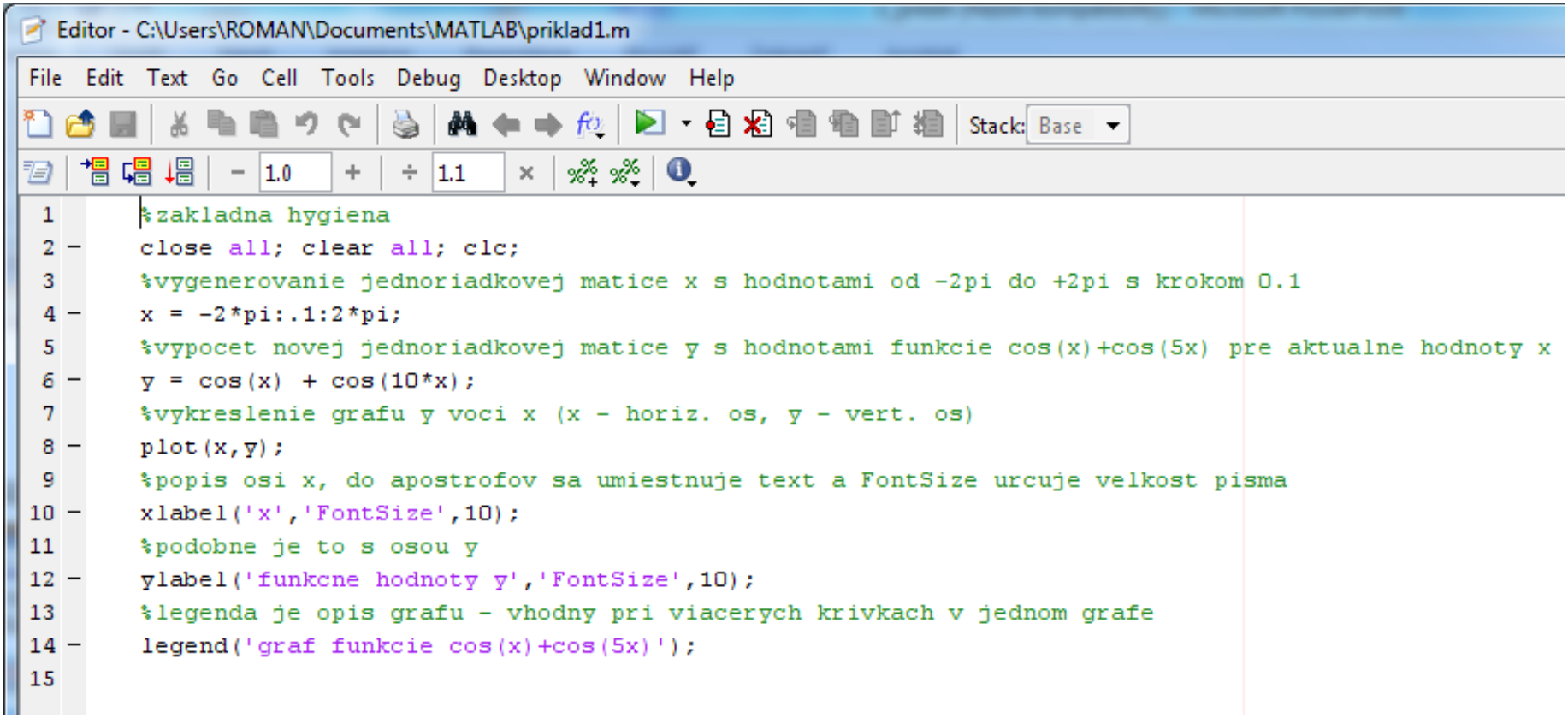
Tvorba M-súborov alebo tzv. skriptov (programov) v prostredí Matlab:

Doteraz sme pracovali často v tzv. interaktívnom režime, t.j. písaním alebo prekopírovaním príkazov do Command Window. Tento spôsob je však ťažkopádny, keď ide o dlhšie programy a ich odladňovanie. Preto je možné pracovať s textovými súbormi (s príponou .M), ktoré obsahujú postupnosť matlabovských príkazov a ktoré sú realizované pri spustení skriptu. M-súbory je najlepšie tvoriť a upravovať v Editore Matlabu, je však možné tvoriť (nie spúšťať) v akomkoľvek textovom editore.

M-súbory delíme na:

- skripty: neprímajú vstupné a nevracajú výstupné argumenty, pracujú s údajmi premenných vo workspace,
- funkcie: prijímajú vstupné údaje a vracajú výstupné údaje, sú väčšinou „volané“ nejakým iným skriptom (ďalšia prednáška).

Editor (skriptov/programov):

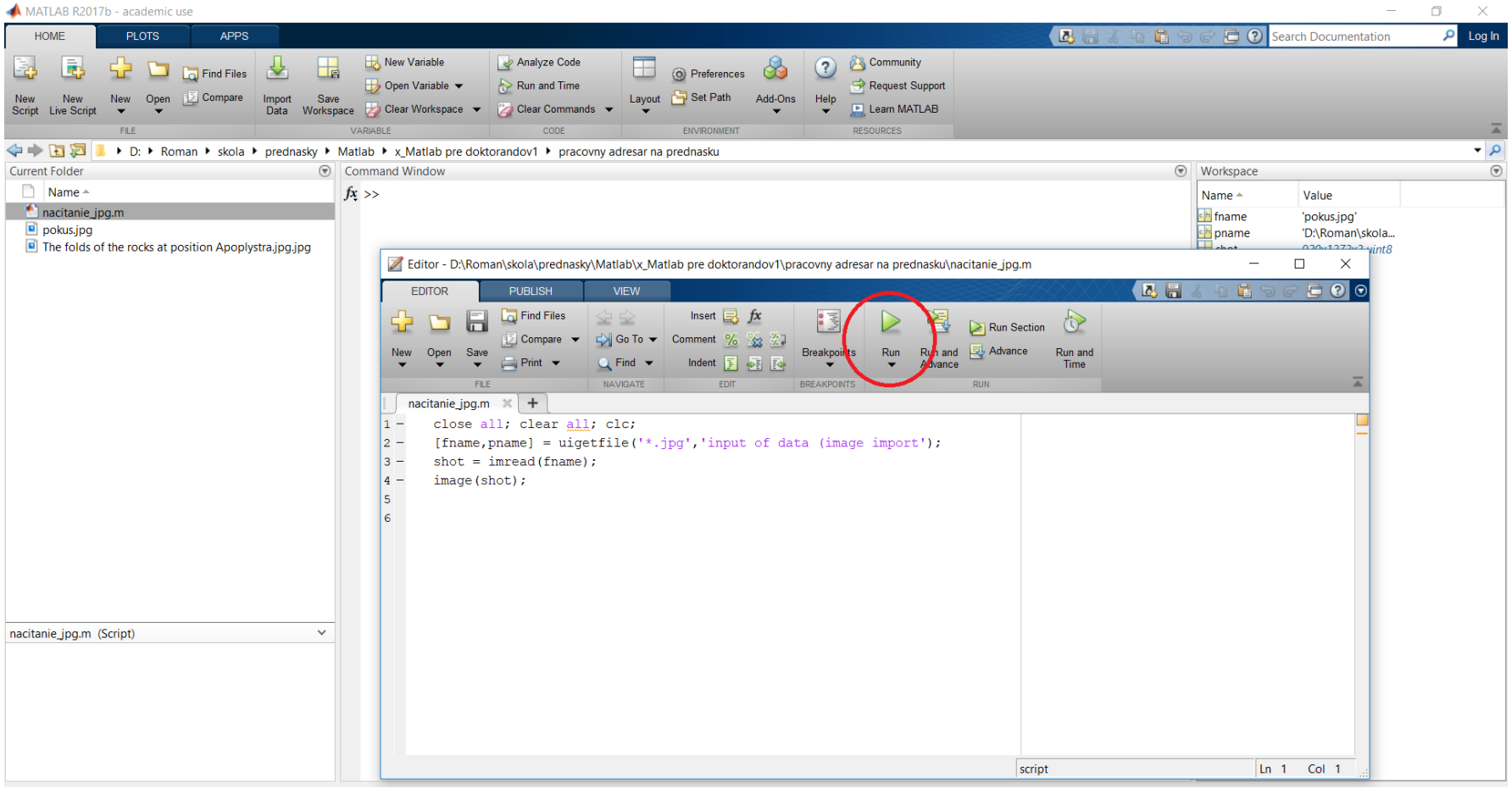


- poznámky (%) sú zelenou, reťazce (‘ ‘) fialovou, kľúčové slová modrou...
- pri písaní matematických vzťahov so zátvorkami editor automaticky upozorňuje na uzavretie párov zátvoriek (tým, že na chvíľku zabliká predchádzajúca zátvorka ku danej aktuálne napísanej)
- automaticky sa označuje začiatok a koniec cyklu (podmienky nie)
- použitie %% na vyčlenenie častí (sekcií) skriptu – neskôr v tejto prednáške

Tvorba M-súborov alebo tzv. skriptov (programov) v prostredí Matlab:

Spúšťanie M-súborov:

- stlačením klávesy **F5**,
- stlačením zelenej šípky (Run) v paneli nástrojov okna Editor.
- napísaním príkazu `run nazov_suboru` do Command Window,



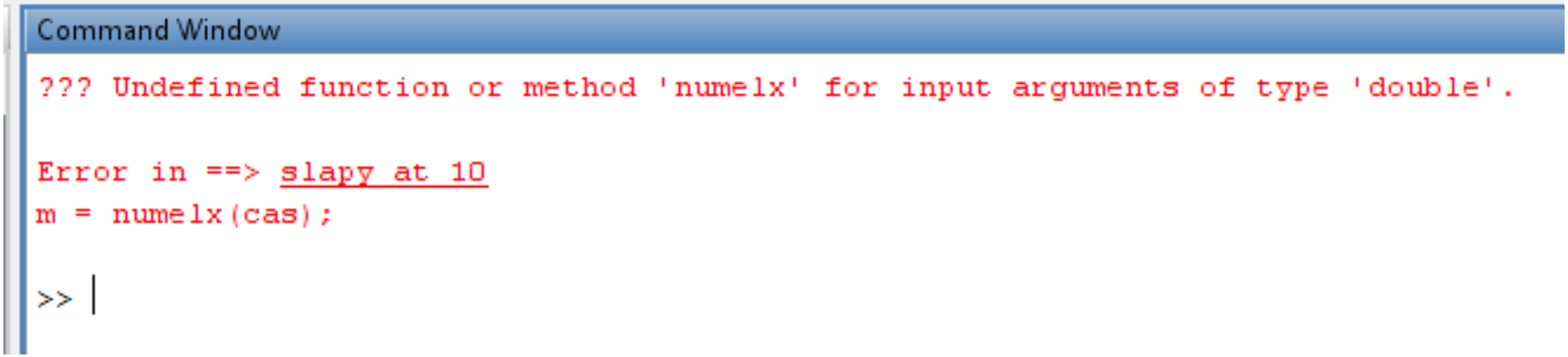
Tvorba M-súborov alebo tzv. skriptov (programov) v prostredí Matlab:

Chybové hlásenia:

Často sa stane, že sa v M-súbore pomýlime pri zadávaní príkazov.
V M-súboroch sa môžu vyskytovať dva hlavné typy chýb:

- syntaktické chyby: použitie zlého mena príkazu, zabudnuté zátvorky a pod.
- chyby vzniknuté behom programu: väčšinou vyskytnutá chyba v algoritme, neuskutočniteľný výpočet a pod.

V Command window sa užívateľovi objavuje chybové hlásenie (červenou farbou), opisujúce druhy chyby a číslo riadku M-súboru



programovanie - cykly a podmienky

niektoré dôležité príkazy:

cykly: (*for*, *while*)

```
for variable = initval:endval
    statement
    ...
    statement
end
```

**opakuje súbor príkazov,
kým sa hodnota *variable*
nezmení z *initval* na *endval***

príklad:

```
for i=1:10 % i sa meni od 1 po 10
disp(i);   %vypise hodnotu i
end;       %koniec suboru prikazov
```

```
while condition
    statement
    ...
    statement
end
```

**opakuje súbor príkazov,
kým platí podmienka
condition**

príklad:

```
my = 1; % pociatocna hodnota my
while (1+my) > 1 % zaciatok cyklu
    my = my/2;   % my sa meni
disp(my);    %vypise hodnotu my
end;         %koniec cyklu
```

Cykly je možné do seba vnárať (v rámci jedného cyklu sa nachádza ďalší...).

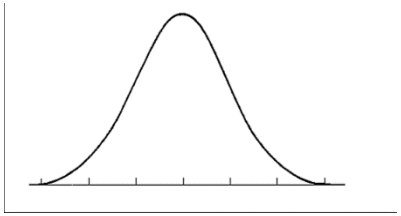
V Matlabe je však možné veľmi efektým spôsobom využiť bodkovú syntax a „zhutniť“ mnohé cykly do jedného riadku. Príklady – neskôr.

príklad cyklov *for, while*:

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

(cyklus `for`)

```
%vypocet Gaussovej funkcie
close all; clear all; clc;
x = -20; sigma = 3.5; my = 2;
for i=1:401  %zaciatok cyklu
 Gauss(i) = (1/(sigma*sqrt(2*pi)))*exp(-(x-my)^2/(2*sigma^2));
 x_cor(i) = x; x = x + 0.1;    %uchovanie x-ovej suradnice, zvysenie x
end;      %ukoncenie suboru prikazov v ramci cyklu
plot(x_cor,Gauss);    %vykreslenie grafu
```



(cyklus `while`)

```
%vypocet Gaussovej funkcie
close all; clear all; clc;
x = -20; sigma = 3.5; my = 2; i = 1;
while x<=20.1  %zaciatok cyklu
 Gauss2(i) = (1/(sigma*sqrt(2*pi)))*exp(-(x-my)^2/(2*sigma^2));
 x_cor(i) = x; x = x + 0.1; i = i + 1; %uchovanie x-ovej suradnice
end;      %ukoncenie suboru prikazov v ramci cyklu
plot(x_cor, Gauss2);    %vykreslenie grafu
```

alebo (Matlabovsky “hutny” zapis bez pouzitia cyklu `for` alebo `while`)

```
%vypocet Gaussovej funkcie
close all; clear all; clc;
x = -20:0.1:20; sigma = 3.5; my = 2; i = 1;
Gauss3 = (1/(sigma*sqrt(2*pi)))*exp(-(x-my).^2/(2*sigma^2));
plot(x, Gauss3);    %vykreslenie grafu
```

niektoré dôležité príkazy:

podmienky: (*if, switch*)

```
if expression1
    statements1
elseif expression2
    statements2
else
    statements3
end
```

vykoná príkazy `statements1`**,**
keď je splnená podmienka `expression1`**;**
keď splnená nie je, tak
vykoná príkazy `statements3`**;**
(ešte sa tam dá dopĺňať
dodatočná podmienka s `elseif`**)**

```
switch switch_expr
 case case_expr
    statement, ..., statement
  case {case_expr1, case_expr2, ...}
    statement, ..., statement
  otherwise
    statement, ..., statement
 end
```

prepína medzi viacerými
možnosťami výrazu `switch_expr`
a realizuje ten príkaz, ktorý
zodpovedá danému prípadu
(zohľadnenému v `case`**);**
ak nenájde žiaden prípad, tak
vykoná príkazy pod `otherwise`**)**

niektoré dôležité príkazy:

podmienky: (*if*, *switch*)

S týmito príkazmi sú veľmi úzko spojené
relačné a logické operátory:

```
A < B
A > B
A <= B
A >= B
A == B
A ~= B
```

Inputs		and	or	not	xor
A	B	A & B	A | B	~A	xor(A,B)
0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

príklad použitia podmienky *if*: (nájdete ako skript priklad_if.m)

```
%vypocet Gaussovej funkcie
close all; clear all; clc;
x = -20:0.1:20; sigma = 3.5; my = 2; i = 1;
Gauss = (1/(sigma*sqrt(2*pi)))*exp(-(x-my).^2/(2*sigma^2));
plot(x, Gauss);    %vykreslenie grafu

%pokracovanie – pouzitie podmienky if ku vytriedeniu dat
%pomocna indexova premenna k
   k = 1;
for i=1:401  %zaciatok cyklu
   if Gauss(i) > 0.1
   vyssia_uroven(k) = Gauss(i);
   %kedze bola splnena podmienka, musi byt k zvysene o 1
   k = k + 1;
  end; %ukoncenie podmienky if
end;      %ukoncenie suboru prikazov v ramci cyklu
%naprava premennej k
k = k - 1;
figure, plot(vyssia_uroven);

%v prostredi Matlab je mozne cely tento cyklus naradit 1.riadkom!
vyssia_uroven2 = Gauss(Gauss>0.1); %v zatvorke je podmienka
figure, plot(vyssia_uroven2,'g');
```

príklad použitia podmienky *switch*:

Príklad:

```
close all; clear all; clc;
method = 'Bilinear';
switch lower(method)
   case {'linear','bilinear'}
      disp('Method is linear')
   case 'cubic'
      disp('Method is cubic')
   case 'nearest'
      disp('Method is nearest')
   otherwise
      disp('Unknown method.')
end
```

Ďalší (zložitejší) príklad bude uvedený ďalej v prednáške.

Pozn.: Funkcia `lower()` berie všetky znaky v reťazci ako malé.

dôležité príkazy – fitovanie polynómu:

Fitovanie polynómu cez skupinu dvojíc hodnôt (metódou najmenších štvorcov – LeasSquares, LSQ):

```
p = polyfit(x, y, n);
```

výsledkom je matica *p* s koeficientami poynómu stupňa *n*

$$p_1 x^n + p_2 x^{n-1} + \ldots + p_n x + p_{n+1}$$

matica *p* má n+1 prvkov
(posledný prvok je konštantný člen).
Pre n = 1 ide o známu lineárnu regresiu.

Pozor! Tento prístup sa líši od často používanej aproximácie v numerickej matematike: $a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \ldots$,
kde prvý prvok je konštantný člen.

$$p_1 x^n + p_2 x^{n-1} + \ldots + p_n x + p_{n+1}$$

Príklad: (nájdete ako M-skript: `fit_polyn.m`)

```
clear all; close all; clc;
x = (0: 0.1: 2.5)'; %vygenerovanie matice x
y = erf(x); %chybova funkcia (error function)
p = polyfit(x,y,5); %samotne nafitovanie polynomom 5.stupna
m= numel(x)
for j = 1:m
% do matice fit(j) sa vygenerujú hodnoty polynomickej aproximácie
fit(j) = p(1)*x(j)^5+ p(2)*x(j)^4+ p(3)*x(j)^3 + p(4)*x(j)^2 + ...
         p(5)*x(j) + p(6);
end;
plot(x,y, x,fit);
xlabel('x[]','FontSize',10); ylabel('functions []','FontSize',10);
legend(' error function ' ,'polynomial fit');title('prve riesenie');

%alebo (namiesto cyklu for)
fit2 = p(1)*x.^5 + p(2)*x.^4 + p(3)*x.^3 + p(4)*x.^2 + ...
       p(5)*x.^1 + p(6)*x.^0;
figure, plot(x,y, x,fit2);
xlabel('x[]','FontSize',10); ylabel('functions []','FontSize',10);
legend(' error function ' ,'polynomial fit'); title('druhe riesenie');
```

dôležité príkazy – fitovanie iných (nelineárnych) funkcií:

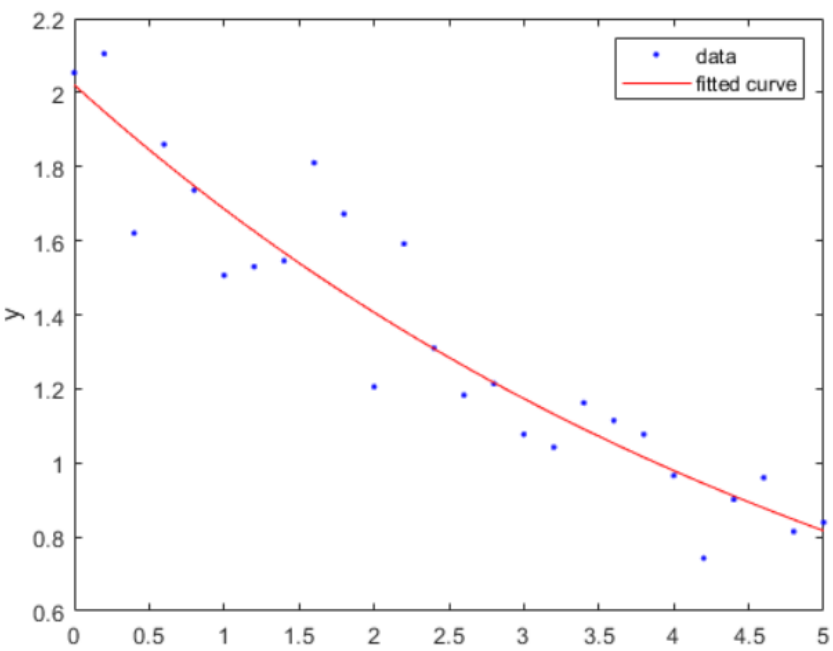
1. Naprogramovať krok po kroku pomocou metódy najmenších štvorcov (LSQ) – toto vedie ku riešeniu tzv. systému normálnych lineárnych rovníc (budúce prednášky)
2. Použitie funkcie `fit()` z Curve Fitting Toolbox

Príklad: fitovanie expon. funkcie

```
x = (0:0.2:5)';
y = 2*exp(-0.2*x) + 0.1*randn(size(x));
f = fit(x,y,'exp1')
plot(f,x,y)
```

```
f =

General model Exp1:
f(x) = a*exp(b*x)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
  a =       2.021  (1.89, 2.151)
  b =     -0.1812  (-0.2104, -0.152)
```



dôležité príkazy – interpolácia hodnôt (1 D):

Interpolácia hodnôt na základe známych dvojíc hodnôt;
základná metóda je lineárna interpolácia (metódu je možné voliť):

```
yi = interp1(X,Y,xi)
```

kde `X`, `Y` sú matice so známymi hodnotami,
`xi` je matica x-ových súradníc pre nové intepolované hodnoty,
výsledkom je matica nových interpolovaných hodnôt `yi`.
Metóda sa volí cez parameter `method`:

```
yi = interp1(X,Y,xi,method)
```

`'nearest'`	Nearest neighbor interpolation
`'linear'`	Linear interpolation (default)
`'spline'`	Cubic spline interpolation
`'pchip'`	Piecewise cubic Hermite interpolation
`'cubic'`	(Same as `'pchip'`)

interpolácia hodnôt (1 D) - príklad: (nájdete ako M-skript `interpol_1D.m`)

Príklad:

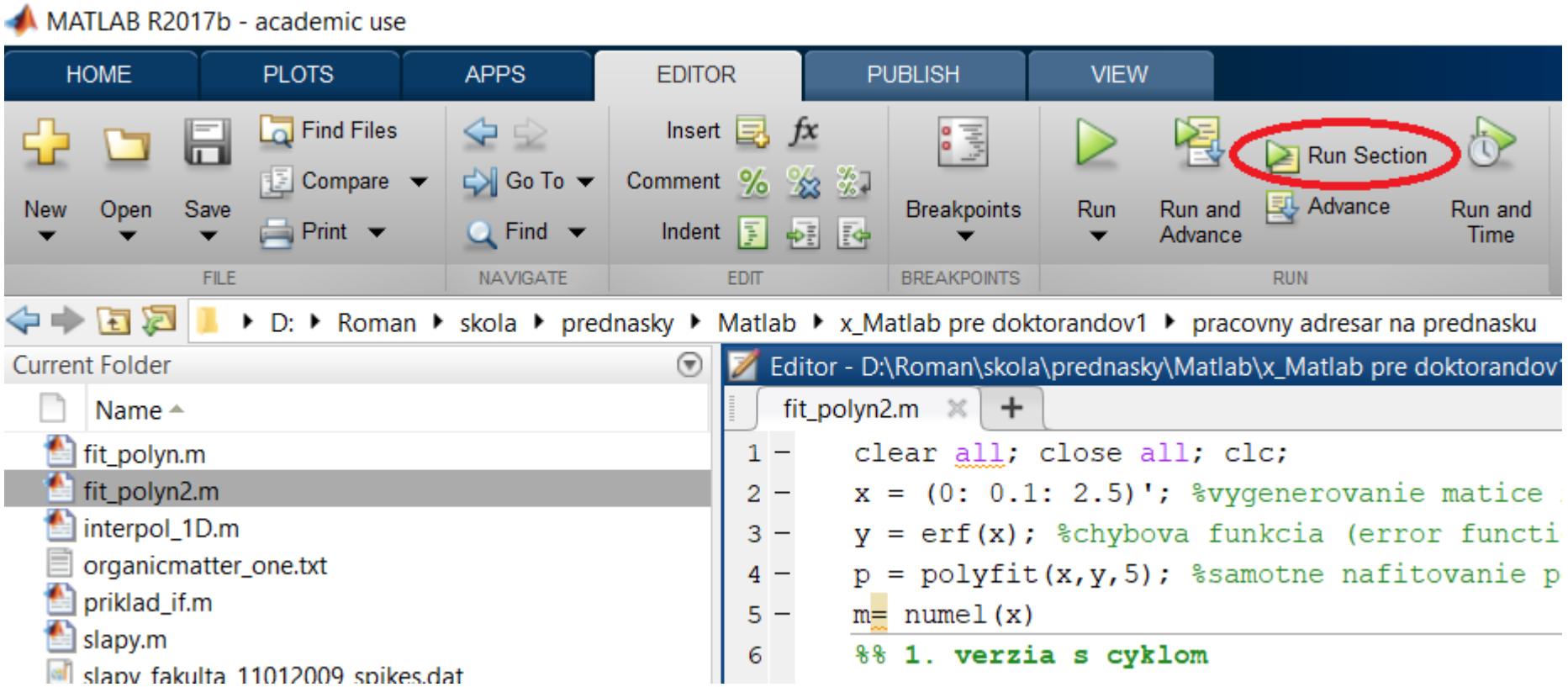
```
close all; clear all; clc;
%generovanie matice x
x = 0:10;
%vypocet matice y (sinx)
y = sin(x);
%vygenerovanie novej matice xi, pre ktoru budu
   interpolovane hodnoty
xi = 0:.25:10;
%samotna interpolacia
yi = interp1(x,y,xi);
%kreslenie vystupov
plot(x,y,'o'); legend('povodne udaje');
figure, plot(xi,yi); legend('interpolovane udaje');
figure, plot(x,y,'o',xi,yi); title('spolu');
```

Pozn.: Vyskúšajte si podrobnejší interpolačný krok (napr.: 0.05).

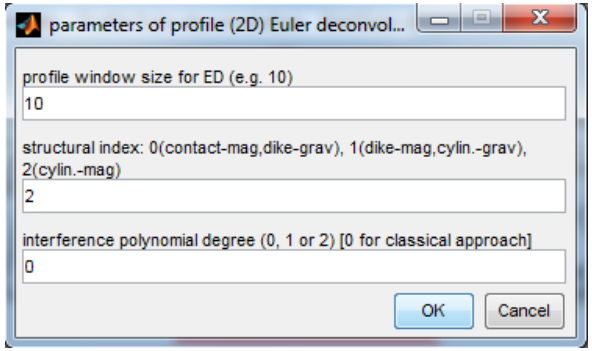
Možnosť delenia skriptu do sekcií (sections, cells)

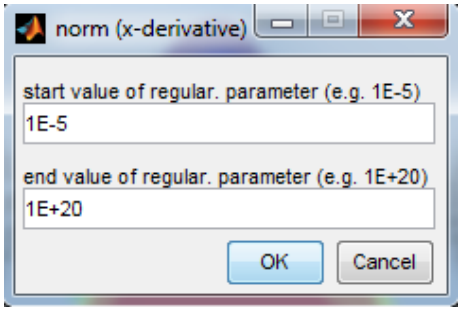
Pri použitý dvoch znakov % % a medzery za tým sa script rozdelí na bloky (sekcie, bunky). Takto je možné script rozdeliť na určité celky.
Tieto sa aj farebne rozlíšia v editovanom skripte.

Toto je výhodné pri odladňovaní zložitejších skriptov – je možné potom spúšťať samostatne tieto bloky (vyskúšajte si script `fit_poly2.m`).



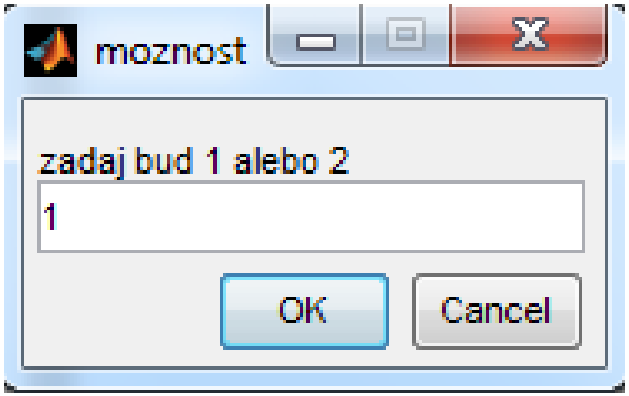
Doplnok ku komunikácii cez okná: príkaz inputdlg() Príklad:






```
close all;clear all;clc;
%nazov okna
titlei = 'moznost';
%text, uvedeny v apostrofoch je zobrazeny
%ako informacia v okne
prompti = {'zadaj bud 1 alebo 2'};
%pocet riadkov pre hodnoty v okne
linesi = 1;
%pred-definovana hodnota pre uzivatela
defi = {'1'};
%ziskanie odpovede uzivatela
answer = inputdlg(prompti,titlei,linesi,defi);
%odpoved z prveho riadku okna
opergstr1 = answer(1);
%prevedenie odpovede na ciselnu hodnotu
moznost = str2double(opergstr1);

disp(moznost);
```



Pozn.: Upozornenie na nefunkčnosť klávesy Enter (pri potvrdení zadania čísla).

Využitie cyklu a podmienok – hlavný príklad:

Ako príklad využitia cyklu a podmienok si ukážeme krátky skript na analýzu údajov z meraní prejavov gravitačnej príťažlivosti Mesiaca a Slnka – tzv. tiažové slapy.

1. Údaje sú v súbore `slapy_fakulta_11012009_spikes.dat`: čas, meraná hodnota.
2. Po ich načítaní ich treba analyzovať a vylúčiť chybné („vyskočené”) body s hodnotou 0.1 – nahradiť ich s novými.
3. Nasleduje fitovanie analyzovaných hodnôt pomocou polynómu určitého stupňa (stupeň sa zadáva cez okno).

Samotný program ako M-skript nájdete v súbore `slapy.m`.

Využitie cyklu a podmienok – ďalší príklad:

Výpočet gravitačného účinku (pole V_z) pre 2D polonekonečnú dosku (sill) v gravimetrii

Je potrebné vypočítať pole anomálneho gravitačného zrýchlenia (jeho vertikálnej zložky) V_z pozdĺž profilu ponad 2D polonekonečnú dosku (nachádza sa v hĺbke *h* so začiatkom presne pod bodom $x = 0$). Ďalšie parametre pre dosku sú: plošná hustota μ, ktorá sa vypočíta ako súčin samotnej objemovej hustoty ρ (v tomto prípade negatívnej, keďže sa opisuje účinok sedimentárnej výplne) a hrúbky dosky *dh*.
Dĺžka profilu je daná načítanými údajmi zo súboru (`Bouguer_data.dat`), kde sú interpolované hodnoty zo slovenskej Bouguerovky pozdĺž profilu v cca Z-V smere cez okraj Malých Karpát približne na úrovni Trnavy.

Vzorec pre výpočet účinku V_z tohto telesa pozdĺž profilu nájdete v prezentáciách z predmetu Gravimetria (1):

$$V_z(x,0) = 2\kappa\mu\left[\frac{\pi}{2} + \text{artctg}\left(\frac{x}{h}\right)\right]$$

Samotný skript nájdete v súbore: `sill_gravimetry.m`

Zadanie č.3:

Upravte (prerobte) existujúci skript "`sill_gravimetry.m`" tak, aby bol schopný načítať údaje zo súboru "pf1-Gagarinova.dat"
(skúste uhádnuť, že odkiaľ sú tieto údaje...?)
a porovnat krivku ÚBA s účinkom 2D horizontálnej tyče
(pozor, tento krát má vstupný súbor 4 stĺpce: x, y, h, UBA).

Na pripomenutie - priama úloha pre 2D tyč v gravimetrii:

$$V^{(2D)}_z(x,0,0) = 2\kappa\lambda \frac{h}{x^2 + h^2}$$

kde h je hĺbka stredu tyče, λ je tzv. dĺžková hustota = prierez tyče krát hustota ($\lambda = \rho\pi R^2$).