

Základy počítačovej grafiky a spracovanie obrazu

Ing. Viktor Kocur
viktor.kocur@fmph.uniba.sk

DAI FMFI UK

20.11.2017

Obsah

- 1 Základy matlabu
 - Ako hľadať pomoc
 - Premenné a základné operácie
 - Indexácia
 - Dátové typy
- 2 Skripty a funkcie
 - Skripty
 - Funkcie
 - Control Flow
 - Meranie doby behu
- 3 Práca s obrázkami
 - Kreslenie grafov
 - Práca s obrázkami

Prostredie Matlab

- Matrix Laboratory of Mathworks
- Od roku 1984
- Originálne prostredie na využitie LINPACK-u a EISPACK-u bez znalosti Fortranu
- Optimalizovaný na mnohé druhy výpočtov - hlavne lin. algebra
- Jednoduchá implementácia a testovanie algoritmov spracovania obrazu

Webové zdroje

Prezentácie a podklady k cvičeniam:

- <https://www.sccg.sk/~kocur/>

Externé:

- <https://www.mathworks.com/help/matlab/>
- <https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/>
- <https://stackoverflow.com/>

Skalárne premenné a aritmetika

Prirad'ovanie premenných

```
a = 1
a = 1;
```

Názvy

Názvy su case sensitive! Musia začínať písmenom (potom môžu byť aj čísla) a mať max 63 znakov.

Aritmetika

```
a = 1 * 2 + 8/9 - 4^(3/2)
b = a - 1 + 54*24
a = b*a
```

Inf a NaN

```
1/0 == Inf
0/0 == NaN
```

Matematická vsuvka - Maticové násobenie

Definícia

$$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{m \times n}, \mathbf{B} \in \mathbb{R}^{n \times l}, \mathbf{C} \in \mathbb{R}^{m \times l}, \mathbf{A}\mathbf{B} = \mathbf{C} \iff$$

$$\forall i \in \hat{m}, \forall j \in \hat{l}, C_{i,j} = \sum_{k=1}^n A_{i,k} \cdot B_{k,j}$$

Stĺpce vs riadky

Značíme $\mathbb{R}^{\text{počet riadkov} \times \text{počet stĺpcov}}$ a $A_{\text{riadok, stĺpec}}$

Vektorové premenné

Priradovanie vektorových premenných

```
v = [1 2 3]
```

```
w = [1; 2; 3]
```

Stĺpcové vs riadkové vektory

```
w*v != v*w
```

```
v+w != v+w'
```

Generovanie vektorov

```
r = start:step:end
```

```
r = linspace(start,end,n)
```


Maticové premenné

Priradovanie matíc

$$A = [1 \ 2 \ 3; \ 4 \ 5 \ 6]$$

$$B = [v; \ 2*v - 1]$$

$$C = [w \ w]$$

$$D = [A; \ B]$$

Funkcie na generáciu matíc

- `zeros(n)`, `zeros(sz)`, `zeros(s1,...,sn)`
- `ones(n)`
- `eye(n)` - Matica identity
- `rand(n)` - Náh. matica s rovnomernou dist.
- `randn(n)` - Náh. matica s norm. dist.
- `magic(n)` - Magická matica

Operácie s poliami

Operator	Purpose	Description	Reference Page
+	Addition	$A+B$ adds A and B.	plus
+	Unary plus	$+A$ returns A.	uplus
-	Subtraction	$A-B$ subtracts B from A	minus
-	Unary minus	$-A$ negates the elements of A.	uminus
.*	Element-wise multiplication	$A.*B$ is the element-by-element product of A and B.	times
.^	Element-wise power	$A.^B$ is the matrix with elements $A(i,j)$ to the $B(i,j)$ power.	power
./	Right array division	$A./B$ is the matrix with elements $A(i,j)/B(i,j)$.	rdivide
.\	Left array division	$A.\B$ is the matrix with elements $B(i,j)/A(i,j)$.	ldivide
.'	Array transpose	$A.'$ is the array transpose of A. For complex matrices, this does not involve conjugation.	transpose

Operácie s maticami

Operator	Purpose	Description	Reference Page
*	Matrix multiplication	$C = A*B$ is the linear algebraic product of the matrices A and B. The number of columns of A must equal the number of rows of B.	mtimes
\	Matrix left division	$x = A \setminus B$ is the solution to the equation $Ax = B$. Matrices A and B must have the same number of rows.	mldivide
/	Matrix right division	$x = B/A$ is the solution to the equation $xA = B$. Matrices A and B must have the same number of columns. In terms of the left division operator, $B/A = (A' \setminus B')'$.	mrdivide
^	Matrix power	A^B is A to the power B, if B is a scalar. For other values of B, the calculation involves eigenvalues and eigenvectors.	mpower
'	Complex conjugate transpose	A' is the linear algebraic transpose of A. For complex matrices, this is the complex conjugate transpose.	ctranspose

https://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/array-vs-matrix-operations.html

Relačné operácie

Relačné operátory - vracajú typ logical

<, <=, >, >=, ==, ~=

Porovnávať môžeme aj vektory a matice

```
A = rand(5)
```

```
B = rand(5)
```

```
A > B
```

```
A > 0.5
```

Logické operácie

Logické funkcie a operátory - vracajú a používajú typ logical

and (&), or (|), not (~), xor

Short-circuit operátory - iba pre skaláry

&&, ||

Redukcia na jednu hodnotu

- any(A) - Vrátí 1 ak aspoň jeden prvok v A == 1
- all(A) - Vrátí 1 ak všetky prvky v A == 1

Funkcie na prácu s maticami

Užitočné funkcie

- `flip(A)` - Pretočenie matice
- `rot90(A)` - Otočenie matice
- `transpose(A)`, A' - Transpozícia matice
- `inv(A)` - Inverzná matica k A
- `repmat(A,n)` - Matica s $n \times n$ podmaticami A
- `reshape(A,s1,...,sn)` - Zmena tvaru matice
- `squeeze(A)` - Odstránenie 'singleton' dimenzie
- `size(A)` - Veľkosť matice
- `numel(A)` - Počet prvkov matice

Zoznam funkcií na prácu s maticami a poliami:

<https://www.mathworks.com/help/matlab/matrices-and-arrays.html>

Úloha na prácu s maticami

Zadanie

$$\begin{aligned} &\text{Riešte rovnicu } A\vec{x} = \vec{b} \\ &A \in \mathbb{R}^{4 \times 4}, A_{i,j} = i \cdot (j + 2) + 5 \cdot \delta_{i,j} \\ &\vec{b} \in \mathbb{R}^4, \vec{b}_i = i^2 \end{aligned}$$

Riešenie napr.

$$A = (1:4)' * (3:6) + 5 * \text{eye}(4)$$

$$b = (1:4).^2$$

$$x = A \setminus b'$$

Vektorová indexácia

Pozor

Indexy začínajú od 1!

Indexácia

```
v = [7 8 5 2 4 6 5 2]
```

```
v(2) == 8
```

```
v(4:6) == [2 4 6]
```

```
v(1:2:end) == [7 5 4 5]
```

```
v([3 6 2]) == [5 6 8]
```


Zápis pomocou indexácie

Zápis prostredníctvom indexácie

```
v = [7 8 5 2 4 6 5 2]
v(2) = 4
v(4:6) = [1 2 3]
v(1:2:end) = [1 3 5 7]
v([3 6 2]) = 1
v(70) = 10000
```

Za koniec vektoru môžeme zapisovať, ale nie čítať

```
v = [1 2 3]
v(4) %nebude fungovať
v(4) = 4 %bude fungovať
```

Maticová indexácia

Tri spôsoby indexácie

Je potrebné rozlišovať medzi tromi spôsobmi indexácie matíc!

- jedným indexom
- dvojicou (riadok, stĺpec) - obecné n-ticou
- logickou maticou

Maticová indexácia - jedným indexom

Pri použití jedného indexu začneme vľavo hore a idem najprv dole po stĺpci, na konci prejdeme na vrch nasledujúceho stĺpca.

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 10 \\ 2 & 5 & 8 & 11 \\ 3 & 6 & 9 & 12 \end{bmatrix}$$

Maticová indexácia - jedným indexom

Čítanie

```
A = magic(5)
A(4) == 10
A([4 5 6]) == [10 11 24]
A([4; 5; 6]) == [10; 11; 24]
A([10 25; 11 15]) == [18 9; 1 25]
A(4:4:20) == [10 6 7 8 2]
A(:) == [17 23 4 10 11 24 5 6 12 ...]
```

Zápis

```
A = magic(5)
A(4) = 10
A([4 5 6]) = [10 11 24]
A([10 25; 11 15]) = [100 200; 300 400]
A([10 25; 11 15]) = [100 200 300 400]
```

Maticová indexácia - dvoma indexmi

Čítanie

```
A = magic(5)
A(2,2) == 5
A(:,2) == [24; 5; 6; 12; 18]
A(1:2:5,1:3)
A([3 5],3:5)
A([5 5 4 2 1],[2 4 5])
```

Zápis

```
A = magic(5)
A(2,2) = 1000
A(1:2:5,1:3) = eye(3)
!!! A(1:2:5,1:3) = [1 2 3 4 5 6 7 8 9]
A([5 5],1) = [1 2]
```

Maticová indexácia - logickou maticou

Čítanie a zápis

```
A = rand(5)
L = A>0.5
A(L)
A(L) = 0
B = magic(5)
B(A < 0.3 | L) = 50
```

Pozor na rozmery

Logická matica musí mať rovnaký rozmer ako matica s ktorou operujeme

Maticová indexácia - prechody

Funkcie na prechod

```
[r,c] = ind2sub(sz,idx)
idx = sub2ind(sz,r,c)
idx = find(logicalMatrix)
```

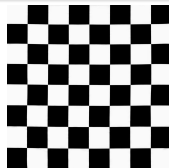
Zápis do prázdneho indexu mimo matice

```
A = magic(5)
!!! A(26) = 1 % nefunguje - nejednoznačné
A(6:1) = 1 % funguje
```

Úloha na indexáciu 1

Zadanie

Vygenerujte maticu pomocou `rand(8)`. Prementte všetky prvky ktoré by boli na šachovnici na čiernom políčku na 1. Následne prementte všetky prvky menšie ako 0.3 na 0.



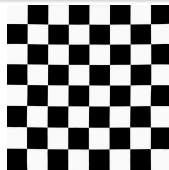
Riešenie napr:

```
R = rand(8)
R(1:2:7,2:2:8) = 1
R(2:2:8,1:2:7) = 1
R(R<0.3) = 0
```


Úloha na indexáciu 2

Zadanie

Vygenerujte maticu pomocou `magic(8)` a z nej vytvorte maticu 8x4 len z prvkov na bielych políčkach.



Riešenie napr:

```
A = magic(8)
s = [1 0;0 1]
I = repmat(s,4)
B = reshape(A(I == 1), [8 4])
```

Matematické funkcie

Príklady funkcií

- mod, round, floor, ceil
- abs, sgn, exp, log, sin, cos, tan, asin...
- min, max
- sum, diff, mean, var

Viac na [https](https://www.mathworks.com/help/matlab/functionlist.html):

`//www.mathworks.com/help/matlab/functionlist.html`

Treba čítať dokumentáciu

Napríklad príkaz `sum` aplikovaný na maticu vráti riadkový vektor so súčtami hodnôt v jednotlivých stĺpcoch. Ak chceme sčítať všetky prvky matice musíme použiť `sum(sum(A))`, alebo `sum(A(:))`. Toto platí aj pre `min`, `max`, `mean`, `var`, `diff`...

Dátové typy

Numerické typy

- single, double
- int8, int16, int32, int64
- uint8, uint16, uint32, uint64

Ostatné typy

- char, string
- cell array, map, table, categorical array, struct, logical
- date, time, time series, timetable
- function handle, handle

Zistenie typu

```
class(a)  
whos a
```

Numerické typy

Zmena typov

```
a = 150
class(a) == 'double'
b = uint16(a)
class(b) == 'uint16'
cast(int8(-50), 'uint8') == 0
typecast(int8(-50), 'uint8') == 206
typecast(-50, 'int16') == [0 0 0 0 0 0 73 192]
```

Integer overflow

```
uint8(200) + uint8(200) == 255
```

Zmena vypisovania čísel

```
format long
format shortEng
```

Krátko k niektorým iným typom

Cell array

```
c = {45, ones(5), 'hello', [1 2 3]}
c(1) == {[45]}
c{1} == 45
c{3} = 5.24754
```

Struct

```
s.a = 1;
s.b = {'A','B','C'}
s =
  struct with fields:
    a: 1
    b: {'A' 'B' 'C'}
p = struct('fieldName',fieldVal)
```

Skripty

Skripty

Skripty ukladáme do samostatného súboru s príponou `.m`

Spúšťanie

- Spúšťanie z command window - príkaz je totožný s názvom súboru (musíme byť v správnej zložke, resp. mať zložku v PATH)
- Spúšťanie z editoru - možnosť debugovania

Pozor!

Skript má prístup k premenným z workspace!

Funkcie

Funkcie

Funkcie ukladáme obdobne ako skripty do samostatného súboru s príponou .m. Na rozdiel od skriptov maju funkcie vstupy a výstupy.

Spúšťanie

Funkciu voláme príkazom podľa názvu SÚBORU. Súbor musí byť uložený v pracovnej zložke, alebo zložke ktorá je v Matlabovskom PATH.

Funkcie - štruktúra

Funkcie

```
function output = functionName(input)
% comment - bude sa zobrazovat v helpe
    output = 2*input;
% tento comment sa uz nezobrazí v helpe
end
```


Funkcie - štruktúra

Viac vstupov a výstupov

```
function [out1,out2] = functionName(in1,in2)
    out1 = 2*in1;
    out2 = in1*in2;
end
```

Variabilný počet vstupov a výstupov

Pre variabilný počet vstupov môžeme použiť špeciálne premenné `nargin` (počet vstupov) a `varargin` (pole vstupov variabilnej dĺžky) pre vstupy a `nargout` pre výstupy.

Funkcie - nested a local

Funkcie

```
function parent
    disp('This is the parent function')
    nestedfx
    localfx

    function nestedfx
        disp('This is the nested function')
    end
end

function localfx
    disp('This is a local function')
end
```

Funkcie

Nested Funkcie

Majú prístup k premenným parent funkcie a naopak. Ak však použijú premennú, ktorá nieje definovaná v parent funkcii, tak táto hodnota sa stratí po konci volania nested funkcie.

Local funkcie

Nemajú prístup k premenným parent funkcie.

Anonymné funkcie

Príklad

```
sqr = @(x) x.^2;
```

```
sqr(5) == 25
```

```
q = integral(sqr,0,1);
```

```
q = integral(@(x) x.^2,0,1);
```

If

Štruktúra

```
if expression
    statements
elseif expression
    statements
else
    statements
end
```

Switch

Štruktúra

```
switch switch_expression
  case case_expression
    statements
  case case_expression
    statements
  ...
  otherwise
    statements
end
```

For cyklus

Štruktúra

```
for index = values
    statements
end
```

```
for i = 1:n
    r(i) = ...
end
```

```
for i = [5 0 2 7 5 1]
    statements
end
```

While cyklus

Štruktúra

```
while expression
    statements
end
```

Predčasné ukončenie while a for cyklu

- break - ukončí celý cyklus
- continue - prejde na ďalšiu iteráciu cyklu

Terminácia programu

Akýkoľvek skript a funkciu môžeme ukončiť stlačením Ctrl-C

Úloha

Zadanie

Napíšte funkciu na lineárne rekurentnú postupnosť $\text{linrek}(n, \vec{a}, \vec{b})$, ktorá vráti n -tý člen lineárnej rekurentnej postupnosti v tvare

$$f_n = \sum_{i=1}^{\dim(\vec{a})} a_i \cdot f_{n-i},$$

s počiatočnými hodnotami $f_i = b_i$ pre $i \leq \dim(\vec{a}) = \dim(\vec{b})$.

Úloha - riešenie

Riešenie napr:

```
function rek = linrek(n,a,b)
    if length(b) >= n
        rek = b(n);
    else
        rek = 0;
        for i=1:length(b)
            rek = rek + a(i) * linrek(n-i,a,b);
        end
    end
end
```

Úloha - bez rekurzie

Riešenie napr:

```
function rek = linrekaprox(n,a,b)
    pol = [-1 a];
    r = roots(pol)';
    m = zeros(size(r));
    for i = 1:numel(a)
        m(i) = sum(r(1:i) == r(i)) - 1;
    end
    rowmat = repmat((1:numel(a))',1,numel(a));
    A = (r.^rowmat).*(rowmat.^m);
    k = A\b';
    rek = round(real(((n.^m).*(r.^n))*k));
end
```

Meranie doby behu

Tic Toc

```
tic
statements
toc
```

Cputime

```
t1= cputime
statements
t2 = cputime
disp(t2 - t1)
```

Optimalizácia matlabu - porovnajte doby behov

Bez alokácie

```
p = 0;  
for k=1:10000  
    p(k) = k/(sin(k)+2)  
end
```

S alokáciou

```
p = zeros(1,10000)  
for k=1:10000  
    p(k) = k/(sin(k)+2)  
end
```

Vektorovo

```
k = 1:10000  
p = k./(sin(k)+2)
```

Plot

Jednoduchý plot

```
x = linspace(0,10,1000);  
plot(x,sin(x))
```

Viac argumentov

```
plot(X,Y,LineStyle)  
plot(X1,Y1,...,Xn,Yn)  
plot(____, Name, Value)
```

LineStyle - príklady

- Linestyle - -, -, :, -.
- Marker - o, +, *, ., x, s, d
- Farby - y, m, c, r, g, b, w, k → kombinujeme napr. r*-

Práca s obrázkami

Hold on a hold off

```
x = linspace(0,10,1000);  
plot(x,sin(x))  
hold on  
plot(x,cos(x)) % druhy plot sa nakresli do prveho  
hold off  
plot(x,cos(x)) % tento plot prekresli prve dva
```

Figure a Axes

```
fig1 = figure % vytvori okno  
ax1 = axes % vytvori kartezsky podklad
```

Kam sa kreslia grafy

Grafy sa kreslia do aktívnej figure (gcf) a aktívnych axes (gca). Ak chceme kresliť inam použijeme napr. `plot(____,'Parent',ax4)`

Subplot

Viac plotov v jednej figure

```
ax1 = subplot(2,2,1);  
plot(x,sin(x))  
ax2 = subplot(2,2,2);  
plot(x,cos(x))  
ax3 = subplot(2,2,3);  
ax4 = subplot(2,2,4);  
plot(x,x.^2,'Parent',ax3)  
plot(x,x.^3,'Parent',ax4)
```


Ine grafy a mazanie

Ostatné druhy grafov

- plot3, loglog, semilogx, semilogy, errorbar
- bar, bar3, barh, barh3, histogram, pie, pie3
- stem, stairs, scatter
- countour, countourf, surf, ezsurf
- feather, quiver, compass

Mazanie

- cla, clf - mažú aktívne axis/figure
- close all - zavri všetky figure okná

Načítanie obrázkov

Obrázky

Stiahnite si zip z <http://sccg.sk/~kocur/>

Načítanie súborov

```
rgb = imread('zatisie.jpg');  
whos rgb  
d = im2double(rgb)  
whos d  
bw = imread('zatisie.pgm');  
whos pgm
```

Zobrazovanie

Zobrazovanie pomocou imshow

```
imshow(rgb)
```

```
imshow(d)
```

```
imshow(bw)
```

Zobrazovanie pomocou image

```
image(rgb)
```

```
image(d)
```

```
imagesc(bw)
```

```
colormap(gray)
```

Úloha

Zrušenie farebnej zložky

Vo farebnom obrázku zátíšia znížte červenú zložku RGB na päťtinu.

Hint: pole je tvaru riadky x stĺpce x farba.

Riešenie

```
rgb(:,:,1) = 0.2 * rgb(:,:,1);  
imshow(rgb)
```

Úloha

Scale

Vytvorte funkciu `myimresize(I,s)`, ktorá vráti obrázok zväčšený pomerom `s` pomocou metódy `nearest point interpolation`.
Porovnajte s funkciou `imresize`.

Riešenie

```
function I = myimresize(I, s)
    oldrows = size(I,1);
    oldcols = size(I,2);
    r = round(linspace(1,oldrows,round(s*oldrows)));
    c = round(linspace(1,oldcols,round(s*oldcols)));
    I = I(r,c);
end
```