FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

MATLAB: Datové typy a struktury

Jaroslav Čmejla
Martin Vrátný
Miroslav Holada
ITE FM TUL

jaroslav.cmejla@tul.cz martin.vratny@tul.cz miroslav.holada@tul.cz

Část 1

Vyhledávání a logické indexování

Logické indexování

- Výsledkem logické operace je proměnná typu `logical` (obdoba typu `boolean`)
- Logickou proměnnou lze použít k indexování. Např.

```
>> s=[1 2 3 4]
s =
     1     2     3     4
>> a=s>2
a =
     0     0     1     1
>> s(a)
ans =
     3     4
```

- Složené výrazy: efektní a krátký kód. Např.

```
>> s(s>2)=5
s =
     1     2     5     5
```

Logické indexování

- Při logickém indexování, jako je výraz

  `s(s>2),`

  zadáváme v podstatě jen jeden indexující parametr.
- Platí tedy pravidla pro výsledek indexování jediným parametrem. Výsledkem je sloupcový vektor, ve kterém jsou výsledné prvky seřazené podle původního pořadí v paměti (výjimkou jsou řádkové vektory). Například

```
>> A=randn(3);
>> A(A>0.5)
ans =
    1.0115
    0.5542
    0.7589
    1.1449
```

Logické indexování - další příklady

- Umocnění záporných prvků na druhou

```
>> s=randn(1,5)
s =
    1.0347    0.7269   -0.3034    0.2939   -0.7873

>> s(s<0)=s(s<0).^2 % pravá strana musí mít stejný rozměr
                    % jako levá
s =
    1.0347    0.7269    0.0921    0.2939    0.6198
```

- Složitější logický výraz: vrací prvky $s \in (-1, 3) \cup (9, 16)$

```
>> s(((s>-1)&(s<3))|((s>9)&(s<16)))
```

Logické indexování - další příklady

- Co nefunguje:

```
>> s([1 0 0 1 1]) % ručně zadané [1 0 0 1 1] není
                  % logickou hodnotou nýbrž double

Array indices must be positive integers or logical values.

>> s([1 0 0 1 1]==1) % takto to lze obejít
ans =
    1.0347    0.2939    0.6198

>> s(logical([1 0 0 1 1])) % nebo přetypováním
ans =
    1.0347    0.2939    0.6198
```

Vyhledávání prvků pomocí `find` a indexování

- Příkaz `find` vrací indexy nenulových prvků

```
>> s=[1 0 10 0];
>> find(s)

ans =
     1     3
>> find(s==10)

ans =
     3
```

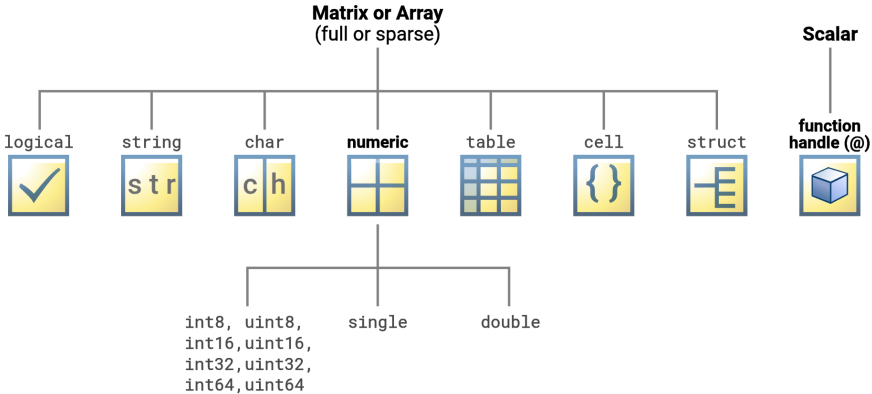
- Indexování pomocí `find`

```
>> s(find(s==10)) % lze nahradit logickým
                  % indexováním s(s==10)
ans =
     10
```

Část 2

Datové typy a struktury

Datové typy a struktury



https://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/fundamental-matlab-classes.html

Numerické a logické datové typy

- Numerické: `int8`, `uint8`, `int16`, `single`, `double` ...
- Přetypování pomocí příkazů stejného názvu. Např.

```
>> a=randn(1,5)
a =
   -1.3499    3.0349    0.7254   -0.0631    0.7147

>> a=single(a)
a =
   -1.3499    3.0349    0.7254   -0.0631    0.7147
>> whos a
  Name       Size              Bytes  Class     Attributes

  a          1x5                  20  single
```

- Logické typy: výstupy logických výrazů, typ `logical`

Vícerozměrná pole

- Vícerozměrné pole typu `double`

```
>> A=randn(3,4,5,2);

>> A(2,3,:,1) % indexování jako u matic

>> size(A(2,3,:,:))

ans =

     1     1     5     2
```

Vícerozměrná pole

- Příkazy `sum`, `mean`, `prod`

```
>> sum(v) % součet 1D pole = vektoru
          % je jedno jestli je řádkový nebo sloupcový

>> sum(A) % součet sloupců

>> sum(A,n) % součet přes n-tý rozměr

>> size(sum(A,3)) % n-tý rozměr výsledku je potom 1
ans =
     3     4     1     2
>> sum(A(:)) % součet všech prvků
```

Vícerozměrná pole

- Příkaz `squeeze` odstraní 1-dimenzionální (singleton) rozměry

```
>> size(sum(sum(A,3),2))
ans =
     3     1     1     2
>> squeeze(sum(sum(A,3),2))
ans =
    1.3769   -4.0844
    0.8480   -0.8979
    2.9229    2.0747
```

- Příkaz `reshape` mění rozměry pole

```
>> reshape(A,12,10) % změna rozměrů
     % počet prvků nového pole musí být stejný
     % pořadí prvků v paměti je zachováno
```

Vícerozměrná pole

- Příkaz `permute` - výměna pořadí rozměrů

```
>> B=randn(2)
B =
    0.0335    1.1275
   -1.3337    0.3502
>> permute(B,[2 1]) % de facto transpozice
ans =
    0.0335   -1.3337
    1.1275    0.3502
>> permute(A,[3 4 1 2])
```

- Příkaz `repmat` - dlaždicové rozšíření pole

```
>> repmat(B,1,2)
ans =
    0.0335    1.1275    0.0335    1.1275
   -1.3337    0.3502   -1.3337    0.3502
```

Vícerozměrná pole

- Příkaz `arrayfun` aplikuje funkci na každý element pole

```
>> C=arrayfun(@sin,A); % zde ve skutečnosti arrayfun
                       % nepotřebujeme
                       % stejné jako sin(A)

>> files=dir;
>> length(files.name) % délky názvů souborů
                      % takto to nejde

Error using length
Too many input arguments.

>> arrayfun(@(x)length(x.name),files) % délky názvů souborů
                                      % takto ano
```

Znaky a řetězce

- Znak je typu `char`
- Řetězec je:
  - pole typů `char` pracujeme s ním tedy podobně jako s maticemi (spojování, indexování, atd.)
  - pole typu `string` (od R2016)

```
>> s='Ahoj'
s =
Ahoj

>> whos s
  Name       Size              Bytes  Class     Attributes

  s          1x4                   8  char

>> s(2)
ans =
h
```

Řetězce

```
>> s=[s ' Honzo'] % spojování do řádku
s =
Ahoj Honzo

>> a=['Ahoj';'Honzo'] % spojování pod sebe: chyba - řádky matice
                      % nejsou stejně velké

??? Error using ==> vertcat
CAT arguments dimensions are not consistent.

>> a=['Ahoj ';'Honzo'] % spojování pod sebe: zde správně
a =
Ahoj
Honzo
```

Standardní příkazy pro práci s řetězci

- `strcmp` - porovnávání

```
>> strcmp(a(1,:),'Ahoj ') % porovnání řetězců
ans =
     1
```

- `strfind`, `regexp` - vyhledávání, regulární výrazy, parsování
- `fprintf`, `sprintf` - formátované výrazy
- `upper`, `lower` - velká/malá písmena
- `eval` - vyhodnovení výrazu

Záznamy

- Datový typ `struct`
- Automatická definice položek

```
>> s.jmeno='Tomas';
>> s.adresa='Praha';

% nebo

>> s=struct('jmeno','Tomas','adresa','Praha')
s =
     jmeno: 'Tomas'
    adresa: 'Praha'
```

- Každý prvek je zároveň pole

```
>> whos s
  Name        Size              Bytes  Class     Attributes

  s           1x1                 268  struct
```

Pole záznamů

```
>> s(2).jmeno='Ales'
s =
1x2 struct array with fields:
    jmeno
    adresa

>> s(2)

ans =
     jmeno: 'Ales'
    adresa: []
```

Záznamy - automatické doplňování

```
>> s(2).vaha=70 % nový záznam
s =
1x2 struct array with fields:
    jmeno
    adresa
    vaha

>> s(1).vaha % v prvním prvku byl záznam automaticky vytvořen
ans =
[]

>> s(1).vaha='velka';
>> s.vaha % záznam vaha může mít v každém prvku jiný typ
ans =
velka
ans =
     3
```

Příklad: výstup příkazu `dir`

```
>> files=dir('*.m')
files =
6x1 struct array with fields:
    name
    date
    bytes
    isdir
    datenum

>> files(1)
ans =
       name: 'dft.m'
       date: '05-XI-2009 10:59:17'
      bytes: 143
      isdir: 0
    datenum: 7.3408e+005
```

Příklad: výstup příkazu `dir`

```
>> files(1:3).name
ans =
dft.m
ans =
funkcef.m
ans =
pokus.m

>> [files(1:3).name]
ans =
dft.mfunkcef.mpokus.m

>> strvcat(files(1:3).name)
ans =
dft.m
funkcef.m
pokus.m
```

Příklad: výstup příkazu `dir`

```
>> files=dir
files =
131x1 struct array with fields:
    name
    date
    bytes
    isdir
    datenum

>> directory=files([files.isdir]) % pouze adresáře
directory =
7x1 struct array with fields:
    name
    date
    bytes
    isdir
    datenum
```

Pole paměťových buněk - Cell Arrays

- Paměťová buňka - `cell`: obsahuje libovolnou datovou strukturu libovolné velikosti
- Pole paměťových buněk: nejobecnější možné indexované pole
- Indexování pomocí složených závorek {, }

```
>> c{1,1}=randn(3,4);
>> c{1,2}=struct('jmeno','Ales');
>> c{1,3}=c

c =

    [3x4 double]    [1x1 struct]    {1x2 cell}
```

Pole paměťových buněk - Cell Arrays

- Indexování pomocí {, }

```
>> c(2) % vrací paměťové pole 1x1 na 2. pozici v c
>> c{2} % vrací obsah 2. prvku v c
>> c{1}(2,3) % (2,3)-prvek v 1. prvku c
>> c{3}{1,2}.jmeno(3) % no comment

ans =
e
```

- Spojování: {, } zachovávají úroveň vnoření - rozdíl od [,]

```
>> {{2} {3 4}}
ans =
    {1x1 cell}    {1x2 cell}

>> [[2] [3 4]]
ans =
     2     3     4
```

Další datové typy

- Tabulka (`table`) je datová struktura skládající se ze sloupců a řádků. V každém sloupci je libovolný typ (v rámci sloupce však stejný). Všechny sloupce mají stejný počet řádků. Jedná se výchozí typ při importu `CSV`, `xls`, ...
- Typ `categorical` - výčtový typ nabývající hodnot z konečné množiny. Můžeme se s ním setkat při vykreslování sloupcových grafů, příkaz `bar` (viz. přednáška o vizualizaci).

Část 3

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

- V Matlabu se obecně snažíme vyhnout cyklům. Jsou pomalé, vytváří zbytečně dlouhý kód, může nastat problém s doalokováváním. Např.

```
y=[]; % prázdné pole
for x=1:10000
   y=[y x]; % na konec pole y přidáme prvek x
end
```

- V cyklu `for` často zpracováváme postupně všechny prvky pole, tzv. po prvcích. To lze často řešit vektorizovaným výrazem.
- Již známý příklad z minulé přednášky: vyhledávání prvků pomocí logického indexování.

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

Příklad: Výpočet $\log_{10}(x)$ na intervalu `[0.01,10]` s krokem `0.01`

```
index=0;
for x=0.01:0.01:10
   index=index+1;
   y(index)=log10(x);
end
```

versus

```
x=0.01:0.01:10;
y=log10(x);
```

versus

```
y=log10(0.01:0.01:10);
```

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

Příklad: Výpočet $\sin^2(x)\cos(x)$ na intervalu [1,20] s krokem 0.1

```
index=0;
for x=1:0.1:20
   index=index+1;
   y(index)=sin(x)^2*cos(x);
end
```

versus

```
x=1:0.1:20;

y=sin(x)^2*cos(x); % toto je špatně!

y=sin(x).^2.*cos(x);
```

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

Příklad: Odečtení řádkových průměrů z řádků matice A

```
for i=1:size(A,1)
   for j=1:size(A,2)
      prumer=0;
      for k=1:size(A,2)
         prumer=prumer+A(i,k);
      end
      prumer=prumer/size(A,2);
      A(i,j)=A(i,j)-prumer;
   end
end
% Pro MATLAB se jedná o velice neoptimální kód!
```

versus

```
for k=1:size(A,1)
   A(k,:)=A(k,:)-mean(A(k,:));
end
```

Vektorizace a skládání výrazů a příkazů

Příklad: Odečtení řádkových průměrů z řádků matice A

```
A = A - repmat(mean(A,2),1,size(A,2));
 % repmat vytváří pole "dlaždicováním" první proměnné
```

versus

```
A = A - mean(A,2)*ones(1,size(A,2));
 % častý trik s využitím maticového násobení
```

versus (od verze jádra 9.0 - R2016b)

```
A = A - mean(A,2);
```

Platí: Je-li některý z rozměrů jednotkový (singleton), rozšíří se rozměr na stejný rozměr jako má druhé pole (jako pomocí funkce `repmat`).

FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

Děkuji za pozornost

Jaroslav Čmejla
Martin Vrátný
Miroslav Holada
ITE FM TUL

jaroslav.cmejla@tul.cz martin.vratny@tul.cz miroslav.holada@tul.cz