

数字图像处理

计算机科学系
黄 剑

hjian@mail.sysu.edu.cn



主要内容:

- ①变量的定义及赋值;
- ②数值数组、字符串数组、元胞数组和构架数组等数据类型;
- ③矩阵运算的定义和规则;
- ④数组运算的定义和规则。



2.1 概述

3

2.1.1 数据术语

- 1) **矩阵**: 由 $m \times n$ 个数组成的排成 m 行 n 列的一个矩形的数表, 其中 0×0 矩阵为空矩阵($[]$)。数表中第 $i(1 \leq i \leq m)$ 行第 $j(1 \leq j \leq n)$ 列的数据称为矩阵元素
- 2) **标量**: 1×1 的矩阵, 即为只含一个数的矩阵。
- 3) **向量**: $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 的矩阵, 即只有一行的或者一列的矩阵。只有一行的矩阵称为行向量, 只有一列的矩阵称为列向量。数表中第 $i(1 \leq i \leq n)$ 个数据称为向量元素。
- 4) **数组**: 矩阵的延伸, 一般指多维数组, 其中标量、向量和矩阵都是数组的特例。



2.1.2 数据类型

- 数据类型包括数值型、字符串型、元胞型、构架型等。数值型有单精度型、双精度型和整数型。整数型有uint8, uint16, uint32和uint64等无符号型和int8, int16, int32和int64等符号型整数。
- 数值型数据可以用带小数点的形式和科学计数法表示，数值的表示范围是 $10^{-309} \sim 10^{+309}$ 。
- -20、1.25、 $2.88e-56$ (表示 2.88×10^{-56})、 $7.68e204$ (表示 7.68×10^{204}) 都是合法的数据表示。。
- 一般在计算时采用双精度型，在输出时有多种数值显示格式可供选择。



数值显示格式的设置通过format 命令，
格式如下：

- `format short` 默认设置，以5位数字形式输出
- `format long` 以15位十进制数形式输出
- `format short e` 以5位十进制数加指数形式输出
- `format long e` 以16位十进制数加指数形式输出
- `format short g` 从format short和format short e 中自动选择最佳输出形式



- **format long g** 从format long和format long e中自动选择最佳输出形式
- **format hex** 以16位十六进制数形式输出
- **format +** 以正号、负号和零形式输出
- **format bank** 以两位小数形式输出
- **format rat** 以近似分数形式输出
- **format loose** 以稀疏格式（变量与执行结果之间有空行）输出
- **format compact** 以紧凑格式（变量与执行结果之间无空行）输出



2.2.1 变量的命名

变量的命名规则为：

- 1 变量名必须以字母开头，变量名的组成可以是任意字母、数字或者下划线，但不能含有空格和标点符号。
- 2 关键字和函数名不能作为变量名。
- 3 变量名不能超过63个字符。
- 4 变量名区分字母的大小写，即大小写敏感。

大小写是否区分可以通过命令 `casesen on/off` 进行切换（如果不区分大小写，为 `casesen off`，否则为 `casesen on`）。



变量的赋值通常有**两种形式**:

1 变量=表达式

2 表达式

- 其中表达式是用运算符将有关运算量连接起来的式子，其结果是一个数组。
- 形式1中，= 代表的是赋值操作，将表达式的值赋给MATLAB的变量；形式2中，将表达式的值赋给MATLAB的临时变量ans。



例2-1 在命令窗口输入下述语句，并按回车键执行，分别给变量a、b、c赋值：

a=1% a为标量

b=[0 1] % b为行向量

c=[1 2;3 4;5 6] % c为矩阵即二维数组



2.2.3 特殊变量

10

- **eps** MATLAB定义的正的极小值 $2.2204e-16$
- **Realmax** 最大的正实数 $1.7977e+308$
- **Realmin** 最小的正实数 $2.2251e-308$
- **Pi** 内建的 π 值
- **i, j** 虚数单位 $i=j=\sqrt{-1}$
- **Inf** ∞
- **NaN** 无法定义一个数目
- **Nargin** 函数输入参数个数
- **Nargout** 函数输出参数个数
- **Flops** 浮点运算次数



1 内存变量的显示与删除

- 1) **who** 用于显示在MATLAB工作空间中已经驻留的变量名清单。
- 2) **whos** 在给出变量名的同时，还给出它们的大小、所占字节数及数据类型等信息。
- 3) **clear** 删除MATLAB工作空间中的变量。注意，特殊变量不能被删除。



例2-2 查询例2-1中语句执行后工作空间中的变量情况。

在命令窗口输入 **who**

执行结果为:

Your variables are:

a b c

在命令窗口输入 **whos**

执行结果为:

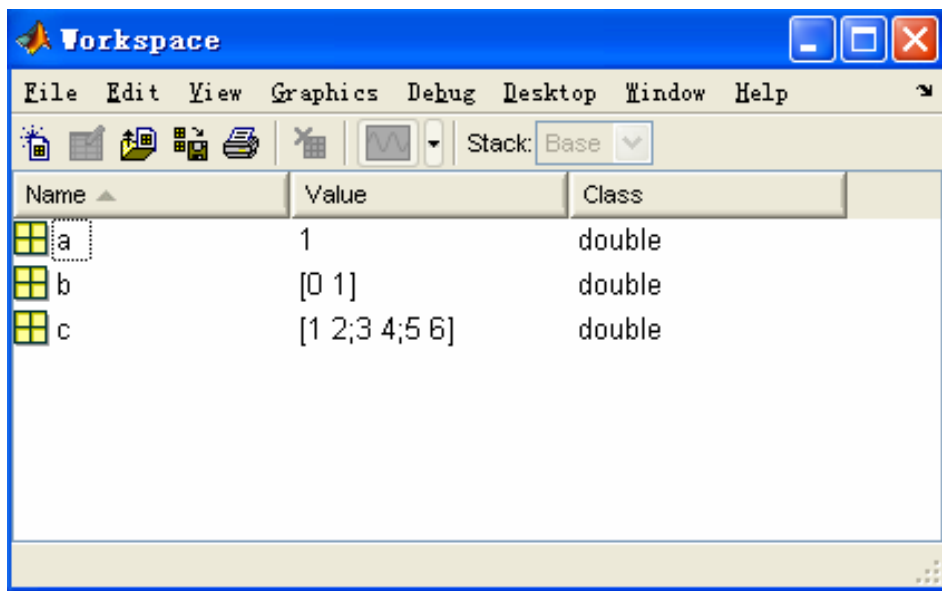
Name	Size	Bytes	Class
a	1x1	8	double array
b	1x2	16	double array
c	3x2	48	double array

Grand total is 10 elements using 72 bytes

2 工作空间浏览器

13

- 工作空间浏览器窗口用于显示所有MATLAB工作空间中的变量名、数据结构、类型、大小和字节数，也可以对变量进行观察、编辑、提取和保存。



3 内存变量文件

14

利用MAT文件可以把MATLAB工作空间中的一些有用变量长久地保留下来。MAT文件的生成和调入由save和load命令来完成

1) save的格式为:

save 文件名 [变量名表] [-append][-ascii]

功能: 把工作空间中的变量存入磁盘。其中变量名表指出需存储的变量，append为数据填加方式，ascii为数据形式。

2) load的格式为:

load 文件名 [变量名表] [-ascii]

功能: 磁盘上存储的mat数据文件取回到MATLAB工作空间中。参数含义同save。



例2-3: 例2-1中语句执行后, 在命令窗口
依次输入下述命令:

- **save** %变量a, b和c保存在matlab.mat
- **Save mydata1.mat** %变量a, b和c保存在
 mydata1.mat
- **save mydata2.mat a** %变量a保存在
 mydata2.mat
- **save mydata3.mat a b** %变量a和b保存在
 mydata3.mat
- **save mydata4.mat a b c** %变量a, b和c保存在
 mydata4.mat



2.3 数值数组

16

2.3.1 数值数组的建立

1 赋值语句建立数组

- 矩阵的建立可以通过赋值语句实现，赋值符号左边为变量名，右边为矩阵元素。矩阵元素应用方括号([])括住，元素可以是数值或表达式元素，表达式可以由数字、变量、运算符和函数等组成。
- 矩阵同行内的元素间用逗号或空格隔开，行与行之间用分号或回车键隔开。



例2-4 在命令窗口输入语句:

```
a=[1,2,3;4,5,6;7,8,9]
```

按回车键, 命令就被执行, 在MATLAB命令窗中显示以下结果:

a =

1	2	3
4	5	6
7	8	9

如果在上述输入语句末尾加上分号, 则在命令窗口不显示结果。同理可以通过赋值语句建立向量。



例2-5 在命令窗口输入语句:

```
x=[ -1.3    1+2+3    sqrt(5) ]
```

%sqrt是求平方根函数

按回车键, 指令被执行, MATLAB命令窗中显示
以下结果:

```
x =
```

```
    -1.3000         6.0000         2.2361
```



例2-6 在命令窗口输入下述语句，建立复数数组：

`b=[1+2*i,2+3*i;2-i,3-2*i]`

执行结果为：

`b =`

`1.0000 + 2.0000i 2.0000 + 3.0000i`

`2.0000 - 1.0000i 3.0000 - 2.0000i`



elfun函数库中提供一系列复数函数：

20

`real` 复数的实数部分

`real(b)`

`imag` 复数的虚数部分

`imag(b)`

`abs` 绝对值或模

`abs(b)`

`angle` 幅角

`angle(b)` 结果为弧度

`angle(b)*180/pi` 结果为角度

`conj` 共轭

`conj(b)`



等间隔向量赋值可以通过简捷表达式实现。下面介绍两种为等间隔向量赋值的方法：

1) 两个冒号组成等增量语句

格式： $t = \text{初值} : \text{增量} : \text{终值}$

说明：

初值、增量和终值分别表示开始值、步长和结束值。当增量可为负值，省略时则默认为增量为1；当增量省略或增量 >0 而初值 >0 时为**空向量**，当增量 <0 而初值 $<$ 终值时也为**空向量**。



- `t1=0:0.02:1` %产生 $0 \leq t1 \leq 1$ 之间的行向量，
间隔为0.02
- `t2=5:-1:2` %产生 $5 \leq t1 \leq 2$ 之间的行向量，
间隔为-1。
- `t4=2:-1:3` % 建立空矩阵
- `t5=[1:2:5;1:3:7]` %建立矩阵



linspace函数的格式:

`linspace(a, b, n)`

功能: 生成从a到b之间线性分布的n个元素的行向量。

logspace函数的格式:

`logspace(a, b, n)`

功能: 生成从 10^a 到 10^b 之间按对数等分的n个元素的行向量。



例 2-8 用linspace和logspace函数生成向量

t1=linspace(0,2*pi,5)%从0到2*pi等分成5个点

linspace(1,8,8)

linspace(1,8,1)

t2=logspace(0,2,3) %从1到100（即 10^0 到 10^2 ）按对数等分成3个点



3 内建函数

1) 通用特殊矩阵

函数库`elmat`提供的常用的通用特殊矩阵生成函数：

- `zeros`
- `ones`
- `eye`
- `rand`



2) 用于专门学科的特殊矩阵

(1) 魔方矩阵

`magic(n)`

功能：魔方矩阵的元素由1到 $n \times n$ 的自然数组成，其对角线上的元素为1；每行、每列及对角线上的元素之和均等于 $(n^3+n)/2$ 。魔方矩阵的每行、每列及两条对角线上的元素和都相等。对于 n 阶魔方阵，其元素由 $1, 2, 3, \dots, n^2$ 共 n^2 个整数组成。



例2-9 产生2阶和3阶魔方阵。

- `m1=magic(2)` %产生2阶魔方阵
- `m2=magic(3)` %产生3阶魔方阵



4 通过MAT数据文件加载矩阵

28

通过 load 命令或选择菜单 File→Import Data命令加载MAT数据文件来创建矩阵。

5 在M文件中创建矩阵

M文件实际上是一种包含MATLAB代码的文本文件；通过在MATLAB命令窗口中运行M文件创建矩阵。



1 向量的标识

向量是由多个元素组成的，每个元素通过序号来标识。

例2-16 演示向量的标志和重新赋值。

```
x=1:2:7; y=x' ;
```

```
y3=y(3)           %引用y的第三个元素5
```

```
y5=y(end)        %用end函数引用y的最后  
                    一个元素7
```

```
y(3)=10           %对y的第三个元素重新赋值
```


两种标识方式：全下标方式和单下标方式。

1) 全下标方式

全下标方式标识是指出行下标和列下标的方法标识，如一个 $m \times n$ 的矩阵 a 的第 i ($1 \leq i \leq m$) 行第 j ($1 \leq j \leq n$) 列的元素可表示为 $a(i, j)$ 。



例2-17 演示矩阵元素的标识和扩充矩阵的方法

a=[1 2;3 4;5 6]; %建立一个 2×3 的矩阵

a12=a(1,2) %引用a(1,2)的值

a(3,3) %引用a(3,3)的值, (3,3)

超出矩阵的大小, 出错

a(3,3)=9 %扩充 2×3 的矩阵为 3×3 的矩阵, 并给a(3,3)赋值



2) 单下标方式

根据**全下标**换算出单下标的函数sub2ind格式:

$$\text{IND} = \text{sub2ind}(\text{siz}, \text{I}, \text{J})$$

功能: IND为返回的对应的单下标, siz为以矩阵行数和列数构成的两个元素的向量, I和J分别为矩阵的某一行号和列号。

根据**单下标**换算出全下标的函数ind2sub格式:

$$[\text{I}, \text{J}] = \text{ind2sub}(\text{siz}, \text{IND})$$

功能: I和J分别为返回的矩阵的某一行号和列号, siz为以矩阵行数和列数构成的两个元素的向量, IND为单下标。



例2-18 演示矩阵元素的全下标标识和单下标标识的转换。

```
[i,j]=ind2sub([3 3],5)
```

% 3×3矩阵的第5个元素的全下标

```
ind=sub2ind([3 3],3,3)
```

% 3×3矩阵第三行、第三列元素的序号



子数组是从数组中取出一部分元素所构成的数组，通常可用全下标和单下标方式取子数组。

1 向量的一般情况如下：

$A(i)$ 数组A的第*i*个元素

$A(i:L:i+m)$ 数组A的第*i*个-第*i+m*个（下标增量为L）元素



2 矩阵一般情况如下:

$A(:, j)$ 数组A的第j列全部元素

$A(i, :)$ 数组A的第i行全部元素

$A(i, j)$ 数组A的第i行第j列的元素

$A(:, j:L:j+n)$ 数组A的第j列-第j+n列（下标增量为L）全部元素

$A(i:k:i+m, :)$ 数组A的第i行-第i+m行（下标增量为k）元素

$A(i:k:i+m, j:L:j+n)$ 数组A的第i行-第i+m行（下标增量为k）并在第j列-第j+n列（下标增量为L）全部元素



例2-19 演示建立行向量并取子数组的方法。

```
a1=[1.1,-2.2,3.3,-4.4,5.5];
```

```
a1(3) % 取a1的第三个元素
```

```
a1([1 4]) % 取a1的第一个和第四个元素
```

```
a1(1:2:5) % 取a1的第一个、第三个和第五  
个元素，等价语句为：
```

```
a1(1:2:end)
```



例2-20 演示建立 3×4 的矩阵并取子数组的方法。

37

```
a=[1 2 3 4;5 6 7 8;9 10 11 12];
```

```
a(1,:)
```

```
a(:,end)
```

```
a24=a(2,4) % 取a的第二行、第四列的元素
```

```
a(1:2:4,:)
```

```
a(:,1:2:end)
```

```
a1=a([1,2],[2,3,4])
```

```
a2=a([1,2],[2,3,1])
```

```
a3=a([3,1],:)
```

```
a([1,3],[2,4])=zeros(2)
```

```
%对a([1,3],[2,4])赋值
```



数组的赋值大致有两种方式：**全元素方式**和**子数组方式**。

1 全元素方式

全元素方式赋值的一般格式：

$$a(:)=b$$

功能：给矩阵a的所有元素赋值，矩阵b的元素总数必须等于矩阵a的元素总数，但行列数不一定相等。



例2-21 演示全元素方式赋值的方法

```
a=zeros(2,3); b=1:6; a(:)=b
```

执行结果如下：

a =

1	3	5
2	4	6



子数组方式赋值的一般格式1:

$$a(s)=b$$

功能: 给矩阵a的部分元素赋值, s为单下标序号, b为向量, 向量的元素个数必须等于数组a中s指定的元素个数。

子数组方式赋值的一般格式2:

$$A(i:k:i+m, j:L:j+n)=b$$

功能: 给数组a的部分元素赋值, 则数组b的行列数必须等于数组a的第i行-第i+m行 (下标增量为k) 并在第j列-第j+n列 (下标增量为L) 全部元素的行列数。



例2-22 演示子数组方式赋值方法。

```
a=zeros(2,3);a(5:6)=[2 3]
```

%给第5、6元素赋值

如果对a不作初始化， $a(5:6)=[2\ 3]$ 的赋值情况有何变化？

```
a=zeros(3,4);
```

```
a(1:2,1:3)=[1 1 1;1 1 1]
```

%给第一、二行元素赋值为全1



2.3.5 数组元素的删除

42

数组元素的删除是简单地通过赋值为空(用[]表示)实现的。

通过赋值为空，可以实现删除一行元素、一列元素、子数组和整个数组。

注意区分空矩阵和零矩阵：

空矩阵是 0×0 的数组，而零矩阵是元素为零的 $m \times n$ 的数组。



例2-23 建立 3×3 的数组，实现数组元素的删除。

```
a=[1 2 0;3 4 0;5 6 9];
```

```
a(:,3)=[] %删除第三列元素
```

```
a(2,:)=[] %删除第二行元素
```

```
a(1)=[] %删除一个元素，则矩阵变为行向量
```

```
a=[] %删除所有元素为空矩阵
```



2.3.6 多维数组

44

1 三维数组的建立

三维数组的建立方式和二维数组类似，大致有**三种方式**：

- 1) 通过全下标元素赋值方式创建
- 2) 由生成函数直接创建
- 3) 由生成函数ones, zeros, rand和randn等直接创建多维数组。



例2-24 演示全下标元素赋值方式建立三维数组的方法。

```
b=[1 1;2 2];    %先创建二维数组  
b(:, :, 2)=5    %扩展数组
```



例2-25 演示生成函数ones、zeros、rand和randn直接创建多维数组的方法。

ones(2, 3, 4)



函数cat的格式为:

cat(维, p1, p2,)

功能: 按指定行列数放置模块数组生成多维数组。参数维是指沿着第几维连接数组p1、p2等。

函数repmat的格式为:

repmat(p, 行 列 页)

功能: 在总元素的数目不变的前提下重新确定数组的行列数来重组数组。

其中第一个输入变量p是用来放置的模块数组，后面的变量行、列、页是要放在指定的各维。



例2-26 演示cat和repmat函数的功能。

`a=[1 2 ;3 4];b=[5 6;7 8];cat(1 ,a,b)`

`a=[1 2 ;3 4];b=[5 6;7 8];cat(2 ,a,b)`



```
a=[1 2 ;3 4];b=[ 5 6;7 8];cat(3 ,a,b)
repmat(magic(2), 2, 3)
( repmat(magic(2),[ 2, 3])结果同下)
repmat(5, 2, 3)
```



2 多维数组的信息

50

- 函数ndims的功能是直接给出数组的维数，格式为：

ndims(p)

其中，p为数组。

- 函数size的功能是给出数组各维的大小，格式为：

[m, n, ...]=size(p)

%得出各维的大小

m=size(p, x)

%得出某一维的大小

其中，p为多维数组；m为行数，n为列数...；当只有一个输出变量时，x=1返回第一维(行数)，x=2返回第二维(列数)，以此类推。

- numel的功能是给出数组的体积（元素的数目），格式为：**n = numel(p)** 其中，p为数组。



例2-27 演示ndims, size和 numel函数的功能。

```
x = ones(1,8);n = length(x)  
                                % 建立任意的 $1 \times 8$ 的数组x  
y=zeros(3,5);d=size(y)  
                                % 建立任意的 $3 \times 5$ 的数组y  
[m n]=size(y),  
ndims(y),numel(y),mm=size(y,1),nn=size(y,2)  
z= rand(2,10,3);  
                                % 建立任意的 $2 \times 10 \times 3$ 的数组y  
n = length(z)
```

