



通信系统仿真 随机数

何晨光

哈尔滨工业大学

电子与信息工程学院

Communication Research Center



1 随机信号的产生

1.1 matlab随机数生成方法——rand语句

1.2 matlab随机数生成方法——random语句

1.3 matlab随机数生成方法——针对特殊分布语句



1.1 matlab随机数生成方法 —— rand语句

- 产生在区间 $(0, 1)$ 的均匀随机数，它是平均分布在 $(0, 1)$ 之间。

```
>> rand(1, 6)
```

```
ans =
```

```
0.1980    0.4012    0.0652    0.7043    0.4889    0.8793
```

```
>> rand(1, 6)
```

```
ans =
```

```
0.7793    0.2196    0.2550    0.1566    0.3143    0.8850
```



1.1 matlab随机数生成方法

—— rand语句

- $Y = \text{rand}(n)$
返回一个 $n \times n$ 的随机矩阵。如果 n 不是数量，则返回错误信息。
- $Y = \text{rand}(m,n)$ 或 $Y = \text{rand}([m \ n])$
返回一个 $m \times n$ 的随机矩阵。
- $Y = \text{rand}(m,n,p,...)$ 或 $Y = \text{rand}([m \ n \ p...])$
产生随机数组。
- $Y = \text{rand}(\text{size}(A))$
返回一个和 A 有相同尺寸的随机矩阵。



1.1 matlab随机数生成方法

—— rand语句

- seed 用来控制 rand 如果没有设置seed, 每次运行rand产生的随机数都是不一样的
- 用了seed, 比如设置rand('seed',0), 那么每次运行rand产生的随机数是一样的, 这样对调试程序很有帮助

```
>> rand('seed',1)
>> rand(1,6)
```

```
ans =
```

```
0.5129    0.4605    0.3504    0.0950    0.4337    0.7092
```

```
>> rand('seed',1)
>> rand(1,6)
```

```
ans =
```

```
0.5129    0.4605    0.3504    0.0950    0.4337    0.7092
```



1.1 matlab随机数生成方法

—— rand语句

- 如果需要产生随机数值不是介于[0,1]区间，可以采用以下步骤将随机数值从[0,1]区间转换到其它区间。

例如区间为[a,b]，a为下限值，b为上限值。则算式如下
 $x = (b-a)*r + a,$

例：用rand函数随机取100个从-1到1的数

$$x = (1 - (-1)) \text{ rand}(1,100) + (-1)$$

$$x = \text{rand}(1,100) * 2 - 1$$



1.1 matlab随机数生成方法 —— rand语句

1, `rand(3)*-2`

`rand(3)` 是一个3*3的随机矩阵（数值范围在0~1之间）然后就是每个数乘上-2

2 `1+fix(365*rand(1,60))`

用matlab随机产生60个1到365之间的正数

3, `x=round(rand(1,100))`

随机产生100个0或者1。



1.1 matlab随机数生成方法 —— rand语句

Matlab取整函数有: fix, floor, ceil, round.

具体应用方法如下:

fix朝零方向取整

如: $\text{fix}(-1.3)=-1$;

$\text{fix}(1.3)=1$;

floor, 顾名思义, 就是地板, 所以是取比它小的整数, 即朝负无穷方向取整

如: $\text{floor}(-1.3)=-2$;

$\text{floor}(1.3)=1$;

$\text{floor}(-1.8)=-2$;

$\text{floor}(1.8)=1$



1.1 matlab随机数生成方法 —— rand语句

Matlab取整函数有: fix, floor, ceil, round.

具体应用方法如下:

ceil, 与floor相反, 它的意思是天花板, 也就是取比它大的最小整数, 即朝正无穷方向取整

如 $\text{ceil}(-1.3)=-1$;

$\text{ceil}(1.3)=2$;

$\text{ceil}(-1.8)=-1$;

$\text{ceil}(1.8)=2$

round四舍五入到最近的整数

如 $\text{round}(-1.3)=-1$; $\text{round}(-1.52)=2$;

$\text{round}(1.3)=1$; $\text{round}(1.52)=2$



1.2 matlab随机数生成方法 —— random语句

$y = \text{random}(\text{'分布的英文'}, A1, A2, A3, m, n),$
表示生成 m 行 n 列的 $m \times n$ 个参数为 $(A1, A2, A3)$
的该分布的随机数。例如:

- (1) $R = \text{random}(\text{'Normal'}, 0, 1, 2, 4):$ 生成期望为 0, 标准差为 1 的(2 行 4 列) 2×4 个正态随机数
- (2) $R = \text{random}(\text{'Poisson'}, 1:6, 1, 6):$ 依次生成参数为 1 到 6 的(1 行 6 列)6 个 Poisson 随机数
- (3) $R = \text{random}(\text{'unif'}, a, b, m, n):$ 在 $[a, b]$ 内产生 m 行 n 列的均匀分布的向量
- (4) $R = \text{random}(\text{'bino'}, N, P, m, n):$ N 为每次的试验次数, P 为事件出现的概率, m 行 n 列



1.2 matlab随机数生成方法 —— random语句

```
>> random('bino', 1, 0.5, 1, 10)
```

```
ans =
```

```
1    1    0    1    0    1    1    0    0    0
```

```
>> random('bino', 10, 0.5, 1, 10)
```

```
ans =
```

```
4    6    5    4    5    2    6    6    6    4
```

```
>> random('unif', 1, 2, 1, 10)
```

```
ans =
```

```
1.4035    1.1220    1.2684    1.2578    1.3317    1.1522    1.3480    1.1217    1.8842    1.0943
```



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

正态随机数生成——normrnd

$R = \text{normrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA})$

(生成均值为 MU, 标准差为 SIGMA 的正态随机数)

$R = \text{normrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA}, m)$

(生成 $1 \times m$ 个正态随机数)

$R = \text{normrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA}, m, n)$

(生成 m 行 n 列的 $m \times n$ 个正态随机数)

例:

$R = \text{normrnd}([1\ 2\ 3; 4\ 5\ 6], 0.1, 2, 3)$

生成期望依次为[1,2,3;4,5,6], 方差为 0.1 的 2×3 个正态随机数。



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

对数正态分布随机数生成——lognrnd

$R = \text{lognrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA})$

$R = \text{lognrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA}, m)$

$R = \text{lognrnd}(\text{MU}, \text{SIGMA}, m, n)$



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

[A,B] 上均匀随机数生成——unifrnd

`R = unifrnd(A,B)`

`R = unifrnd(A,B,m)`

`R = unifrnd(A,B,m,n)`

```
>> unifrnd(1, 10, 2, 3)
```

```
ans =
```

```
    9.0427    3.7330    2.7593  
    1.4931    1.4157    7.4815
```

```
>> unidrnd(10, 2, 3)
```

```
ans =
```

```
     8     6    10  
     9     1     9
```

1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

离散的均匀随机数生成——unidrnd

$R = \text{unidrnd}(N)$: 产生从1到N所指定的最大数数之间的
离散均匀随机整数。

$R = \text{unidrnd}(N, m)$

$R = \text{unidrnd}(N, m, n)$

```
>> unifrnd(1, 10, 2, 3)
```

```
ans =
```

```
9.0427    3.7330    2.7593  
1.4931    1.4157    7.4815
```

```
>> unidrnd(10, 2, 3)
```

```
ans =
```

```
8     6    10  
9     1     9
```

1.3 matlab随机数生成方法 ——针对特殊分布语句

二项分布随机数生成——binornd

$R = \text{binornd}(n, p, M, N)$: 产生的是服从二项分布的随机数, 二项分布的参数为: n 和 p , 输出 $M \times N$ 阶矩阵。如果只写 M , 则生成 $M \times M$ 矩阵;

```
>> binornd(10, 0.4, 1, 10)
```

```
ans =
```

```
4    4    4    2    6    3    3    4    4    4
```

```
>> binornd(1, 0.4, 1, 10)
```

```
ans =
```

```
1    0    0    0    0    0    1    0    1    0
```




1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

Poisson分布随机数生成——poissrnd

$R = \text{poissrnd}(\lambda)$

$R = \text{poissrnd}(\lambda, m)$

$R = \text{poissrnd}(\lambda, m, n)$



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

Rayleigh分布随机数生成——raylrnd

$R = \text{raylrnd}(B)$

$R = \text{raylrnd}(B, m)$

$R = \text{raylrnd}(B, m, n)$



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

betarnd 贝塔分布的随机数生成器

binornd 二项分布的随机数生成器

chi2rnd 卡方分布的随机数生成器

exprnd 指数分布的随机数生成器

frnd f分布的随机数生成器

gamrnd 伽玛分布的随机数生成器

geornd 几何分布的随机数生成器

hygernd 超几何分布的随机数生成器

lognrnd 对数正态分布的随机数生成器

nbinrnd 负二项分布的随机数生成器



1.3 matlab随机数生成方法 —— 针对特殊分布语句

ncfrnd 非中心f分布的随机数生成器

nctrnd 非中心t分布的随机数生成器

ncx2rnd 非中心卡方分布的随机数生成器

normrnd 正态（高斯）分布的随机数生成器

poissrnd 泊松分布的随机数生成器

raylrnd 瑞利分布的随机数生成器

trnd 学生氏t分布的随机数生成器

unidrnd 离散均匀分布的随机数生成器

unifrnd 连续均匀分布的随机数生成器

weibrnd 威布尔分布的随机数生成器



2 数字特征分析

2.1 均值mean

2.2 标准差std

2.3 方差var

2.4 自相关函数corr

2.1 均值 mean

```
>> A=[1, 2, 3, 4, 5];
```

```
>> mean(A)
```

```
ans =
```

```
3
```

```
>> A=[1, 2, 6; 7, 5, 9; 0, 5, 1]
```

```
>> mean(A)
```

```
ans =
```

```
2.6667    4.0000    5.3333
```

```
>> mean(A, 1)
```

按行求均值

```
ans =
```

```
2.6667    4.0000    5.3333
```

```
>> mean(A, 2)
```

按列求均值

```
ans =
```

```
3
```

```
7
```

```
2
```



2.1 均值 mean

```
>> A=[1, 2, 6; 7, 5, 9; 0, 5, 1]
```

```
>> mean(mean(A))
```

求所有元素均值

```
ans =
```

```
4
```

```
>> mean2(A)
```

```
ans =
```

```
4
```

2.2 标准差 std

`std(A,a)`: $a=0$ 时为无偏估计, 分母为 $n-1$; $a=1$ 时为有偏估计, 分母为 n 。默认形式: `std(A,1)`

`std(A,a,b)`: 增加的形参 b 是维数, 若 A 是二维矩阵, 则 $b=1$ 表示按行分, $b=2$ 表示按列分; 若为三维以上, $b=i$ 就是增多的一维维数

```
>> A=[1, 2, 6:7, 5, 9:0, 5, 1]
>> std(A)

ans =

    3.7859    1.7321    4.0415
```

```
>> std(A, 0)

ans =

    3.7859    1.7321    4.0415
|
>> std(A, 1)

ans =

    3.0912    1.4142    3.2998
```


2.3 方差 var

var(): 注意, var()函数中采用的公式, 是无偏估计, 分母是 $n-1$, 而不是 n , 实际上var()函数求的并不是方差。

matlab并没有求解方差的函数, 因此一般先std()求解标准差, 再平方。std(A,0,1)求列向量均方差, std(A,0,2)求行向量均方差。若要求整个矩阵的均方差则使用std2()

```
>> A=[1, 2, 6:7, 5, 9:0, 5, 1]
>> var(A)

ans =

    14.3333    3.0000    16.3333

>> (std(A,0)).^2

ans =

    14.3333    3.0000    16.3333
```

```
>> std(A,0)

ans =

    3.7859    1.7321    4.0415

>> std(A,1)

ans =

    3.0912    1.4142    3.2998
```

2.3 相关 xcorr

`xcorr(x)` :求x的自相关

`xcorr(x,y)` :求x,y的互相关

自相关函数是信号间隔的函数，间隔有正负间隔，所以n个长度的信号，有 $2n-1$ 个自相关函数值，分别描述的是不同信号间隔的相似程度。

比如，上面的矩阵，最后得到5个结果，其中第三个是自己和自己相乘，最后相加的结果，值最大 $1*1+2*2+3*3=14$ 。而第二个和第四个分别是间隔正负1的结果也就是 $1*2+2*3=8$ ， $2*1+3*2=8$ 。第1个和第五个分别是间隔正负2，也就是 $1*3=3$ ， $3*1=3$ 。

```
>> A=[1, 2, 3];B=[2, 3, 4]
```

```
B =
```

```
     2     3     4
```

```
>> xcorr(A)
```

```
ans =
```

```
     3.0000     8.0000    14.0000     8.0000     3.0000
```

```
>> xcorr(A,B)
```

```
ans =
```

```
     4.0000    11.0000    20.0000    13.0000     6.0000
```