**电子科技大学**生命科学与技术**学院**

**标 准 实 验 报 告**

**（实验）课程名称** 生物医学信号处理

**2018-2019-第2学期**

**电子科技大学教务处制表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **学生姓名** |  | **学 号** |  |
| **指导教师** | 李凌 | **实验时间** | **2019.3.26** |

**一、实验室名称：** 品学楼B 302

**二、实验名称：**随机信号多角度认知和心电、脑电信号特征的认知

**三、实验学时：2**

**四、实验原理：**

借助matlab工具箱，可以计算出时域统计特征和频域并进行统计分析。计算不同窗函数下的功率谱，可以从频域角度分析开眼闭眼信号的特征。通过这些特征，我们可以进一步分析其生理特征和意义。

1. **实验目的：通过上机加深随机信号的时域和频域认识**
2. **实验内容：（详细填写）**

上机了解时域统计特征（均值、方差、直方图、相关函数等）及频域（功率谱）的计算。

使用周期图法对开眼和闭眼的脑电信号进行分析，并研究它们之间的特征与差异，进行总结和分析。

**七、实验器材（设备、元器件）： matlab**

**八、实验步骤**

1、在波形产生函数中选randn和rand两种波形发生器，各产生一段随机信号，请观察它们是什么样的信号，描述它们的时域特征。

2、编制一个程序，计算这两个随机信号的样本数字特征，包括均值、方差、相关函数（xcorr）、协方差函数（xcov），比较并描述这两个信号一阶和二阶统计量的区别。

3、对以上信号样本计算频数直方图（hist）并估计这两个随机信号的概率密度函数(ksdensity)及估计他们的概率分布函数(ksdensity) 。

4、利用周期图法估计这两个信号功率谱，比较并描述它们的频域特征。

5、查看相关函数结果和功率谱之间是否是一对DFT。

6、按照（学号后两位\*班号）选择一路脑电信号，观察和描述开眼和闭眼脑电信号的时域波形特征 。（数据文件eegclose.mat and eegopen.mat ，Fs=250 Hz，幅度单位：微伏）

7、使用周期图法对开眼和闭眼的脑电信号进行分析，探讨不同窗函数对分析结果的影响（矩形窗之外选三种窗）；

8、将某一种窗函数下的开眼和闭眼功率谱图进行比较，找出开眼与闭眼功率谱上存在的差异。（例如测量脑电delta，theta、alpha，beta四个波段内的功率峰值，采用表格方式列出，这样可以比较开眼和闭眼的功率谱分布的差异）。

9、给出一段文字总结开眼和闭眼脑电信号之间的差异总结。

1. **实验数据及结果分析：（详细填写）（包括程序、图、结果等）**
2. 随机信号的时域和频域认识

x1=rand(1,3000);

x2=randn(1,3000);

n=1:length(x1);

var1=var(x1)

var2=var(x2)

mean1=mean(x1)

mean2=mean(x2)

figure(1)

subplot(2,1,1)

plot(n,x1);title('rand信号')

subplot(2,1,2)

plot(n,x2);title('randn信号')

xg1=xcorr(x1,'biased');

xg2=xcorr(x2,'biased');

figure(3)

subplot(2,1,1)

plot(-2999:2999,xg1);title('rand信号自相关')

subplot(2,1,2)

plot(-2999:2999,xg2);title('randn信号自相关')

xc1=xcov(x1,'biased');

xc2=xcov(x2,'biased');

figure(4)

subplot(2,1,1)

plot(-2999:2999,xg1);title('rand信号协方差')

subplot(2,1,2)

plot(-2999:2999,xg2);title('randn信号协方差')

figure(5)

subplot(2,1,1)

hist(x1,150);title('rand信号直方图')

subplot(2,1,2)

hist(x2,150);title('randn信号直方图')

figure(6)

subplot(2,1,1)

[f,xi] = ksdensity(x1);

plot(xi,f);title('rand信号概率密度函数')

subplot(2,1,2)

[f,xi] = ksdensity(x2);

plot(xi,f);title('randn信号概率密度函数')

figure(7)

subplot(2,1,1)

cdfplot(x1);title('rand信号概率分布函数')

subplot(2,1,2)

cdfplot(x2);title('randn信号概率分布函数')

figure(8)

subplot(2,1,1)

pw1=abs(fft(x1,10000)).^2/length(x1);

a=[length(pw1)/2:-1:1];b=[length(pw1):-1:length(pw1)/2+1];c=[a,b]; *%进行序列位置的转换*

plot(-4999:5000,pw1(c(1:10000)));title('rand信号功率谱')

*% axis([0 10000 0 6])*

subplot(2,1,2)

pw2=abs(fft(x2,10000)).^2/length(x2);

a=[length(pw2)/2:-1:1];b=[length(pw2):-1:length(pw2)/2+1];c=[a,b];

plot(-4999:5000,pw2(c(1:10000)));title('randn信号功率谱')

*%验证相关和功率谱的关系*

figure(9)

subplot(2,1,1)

t=abs(fft(xg1,10000));

a=[length(t)/2:-1:1];b=[length(t):-1:length(t)/2+1];c=[a,b];*%将FFT序列移动坐标*

plot(t(c(1:10000)));title('rand信号自相关做FFT')

subplot(2,1,2)

t=abs(fft(xg2,10000));

a=[length(t)/2:-1:1];b=[length(t):-1:length(t)/2+1];c=[a,b];*%将FFT序列移动坐标*

plot(t(c(1:10000)));title('randn信号自相关做FFT')

运行结果：

var1 =

0.0818

var2 =

0.9837

mean1 =

0.5038

mean2 =

-0.0036



图1.l 两种随机信号

Rand生成均匀分布在（0~1）之间的伪随机数，而randn (m,n) 生成m行n列标准正态分布的伪随机数（均值为0，方差为1）。从图中和方差及均值的计算结果可以看出，rand信号方差较小，均值接近0.5，randn信号均值接近0，方差接近1.



图1.2 两种随机信号的自相关



图1.3 两种随机信号的协方差

从图1.2、图1.3可以看出，rand信号自相关和协方差在中点时最大，离中点越远越小（逐渐减小），而randn信号的自相关和自协方差在0处有一个尖峰，其他地方都近似于零。协方差在0处接近1/3， ‘unbiased’, n趋于无穷，0.25 （1/2\*1/2）



图1.4 两种随机信号的直方图

从直方图可以看出，生成的一小段rand信号在0~1之间分布较均匀，而randn信号分布近似于正太分布。



图1.5两种随机信号的功率谱

（进行了翻转并保留了负半轴以方便和图1.6 进行对比）



图1.6 自相关和功率谱的关系

从图1.5 （为了与两个信号相关做傅里叶比变换结果对比，此处进行了平移和翻转）可以看出，rand信号功率谱集中在低频，而randn信号近似均匀的分布在各个频段。图1.6为自相关做傅里叶变换的结果，二者是相等的。（此处功率谱采用FFT算法，未用DFT，故对自相关进行变换时同样采用FFT进行对比）。这是维纳-辛钦定理：一个信号的功率谱密度就是该信号自相关函数的傅里叶变换（信号的功率谱密度和信号的自相关函数是一个傅里叶变换对）。我们可以利用这对关系，借助iFFT计算信号的自相关（复杂度等于卷积）。（参见https://en.wikipedia.org/wiki/Wiener%E2%80%93Khinchin\_theorem）



图1.7两种随机信号的概率密度函数



图1.8两种随机信号的概率分布函数

从图1.7、1.8可以看出，rand信号的概率密度近似均匀分布在0~1之间，概率分布函数近似为线性。而randn近似成均值为0的正态分布。

1. 滤波器的相位谱特性对滤波结果的影响

md1=eegclose(:,32);

md2=eegopen(:,32);

fs=250;

n=500;

box=boxcar(n);

md1box=md1(1:n).\*box;

md2box=md2(1:n).\*box;

*%构造矩形窗*

trag=triang(n);

md1t=md1(1:n).\*trag;

md2t=md2(1:n).\*trag;

*%构造三角*

b=blackman(n);

md1b=md1(1:n).\*b;

md2b=md2(1:n).\*b;

*%构造布莱克曼窗*

k=kaiser(n);

md1k=md1(1:n).\*k;

md2k=md2(1:n).\*k;

*%构造凯塞窗*

ft1=abs(fft(md1)).^2/n;

ft2=abs(fft(md2)).^2/n;

figure(1)

subplot(2,1,1);

plot(md1box); grid on;

title('闭眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft1(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('闭眼信号功率谱(周期图法，矩形窗)')

figure(2)

subplot(2,1,1);

plot(md2box); grid on;

title('开眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft2(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('开眼信号功率谱(周期图法，矩形窗)')

ft1=abs(fft(md1t)).^2/n;

ft2=abs(fft(md2t)).^2/length(md2t);

figure(3)

subplot(2,1,1);

plot(md1t); grid on;

title('闭眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft1(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('闭眼信号功率谱(周期图法，三角窗)')

figure(4)

subplot(2,1,1);

plot(md2t); grid on;

title('开眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft2(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('开眼信号功率谱(周期图法，三角窗)')

ft1=abs(fft(md1k)).^2/n;

ft2=abs(fft(md2k)).^2/n;

figure(5)

subplot(2,1,1);

plot(md1k); grid on;

title('闭眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft1(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('闭眼信号功率谱(周期图法，kaiser窗)')

figure(6)

subplot(2,1,1);

plot(md2k); grid on;

title('开眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft2(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('开眼信号功率谱(周期图法，kaiser窗)')

ft1=abs(fft(md1b)).^2/n;

ft2=abs(fft(md2b)).^2/n;

figure(7)

subplot(2,1,1);

plot(md1b); grid on;

title('闭眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft1(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('闭眼信号功率谱(周期图法，Blackman窗)')

figure(8)

subplot(2,1,1);

plot(md2b); grid on;

title('加Blackman窗的开眼信号')

subplot(2,1,2);

plot((1:n/2)\*fs/(n/2),10\*log10(ft2(1:n/2))); grid on;

xlabel('频率');ylabel('功率（dB）')

title('开眼信号功率谱(周期图法，Blackman窗)')

%figure(22)

%pwelch(md1);title('闭眼信号功率谱')

data = [max(ft1(1:3)),max(ft1(4:7)),max(ft1(8:13)),max(ft1(14:30));

max(ft2(1:3)),max(ft2(4:7)),max(ft2(8:13)),max(ft2(14:30))]

datalog=10\*log10(data)



图2.1 闭眼信号及其矩形窗功率谱



图2.2 闭眼信号及其矩形窗功率谱



图2.3 闭眼信号及其三角窗功率谱



图2.4 开眼信号及其三角窗功率谱



图2.5 闭眼信号及其Kaiser窗功率谱



图2.6 开眼信号及其Kaiser窗功率谱



图2.7 闭眼信号及其Blackman窗功率谱



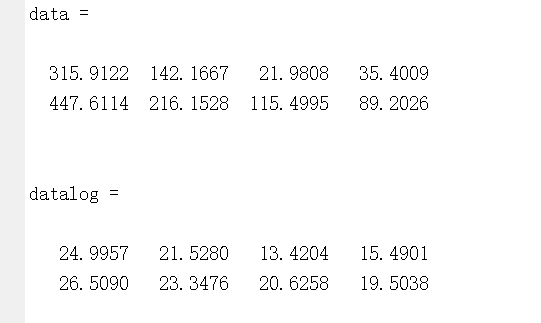
图2.8 开眼信号及其Blackman窗功率谱

选取窗函数长度为500，从图中可以看出，矩形窗（直接截断）的功率谱分析效果很差。加三角比加Blackman窗功率谱更加平滑，而加Kaiser窗的功率谱在高频部分非常平滑，在低频不平滑，频率分辨率较高。

选择加Blackman窗函数的功率谱比较开眼和闭眼的四个频段的功率最大值，如下表：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [Delta（δ）](https://zh.wikipedia.org/wiki/Delta%E6%B3%A2" \o "Delta波) | [Theta（θ）](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Theta_%E6%B3%A2&action=edit&redlink=1" \o "Theta 波（页面不存在）) | Alpha（α） | Beta（β） |
| 闭眼 | 359.74 | 30.28 | 11.33 | 127.58 |
| 开眼 | 164.39 | 5.76 | 5.43 | 68.91 |

开眼信号各频段均弱于闭眼信号，可能由于截取时域信号过短产生的误差，将截取范围扩大至整段信号（n=4500）并将功率谱取对数转为增益，如下图：



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [Delta（δ）](https://zh.wikipedia.org/wiki/Delta%E6%B3%A2" \o "Delta波) | [Theta（θ）](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Theta_%E6%B3%A2&action=edit&redlink=1" \o "Theta 波（页面不存在）) | Alpha（α） | Beta（β） |
| 闭眼 | 25.00 | 21.53 | 13.42 | 15.49 |
| 开眼 | 26.51 | 23.35 | 20.63 | 19.50 |

取对数后的增益，除α波段的差异较大，β波差别次之，各频段峰值接近，差别不大。 这可能是由于开眼闭眼时脑部这两个波段的活动情况不同所至。

1. **总结及心得体会：**

本次实验，借助matlab的函数工具箱，产生了2种随机信号并绘图观察了两者一阶和二阶的统计差异。还对眼电信号进行功率谱分析，加不同窗函数比较了区别并分频段讨论了开眼和闭眼信号的差异。通过以上几个实验，熟悉了随机信号的特征和对于实际信号的处理

**十一、对本实验过程及方法、手段的改进建议：**

希望能进行一些其他实用性更强、性能更好的的功率谱估计的方法，如直接调用matlab函数pwelch的welch法和现代谱估计方法（AR、ARMA以及非参数的谱估计）

**报告评分：**

**指导教师签字：**