



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

《信号检测与估值实验》

实验三报告

学 院： 航海学院

学 号： 2020301019 2020301020

姓 名： 李佳宝 邱梁城

专 业： 通信工程

实验地点： 航海实验教学与创新科研中心 103

指导教师： 梁红

西北工业大学

2023 年 5 月 29 日

实验三：信号检测的仿真实验

一、实验目的

通过对接收信号检测过程的分析，掌握信号检测的基本原理，加深对随机参量信号检测的广义似然比方法的理解，熟悉采用不同判决准则进行信号检测的方法，掌握实际应用中信号检测的过程及性能改进方法

二、实验原理与方法

信号检测可以分为参量检测和非参量检测，也可以分为高斯噪声中信号检测和非高斯噪声中信号检测，也可以分为二元信号检测和多元信号检测，还可以分为确知信号检测和随机参量信号检测。教材中介绍了高斯白噪声中确知信号检测和随机参量检测。本实验主要仿真高斯白噪声中随机参量信号的检测。

对于高斯白噪声中二元随机参量信号的两种假设表示，都可以采用广义似然比方法检测是否有信号存在。

二元确知信号的都可以统一到似然比检测算法：似然比与门限比较，不同的准则只需对应不同的门限。如果采用贝叶斯准则、最小错误概率准则和最大似然准则，可直接求出判决门限。如果采用奈曼-皮尔逊准则，则先求接收机的虚警概率，可以根据虚警概率的值求出判决门限。

本实验我组主要使用了最大似然准则和奈曼-皮尔逊准则对信号进行检测。

设高斯白噪声中二元随机参量信号的两种假设表示为

$$\begin{aligned} H_0: x(n) &= w(n), & 1 \leq n \leq N \\ H_1: x(n) &= As(n) + w(n), & 1 \leq n \leq N \end{aligned}$$

其中， $s(n)$ 是已知的， A 未知， $w(n)$ 是均值为零、方差为 σ^2 的高斯白噪声。采样所得的 N 个样本相互独立，根据这 N 个样本，采用广义似然比方法检测是否有信号存在。

二元确知信号的都可以统一到似然比检测算法：似然比与门限比较，不同的准则只需对应不同的门限。

先求得 A 的最大似然估

$$\hat{A}_{ml} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n s_n}{\sum_{n=1}^N s_n^2}$$

得广义似然比判决式

$$\lambda_G(X) = \frac{p(X|\hat{A}_{ml}, H_1)}{p(X|H_0)}$$

化简得判决式

$$G = \left| \sum_{n=1}^N x_n s_n \right| \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \sqrt{2\sigma_n^2 \ln \lambda_0 \sum_{n=1}^N s_n^2} = \eta$$

得到检验统计量

$$G = \sum_{n=1}^N x_n s_n$$

采用最大似然准则，可直接求出判决门限。

采用奈曼-皮尔逊准则，则先求接收机的虚警概率 $P_F = 2\left(1 - \Phi(\eta / \sqrt{\sigma_n^2 E})\right) = \alpha$

再根据虚警概率的值求出判决门限。

三、 实验内容与结果

1、实验内容

(1) 通过改变信号幅度，控制输入信噪比；采集得到几组不同信噪比的未知幅度回波信号；

(2) 在相同的输入信噪比条件下，分别利用最大似然估计和奈曼-皮尔逊判决准则，对回波信号进行检测；

(3) 在相同的输入信噪比条件下，改变虚警概率，观察、记录并分析虚警概率对检测结果的影响；

(4) 输入信噪比变化，保持虚警概率不变，观察、记录并分析输入信噪比对检测结果的影响。

2、实验步骤

1、产生一个具有特定信噪比的单频信号

2、保持噪声方差不变，通过改变信号幅值产生不同信噪比的信号。

3、设置信号发生参数，进行 10000 次实验，保证信噪比不变的情况下，分别利用最大似然、奈曼皮尔逊、最小错误概率准则、贝叶斯准则进行比较，绘制出比较图，并得出相应结论

4、保证信噪比不变，通过改变虚警概率大小绘制检验门限的变化曲线图。

5、对于每个虚警概率进行 1000 次实验，我们这里的参数设置为

$P_1=0.3, P_0=0.7$ ，绘制出信噪比在-10DB 下的虚警概率对于检测准确率的影响结果图

6、改变信噪比，保持虚警概率不变，对于每个信噪比进行 1000 次实验，绘制出不同信噪比对于准确率的影响图。

3 实验结果

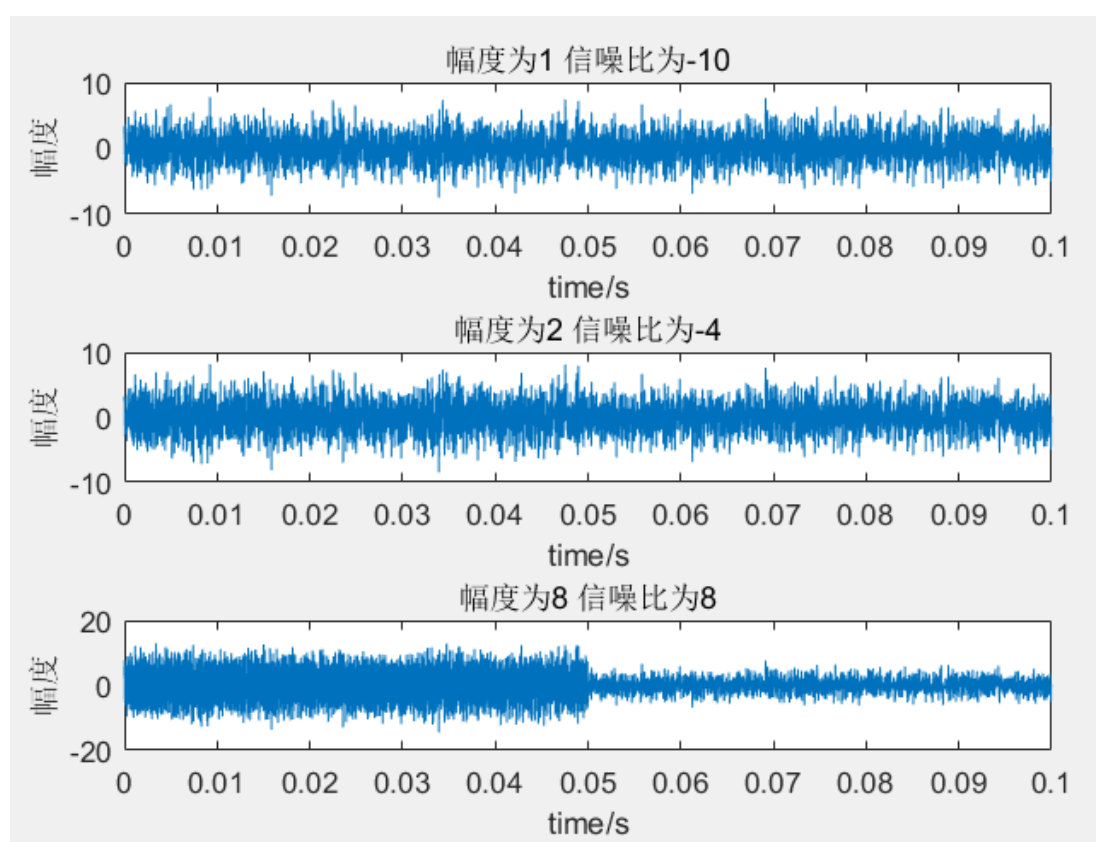


图 3.1 不同信噪比下的回波信号

表 3.1 信噪比，虚假概率确定 最大似然于奈曼-皮尔逊检测参数比较

信噪比为-10，虚警概率为 0.001			
最大似然估计幅值	1.0260		
最大似然检测门限	0	person 检测门限	223.7910
最大似然检测量	1.2312e+03	person 检测量	1.2312e+03

表 3.2 保证虚假概率不变，部分信噪比下最大似然于奈曼皮尔逊的检测参数

虚警概率为 0.1					
信噪比为 -30db 时		信噪比为 -50db 时		信噪比为 8db 时	
信号幅度	0.1	信号幅度	0.01	信号幅度	8
最大似然估计幅值	0.1627	最大似然估计幅值	-0.0205	最大似然估计幅值	7.9838
最大似然检测门限	0	最大似然检测门限	0	最大似然检测门限	0
最大似然检测量	195.2346	最大似然检测量	24.5414	最大似然检测量	9.5805e+03
奈曼皮尔逊检测门限	127.3645	奈曼皮尔逊检测门限	127.3645	奈曼皮尔逊检测门限	127.3645
奈曼皮尔逊检测量	195.2346	奈曼皮尔逊检测量	24.5414	奈曼皮尔逊检测量	9.5805e+03

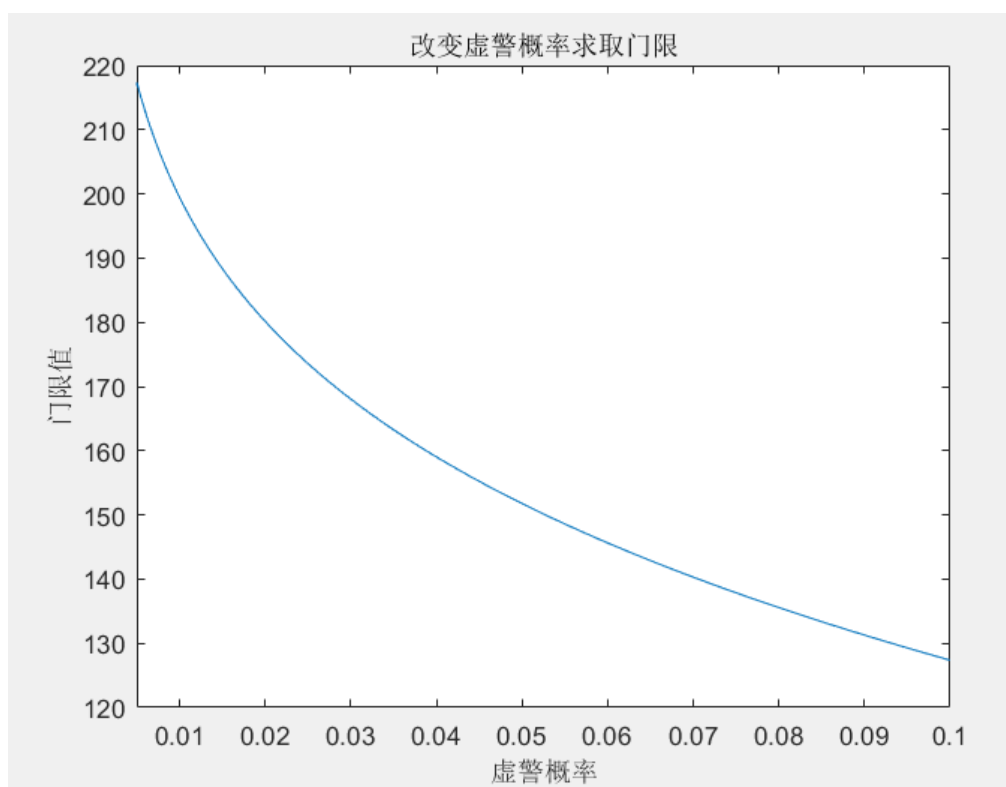


图 3.2 不同虚警概率下门限的变化

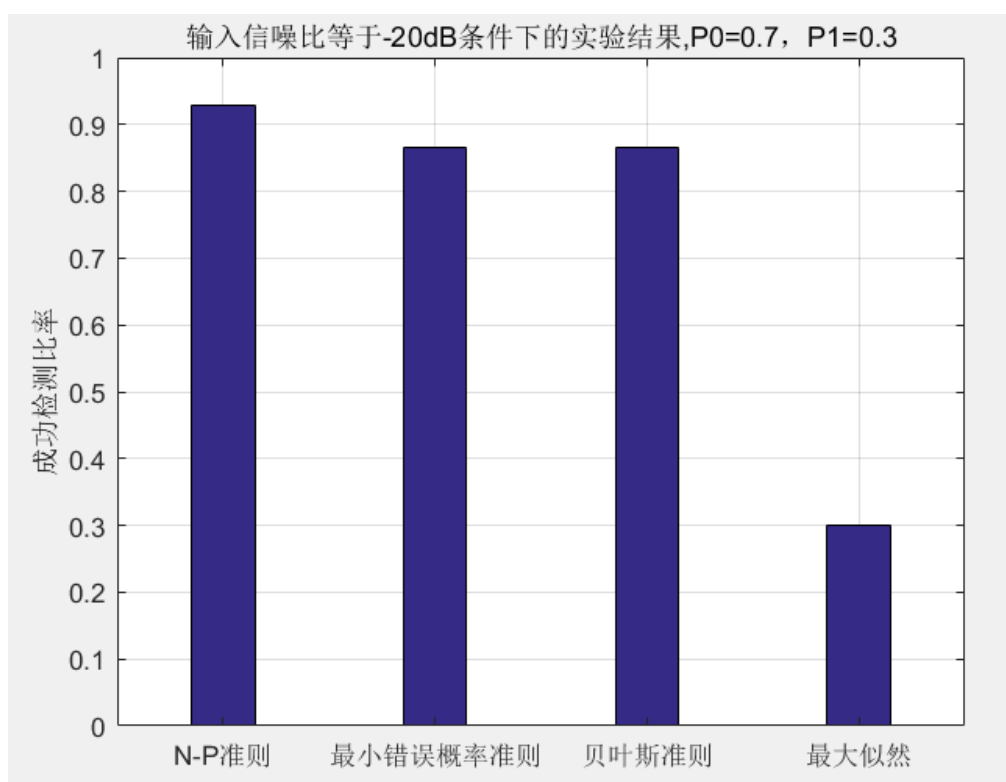


图 3.3 相同输入条件下, 不同检测准则下的准确率对比

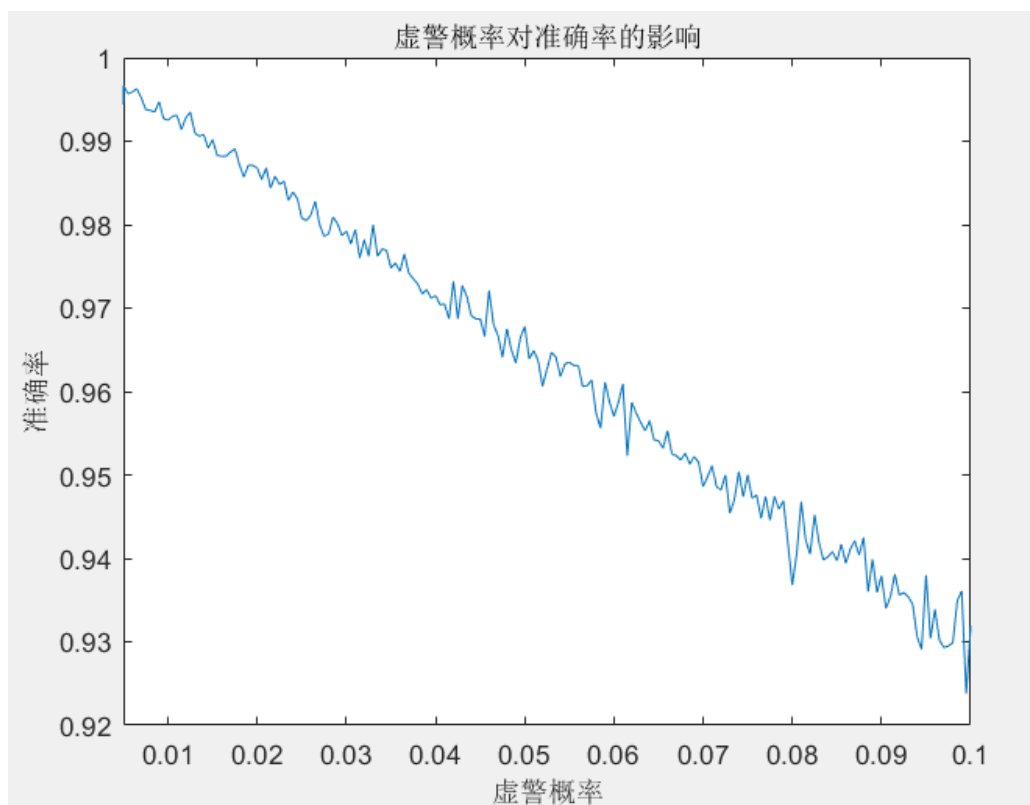


图 3.4 虚警概率对准确率的影响

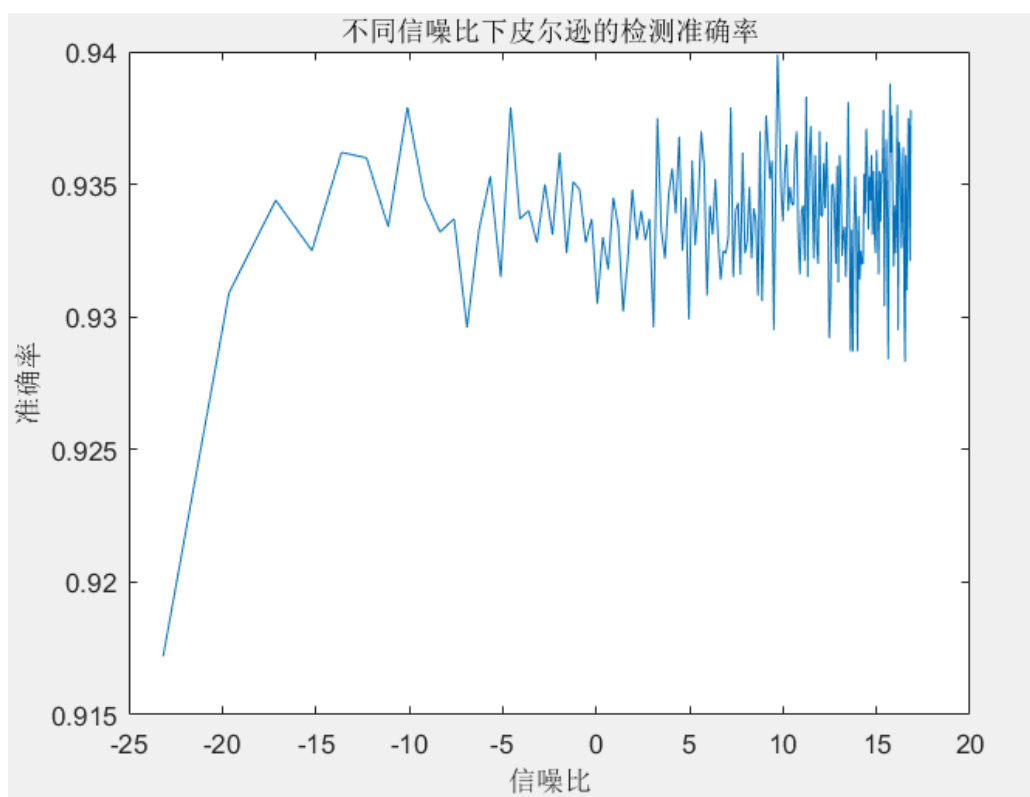


图 3.5 不同信噪比下奈曼皮尔逊的检测准确率

四、 分析讨论

1、我们首先自进行了最大似然准则与奈曼皮尔逊准则进行检测，我们能够发现由于最大似然准则的 λ_0 为 1，其取对数后变成了 0，所以我们的检验门限将会一直大于其门限，那么我们的准确率极为发送信号的 $p(h1)$ 的先验概率是一一致的，而根据图 3.3 也能够看出，奈曼-皮尔逊准则，最小错误概率准则，贝叶斯准则的准确率都相差不大，并且最大似然准则的准确率刚好为 $P(H1)$ 的先验概率。

2、在保持相同的信噪比下，我们通过改变虚警概率，来验证虚警概率对检测结果的影响，首先我们能够从图 3.2 看出随着虚警概率的增大，其检验门限逐渐降低，这是符合我们的理论实际。

3、在我们设定的 $P(H1)=0.3$ ， $P(H0)=0.7$ 的情况下，我们虚警概率的改变对检测结果的影响，这里我们对于每一个虚警概率的实验次数为 1000 次，从图我们能够看出随着虚警概率的增大，其准确率有一定的下降

4、在我们设定的 $P(H1)=0.3$ ， $P(H0)=0.7$ 的情况下，我们改变信噪比的输入来验证信噪比的改变对检测结果的影响，这里我们对于每一个信噪比的实验次数为 1000 次，从图 3.5 我们能够得出，随着信噪比的增大，在保证虚警概率不变的同时检测准确率逐渐升高，但是当信噪比大于一定值的时候，影响准确率的因素变为了噪声的随机性，会跳变的十分严重，符合理论实际。