

信号检测报告

一、实验目的

理解虚警、门限等概念的含义及相关原理。

二、实验原理

检测信号，即为判断信号有无。雷达在探测信号时，会出现很多峰值，这些峰值有可能是目标、噪声和干扰。当没有信号，只接收到噪声干扰，却被雷达判断为目标时，即为虚警。因此需要设置一个适当的门限值，作为判断信号有无的依据。

本次实验不加入固定频率的目标，将长度为 $1e6$ 的复高斯白噪声序列作为信号输入。分 3 步探究：用 1 个长度为 $1e6$ 的序列探究合理的门限与序列均值的关系；用 10 个长度为 $1e6$ 的序列分析单次观测得到的门限的适用程度；用 100 个长度为 $1e6$ 的序列探究如何调整门限，使得虚警率降低到期望值（本次实验期望虚警率为 1×10^{-8} ）。

三、实验结果分析

(1) $1e6$ 点序列仿真

运行代码，得到最大值及其前后 20 点如图 3-1。

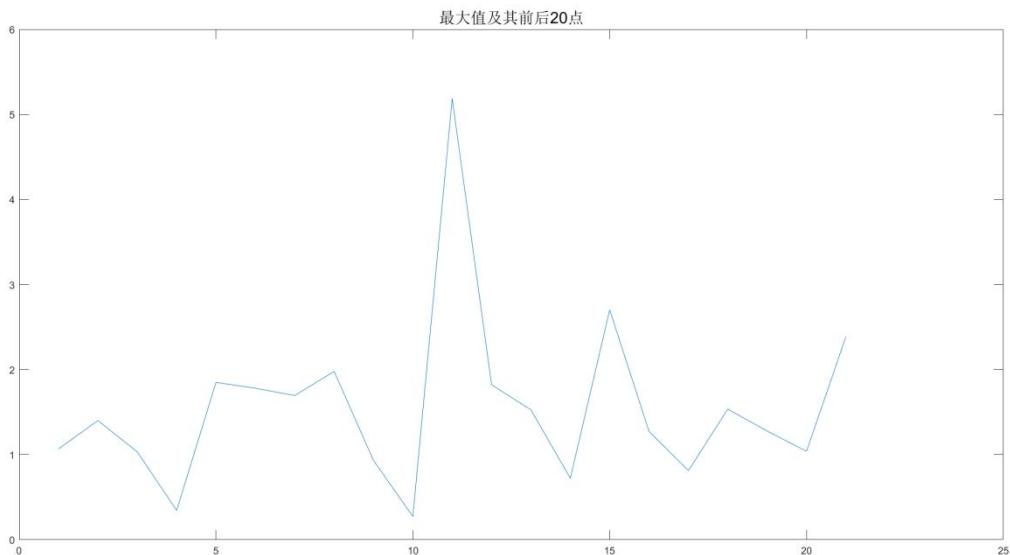


图 3-1

易知，整个序列均值为 1.2547，选取倍数 $k=3.55:0.05:4.50$ ，将 $k*m$ 设为门限，用于检验序列，得到虚警次数与倍数的关系如图 3-2。

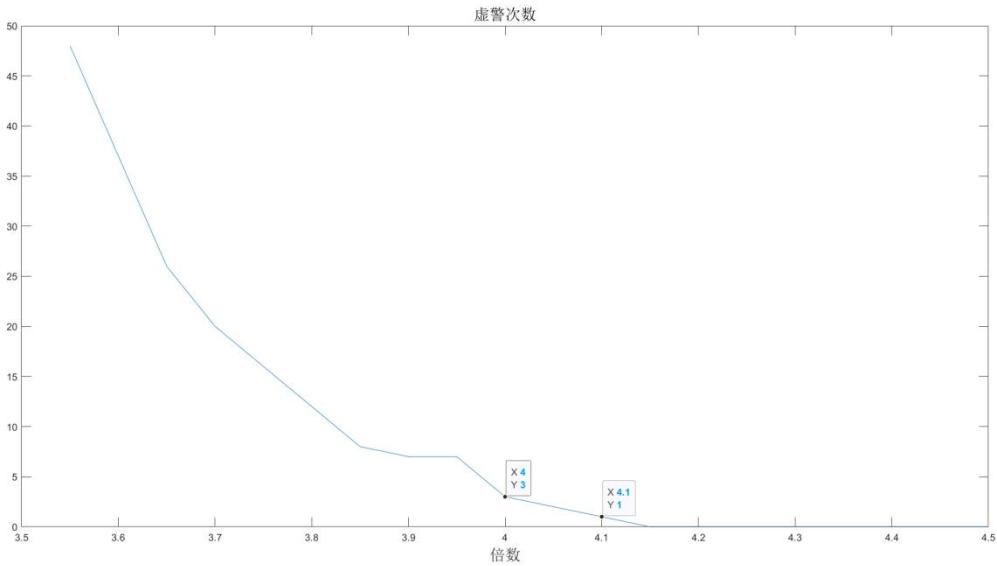


图 3-2

由图 3-2 可知，满足虚警率为 1.0×10^{-6} 的倍数在 $k=4.0 \sim 4.2$ 范围内。

使用 max 函数也可得到，最大值为 5.1846，次大值为 5.0846。故可取倍数范围为 $k=4.052 \sim 4.1321$ 。

为了使该门限判断效果更好，此处将门限值 line 设为最大值的 0.99 倍，即 $line=5.1327$, $k=4.091$ 。

利用 error 统计虚警次数，再次对序列进行遍历，得到 $error=1$ ，虚警率为 1.0×10^{-6} ，可认为门限设置合理。

(2) 10 次 1e6 点序列仿真

进入 10 次循环，每次生成 $1e6$ 点复序列，绘制 10 次序列的最大值及其两侧 20 点如图 3-3。

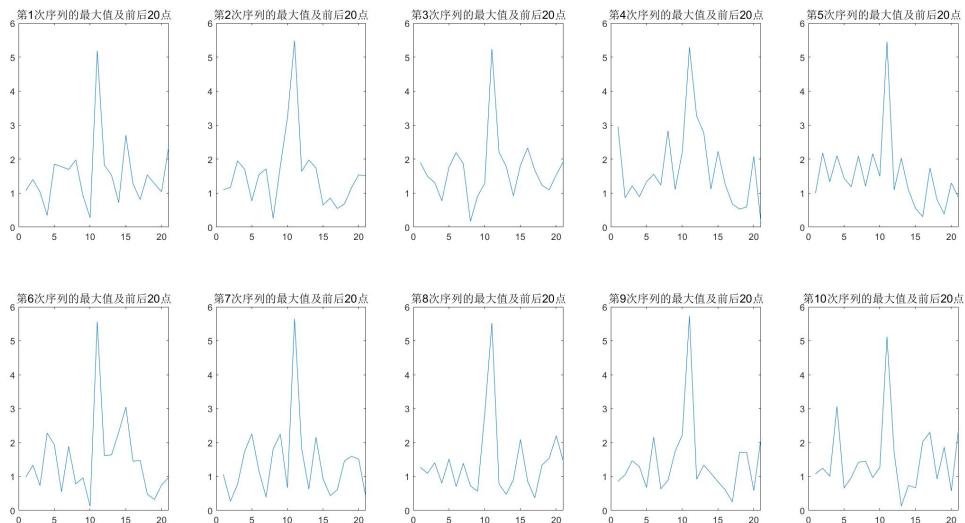


图 3-3

将第一次生成序列的门限用于检测 10 次序列, 得到门限检测结果为 $\text{error}=15$, 虚警率为 1.5×10^{-6} , 较为接近 1.0×10^{-6} , 说明第一次生成序列得到的门限合理, 但并不太适用于后续生成的序列。

为了探究虚警率次数大于 10 的原因, 绘制 10 次序列中的最大值如图 3-4。

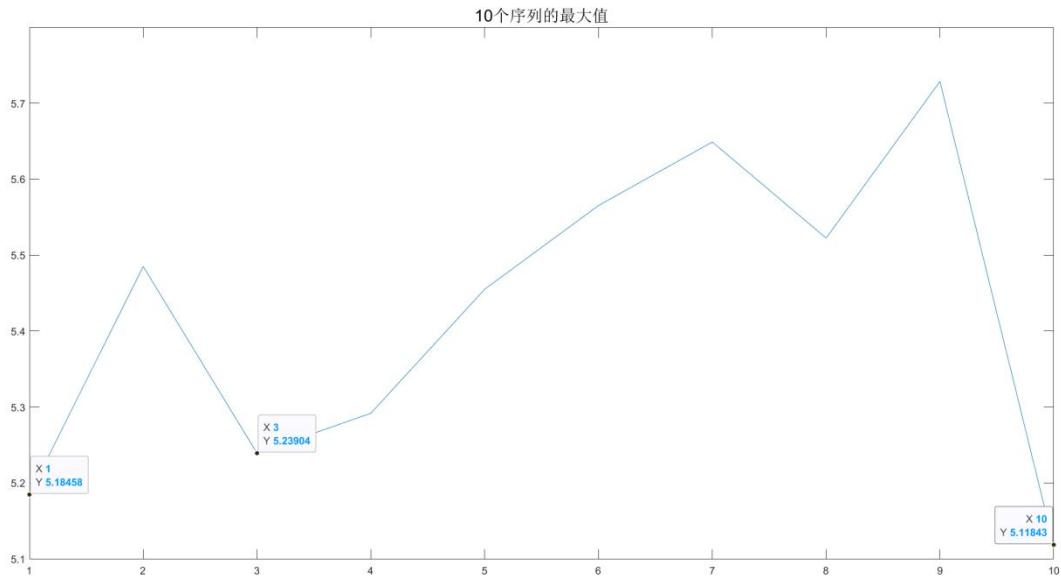


图 3-4

由图 3-4 可知, 第一次序列的最大值在 10 个最大值中排第 9, 且门限为 5.133, 大于第 10 次序列的最大值 5.118。说明第 2~9 次序列中, 除了这 8 个最大值, 还存在 6 个次大值超过了门限, 这就是虚警次数为 15 的原因。

(3) 100 次 $1\text{e}6$ 点序列仿真

进入 100 次循环, 每次生成 $1\text{e}6$ 长度的复序列, 并将新生成的序列拼接到矩阵 w 末端。同样将第一次生成序列得到的门限用于检测后续序列, 得到检测结果 $\text{error}=187$, 虚警率为 1.87×10^{-6} , 数量级依然为 10^{-6} , 而虚警次数不为 100 的原因与第 (2) 部分同理。

绘制 100 次序列的最大值如图 3-5。

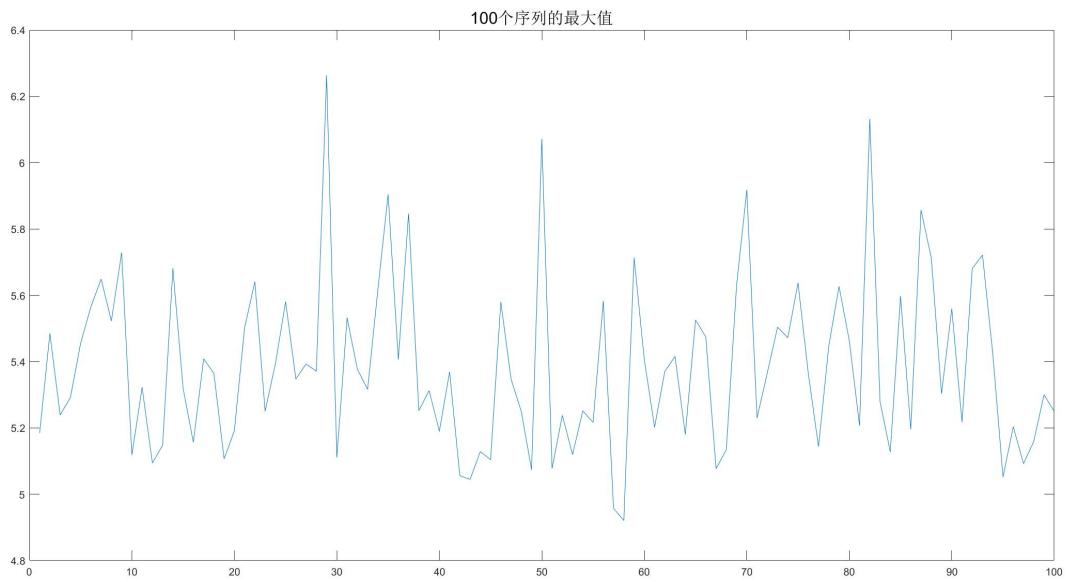


图 3-5

对 100 次序列的最大值向量取最大值 `last_max`, 将 `last_max*0.99` 作为门限,
再次遍历整个序列, 得到 `error=1`, 虚警率为 1.0×10^{-8} , 可认为新门限满足要求。
至此, 本次实验进行完毕。