



登记号 _____

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

数字信号处理实验一

指导书—拓展实验部分

机械与控制工程国家级虚拟仿真实验教学中心

2020 年 4 月

实验一拓展实验部分 太阳黑子序列的滑动平均滤波

一、实验目的

1. 作为拓展实验，仅供有兴趣的学生课外实践锻炼，实验内容不写入实验报告，相关工作不计入实验成绩。
2. 掌握 MATLAB 的函数编程方法，掌握.mat 的读取与使用方法，掌握滑动平均滤波原理及实现方法，掌握窗口长度对滑动平均结果的影响规律。

二、实验内容

作为课外拓展实验，所需实验由学生自行安排。主要内容包括：1) 从 MATLAB 数据文件读取太阳黑子序列、2) 在 MATLAB 环境下编写滑动平均滤波函数、3) 对太阳黑子序列执行滑动平均滤波。

1、太阳黑子序列背景

太阳黑子是太阳的光球表面出现的暗色区域，是太阳表面可以看到的最突出现象。太阳黑子是磁场聚集的地方，它从形成到消失经历几天到几个星期不等。长期观测发现，黑子数目较多的时候，其它太阳活动现象也会频繁。在历史上我国有丰富的太阳黑子目视记录，世界上公认的第一次明确的黑子记录时间是公元前 28 年，由我国汉朝人观测。直至 1610 年，意大利天文学家伽利略才首次用望远镜观测到太阳黑子。对太阳黑子的长期观测，不仅让人类认识到太阳黑子的自身变化规律，而且揭示了太阳的其它现象和规律，如太阳磁场、太阳自转、白光耀斑等。太阳黑子的月均值数据可上推至 1749 年，拓展实验使用的太阳黑子序列是从 1749 年至 2016 年的月均值序列。

2、读取文件数据

在 MATLAB 开发环境中，mat 文件是 MATLAB 的数据存储的标准格式，它是标准的二进制文件，以 ASCII 码的形式保存和加载。在 MATLAB 软件环境中打开 mat 文件类似于打开 EXCEL 表格。特别地，可以使用 load 和 save 函数，打开和存储 mat 文件。

拓展实验的太阳黑子的月均值序列，已经以 mat 文件形式存储到 sdata.mat 中，其中第 1 列为太阳黑子对应的月份数(1749 年 1 月作为第 1 个月，至 2016 年 12 月为止)，第 2 列为太阳黑子的月均值序列。

3、编写滑动平均程序

基于 $2M+1$ 点滑动平均滤波方程 $y[n] = \frac{1}{2M+1} \sum_{k=-M}^M x[n-k]$ ，在 MATLAB 环境下编写

滑动平均函数。注意：A) 不得调用 MATLAB 中已有的滑动平均滤波函数，本人利用 function 语句用编写 MATLAB 函数；B) 暂时不考虑左边缘向右的 M 个点、右边源向左的 M 个点的滤波问题。

4、执行滑动平均滤波

调用编写的滑动平均函数，使用 load 函数加载的太阳黑子序列（可以认为是含噪声序列） $x[n]$ ，执行 3 点滑动平均得到 $y_1[n]$ 、执行 5 点滑动平均得到 $y_2[n]$ 、执行 7 点滑动平均得到 $y_3[n]$ 、执行 9 点滑动平均得到 $y_4[n]$ 、执行 11 点滑动平均得到 $y_5[n]$ 。要求：

A) 调用 subplot 函数将 $x[n]$ 与 $y_1[n]$ 绘制在同一 figure 窗口上、将 $y_2[n]$ 与 $y_3[n]$ 绘制在同一 figure 窗口上、将 $y_4[n]$ 与 $y_5[n]$ 绘制在同一 figure 窗口上。B) 横坐标、纵坐标要标注完整。

三、实验原理

窗口长度为奇数 $2M+1$ 的滑动平均滤波应用非常普遍，用差分方程可以将它表示为

$$y[n] = \frac{1}{2M+1} \sum_{k=-M}^M x[n-k]$$

布的加性噪声（满足 $x[n] = s[n] + z[n]$ 形式），因此将当前窗口内不同时刻的序列值求取均值代替当前值，可以消除数字信号中包含的加性随机噪声。受限于滑动平均窗口长度以及窗口内部噪声的随机特性，采用滑动平均滤波并不能完全滤除数字信号中的随机噪声。滑动平均窗口长度对滤波效果产生直接的影响：虽然从理论角度认为窗口长度越长滑动平均效果越明显，但是窗口长度过大会导致信号过度平滑。如何确定窗口长度与滤波效果的最佳平衡，是滑动平均滤波应用中必须考虑的重要内容。

四、实验要求

太阳黑子序列的滑动平均滤波是拓展实验，实验内容不写入实验报告，相关工作不

计入实验成绩，这里仅给出实验建议：

用 MATLAB 脚本编写滑动平均函数，同时编写滑动平均滤波的主程序，绘制原始太阳黑子序列以及滑动平均降噪后序列，撰写不少于 150 字的实验结果分析。

五、参考资料

- [1] 高西全，丁玉美，阔永红. 数字信号处理——原理、实现及应用（第 3 版）[M]. 北京：电子工业出版社，2016.
- [2] A.V.奥本海姆，R.W.谢弗，J. R.巴克. 离散时间信号处理（第 2 版），西安交通大学出版社，2011.
- [3] 程佩青，数字信号处理教程（第 5 版），清华大学出版社，2017.

六、实验报告要求

不必撰写实验报告。