

现代信号处理第一次编程作业

2023 年 11 月 20 日

1 问题背景

以GPS、北斗为代表的全球导航卫星系统（GNSS）是目前应用最为广泛的时空信息源，能够为用户提供全天候、全天时的定位、定速、授时服务。定位是GNSS的基础功能之一。用户通过同时接收处理多颗卫星播发的导航信号，即可获取其自身在地球上的位置信息。

然而，导航信号作为一种无线电信号，其在传播过程中不可避免地受到电磁干扰、多径效应、热噪声等非理想因素影响，导致用户计算得到的位置信息与真实位置信息间存在随机误差。

图1展示了一个正常行驶于笔直道路上的车辆的场景，其中图1(a)所示的红色实线为车辆的真实运动轨迹，图1(b)所示的蓝点组成的轨迹为位于车辆上的GNSS接收机输出的一组定位结果。可以看到，定位误差的存在导致GNSS定位结果组成的轨迹有些扭曲，无法较好的反映车辆本身的运动状态。

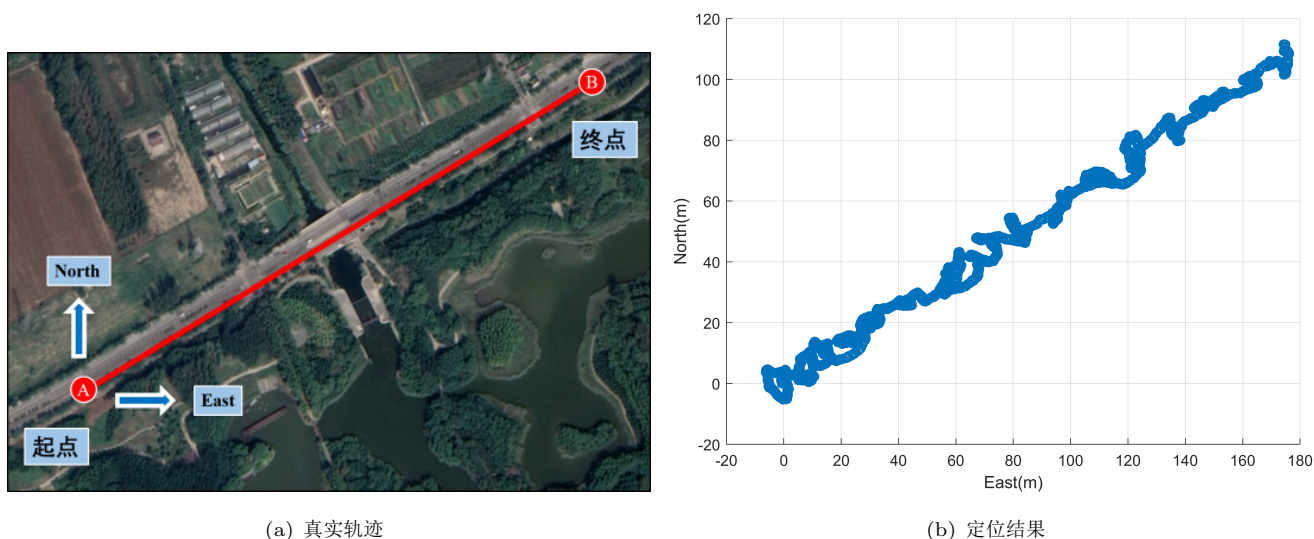


图 1: 数据采集场景及数据展示

为解决上述问题，本次编程作业要求使用卡尔曼滤波对图1(b)中的定位结果进行平滑，以恢复车辆运动状态的信息。

2 作业说明

作业文件中分别给出了车辆的二维定位数据与二维速度数据，课本例4.2.2与例4.2.3分别给出了匀速运动模型与匀加速运动模型。本次编程作业要求依据以下四种数据与模型组合，分别对定位结果进行平滑。

数据与模型组合包括：

- a) 应用匀速运动模型，仅使用二维定位数据；
- b) 应用匀速运动模型，同时使用二维定位数据与二维速度数据；
- c) 应用匀加速运动模型，仅使用二维定位数据；

d) 应用匀加速运动模型，同时使用二维定位数据与二维速度数据。

要求：给出平滑前后定位结果的对比图，并对结果进行分析。

3 数据文件说明

本次作业所提供的数据为：

| 文件名 | 变量名 | 含义 | 单位 |
|--------------|-------|--------|-----|
| pos_data.mat | pos_n | 北向定位结果 | m |
| | pos_e | 东向定位结果 | m |
| vel_data.mat | vel_n | 北向速度结果 | m/s |
| | vel_e | 东向速度结果 | m/s |

注意：为简化问题，我们可以假设二维数据彼此之间的噪声是**独立**的，因此可以采用相同的参数单独对每一维数据分别进行卡尔曼滤波。

卡尔曼滤波中的各参数可按如下参考值设置（也可自行调整）：

| 参数 | 参数含义 | 参考值 |
|--------------|------------|-----|
| σ_a^2 | 加速度随机扰动的方差 | 1 |
| σ_p^2 | 定位误差 | 36 |
| σ_v^2 | 速度误差 | 1 |
| T | 数据点时间间隔 | 5ms |

卡尔曼滤波中的初始状态值可按如下参考值设置（也可自行调整）：

| 模型 | 参数 | 参考值 |
|---------|-------------------------|--|
| 匀速运动模型 | $\hat{\mathbf{x}}(0 0)$ | $\begin{pmatrix} 10 \\ 10 \end{pmatrix}$ |
| | $\mathbf{K}(0)$ | $\begin{pmatrix} 1000 & 0 \\ 0 & 1000 \end{pmatrix}$ |
| 匀加速运动模型 | $\hat{\mathbf{x}}(0 0)$ | $\begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 0 \end{pmatrix}$ |
| | $\mathbf{K}(0)$ | $\begin{pmatrix} 1000 & 0 & 0 \\ 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 \end{pmatrix}$ |

4 作业要求

- a) 需要提交的文件：作业报告，MATLAB代码文件，打包提交；
- b) 提交方式：网络学堂在线提交；
- c) 鼓励大家相互讨论，但请务必独立完成作业报告撰写与代码撰写，一经发现抄袭，后果自负。