1. 卡尔曼滤波算法

该算法充分利用了载体运动信息（方程）和观测信息（方程），相当于使用观测值对预测值进行纠偏。由动态系统预报方程、动态系统状态方程和观测方程可以得到误差式Vk和Vxk

利用最小二乘法构造目标函数，其中P分别是观测值和位置预测值得权矩阵，对目标函数中的X求导并令其为0，整理即可得到状态向量Xk的最小二乘解。

以上方法是直接利用求导后得到的，也可以利用条件极值原理，即引入附加条件AX-L-V=0，

则由拉格朗日乘数法得到新的目标函数

该式与由高斯斑或者最小二乘法得到的解一致。即基本递推解为：

状态更新值=状态预报值+卡尔曼增益\*新息向量

卡尔曼滤波可以充分利用载体的运动状态信息，预报未测点位置和载体运动速度或加速度。方法整体比较简单，易于理解。

但是其缺点同样突出，很多时候我们的动力学模型是不精确的，观测模型同样是不精确的，观测协方差矩阵、先验参数协方差矩阵误差以及误差分布也是不精确的（因为卡尔曼滤波相当于人为假设误差服从高斯分布）

卡尔曼滤波的质量一般受制于三个主要因素：1、由状态方程所描述的动力学系统的模型难以全程精确可靠2、观测方程可能含有观测模型误差3、观测值可能含有非正态分布的异常误差

既然动力学模型和观测模型可能是不精确的，我们考虑对模型进行修正，这里主要有两类方法，每一类又各有几种方法。

第一类是函数模型自适应调节。主要有两种方法，一种是附加参数补偿法，这种方法是在运动信息方程和观测方程中分别添加参数向量以及系数阵。相当于人为修正物理模型。这些参数的选择取决于人们对物理状态的认识，估计它们的基本方法是试错法，一个更加可靠地方法是DIA（探测诊断调节）法，这种方法是先对模型偏差进行假设检验以便发现模型异常误差，然后分析模型误差产生的原因及历元，最后再进行合理补偿。

这种方法侧重于对运动预测和观测两方面函数模型的改进，理想情况下可以大大改进动力模型和观测模型，但是补偿参数本身也会增加滤波方程的解算负担，如果补偿参数过多，可能会导致增广状态方程秩亏。

第二类是多种函数模型选择法，该方法的原理是，基于不同的观测噪声协方差矩阵，去设计多个固定卡尔曼滤波器，这里多个的意义是每一个卡尔曼滤波器的噪声协方差矩阵已知，但是各不相同。 同时建立一个基于输出误差的指标切换函数，用于多个滤波器之间的切换。在每一个采样时刻，通过计算来选择使指标切换函数最小的模型。

除了对函数模型进行补偿以外，还可以通过随机模型的调整来进行补偿，这种补偿主要解决的是在观测精度较高，而动力学模型精度较低，模型输入协方差过小时，导致的滤波发散问题。（由于动力学模型误差协方差的变小，将导致滤波增益减小，滤波增益的减小将降低观测信息对状态参数的贡献 ）

针对该问题，随机补偿法一般有三种实现途径，第一种是在状态方程中考虑模型误差项，但并不直接解算模型误差，而是设置模型误差的协方差阵，进而减弱模型误差的影响。第二种是采用抗差滤波法（抗差方法不太清楚），即对观测异常误差和函数模型异常误差采用控制函数。第三种是DIA法。

重点介绍第一种途径下的附加方差协方差矩阵法和第二种途径的自适应抗差滤波法

附加方差协方差矩阵法的原理是，通过增加预报状态协方差矩阵，相当于降低了预报状态的权矩阵，使得在最终状态参数估计中，降低了预报值的贡献，也就减弱了模型误差的影响。

虚构模型误差法是指通过增加状态参数的不确定性来降低模型误差的影响。但是采用这种方法，必须首先确定输入什么样的虚构误差，这归结为确定模型的误差项的协方差矩阵。（这里不太明白协方差矩阵为什么是这个表达式）而获取它的有效值一般只能通过反复试验来确定。杨院士PPT里提到了一个方法，即首先挑选一个可能的参数误差a（这个a一般是由试验或者经验法则确定的），然后利用动力学方程，计算t时刻由a影响的状态参数的影响项x，则有 feft=xxt

除了虚构模型误差法这样的直接方法，也可以采用间接方法来降低模型信息对导航状态的贡献，即通过增加对最新观测信息的使用。这里的原理是，模型误差本身降低了旧观测信息的价值，因为旧观测信息在相应观测历元Ti已经融入状态参数Xi，而由Xi通过状态转移矩阵一步一步推算到当前观测历元。于是降低了模型信息的使用效能，等价于降低历史观测信息对当前状态参数的影响。

还有一种收舍误差的方法，但是不太清楚

重用最新观测信息最直接的方法就是缩小当前观测的方差或增大历史观测信息的方差，一种经典方法是指数方差膨胀法，即给t1,t2,t3……tk历元的观测向量L的协方差矩阵分别乘e^(tk-t1)/t，其中t为相关长度。

第二种途径是自适应抗差滤波法，这是利用抗差估计原理实现动态系统的自适应滤波