问题描述

我们针对无人机的飞行参数进行估计。首先进行无人机的飞行速度的估计，本文也只介绍速度估计的部分。我用的是大疆 M100 系列无人机，实验场地在刘长春前面的大草原。摄像机放在三脚架上距离地面 1.2m，摄像机的仰角为 20°。编程用 matlab2014a，计算机 4G 内存。

图 1.2

问题分析

通过分析我们不难发现，摄像机镜头中心扫过的直线形成的其实是一个锥面，无人机飞行时间有限，所以我们可以把这个曲面近似看成一个平面去做进一步的研究。

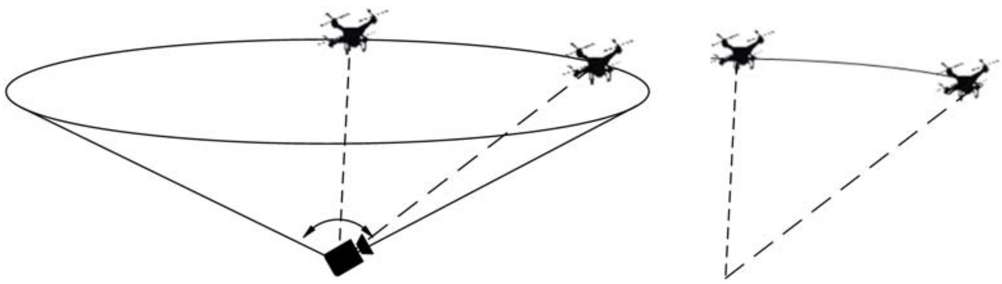

图 2.1

通过展开曲面，我们可以得到一个近似的三角形。其中 O 点是摄像机的位置，A 点为无人机的起始飞行点，B 点是无人机的终止飞行点，P 点是中间任意时刻的点。

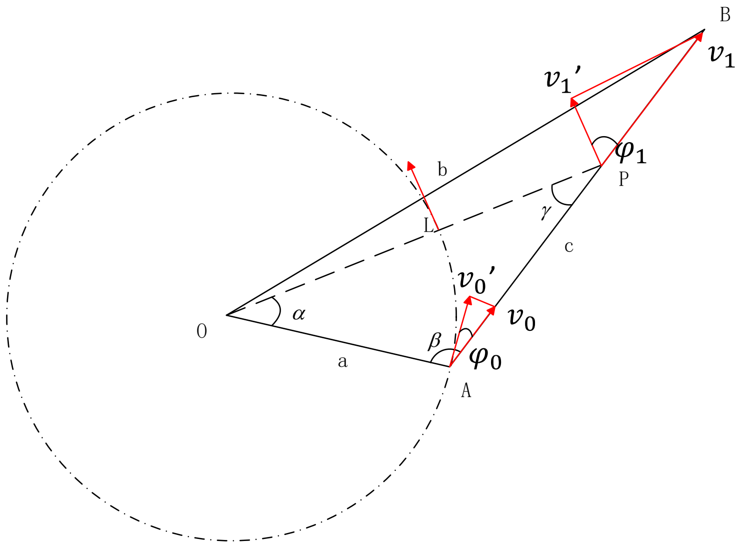

图 2.2

我们在实验场地实地测的三个边的边长，假设 A 点有一动点，随着摄像机的转动沿着圆 O 进行运动，它的速度为v_0'，而此刻的无人机速度为v_0。φ_0是v_0'和v_0的夹角。同理 P 点处的v_1'和φ_1以及v_1。

飞行速度的估计

为了研究问题方便，我们首先假设，摄像机的拍摄是匀速的。所谓匀速就是指α随时间的变化量一定，用时一定的时候角速度便已知。假设时间为 T，对于任意时刻 t 则有：

t=0 存在：

$$\overline{\omega} = \frac{\theta}{T} \tag{3.1}$$

$$\varphi_0 = \beta - \frac{\pi}{2} \tag{3.2}$$

$$v_0 = \frac{v_0'}{\sin\varphi_0} \tag{3.3}$$

$$v_0' = \overline{\omega} \cdot \mathrm{a} \tag{3.4}$$

任意 t 时刻：

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \gamma \tag{3.5}$$

$$\alpha = \overline{\omega} t \tag{3.6}$$

$$\gamma = \pi - \alpha - \beta \tag{3.7}$$

$$L = \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin\gamma} \tag{3.8}$$

进而求得v_1, v_1'：

$$v_1' = \overline{\omega} \cdot L = \overline{\omega} \cdot \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin\gamma} = \overline{\omega} \cdot \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \tag{3.9}$$

$$v_1 = \frac{v_1'}{\cos\varphi_1} = \overline{\omega} \cdot \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin^2(\alpha+\beta)} \tag{3.10}$$

把$\alpha = \overline{\omega}t$代入整理得：

$$v_1' = \overline{\omega} \cdot \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin(\overline{\omega}t+\beta)} \tag{3.11}$$

$$v_1 = \overline{\omega} \cdot \frac{a \cdot \sin\beta}{\sin^2(\overline{\omega}t+\beta)} \tag{3.12}$$

以上的推导都是基于摄像机的旋转的角速度是不变的，当角速度随着时间变化时，我们假设 L 和 a 的夹角随时间有一定的关系，即$\Phi(t)$。

摄像机旋转角速度的估计

所以接下来的问题就是如何去得到$\Phi(t)$。通过建立仿真模型，我们尝试得到$\Phi(t)$的数学模型。

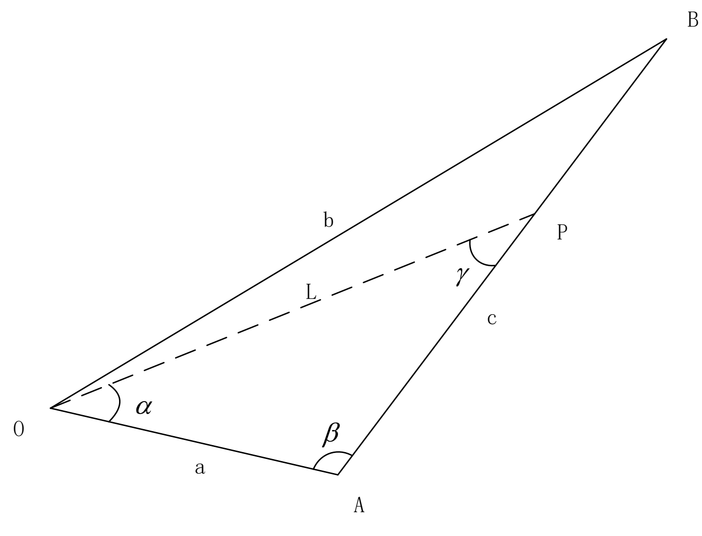

图 4.1

在这个模型中，我们使 P 点实时运动，我们去观测 α 值的变化，得到 $\Phi(\mathrm{t})$ 的仿真数据，它的形状更像饱和模型。

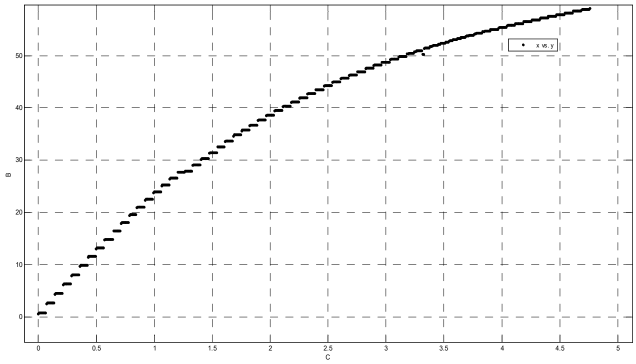

图 4.2

在研究的过程中，我研究了很多饱和函数的模型，有 $y=\dfrac{a}{1+e^{bx+c}}$ 类型的，它得到的结果是：

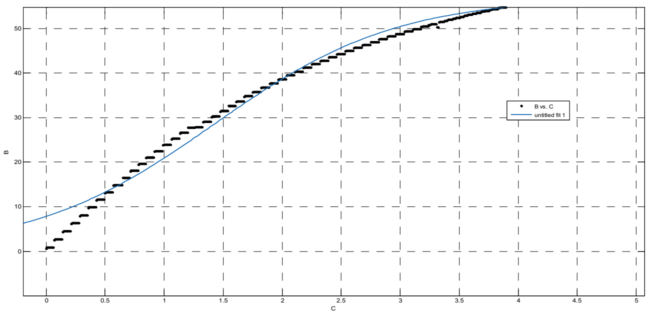

图 4.3

可以看到在原点附近，函数模型和数据偏差非常大，后来我又想到了 $y=a\sqrt[b]{x}+c$ 模型，它的拟合结果是：

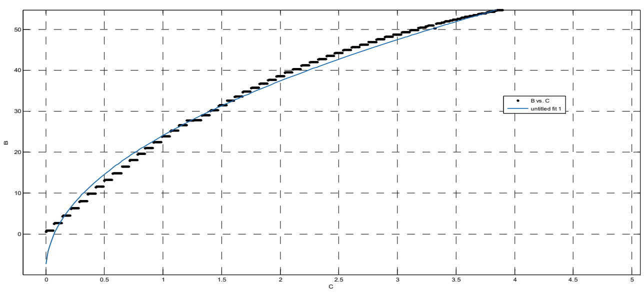

图 4.4

可以看到这个拟合结果除了几个点，基本上都不在拟合曲线上，所以我想到了将两个模型放在一起，即 $y=\dfrac{a}{1+e^{bx+c}}+d\sqrt[e]{x}+f$ ，它的结果是这样的：

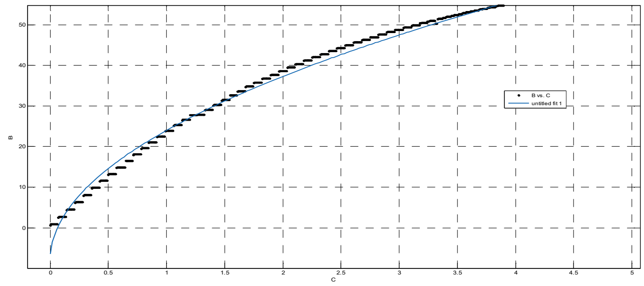

图 4.5

可以明显的看到，偏差非常大。我想到了非常好用的多项式函数，$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ 它的结果是这样的：

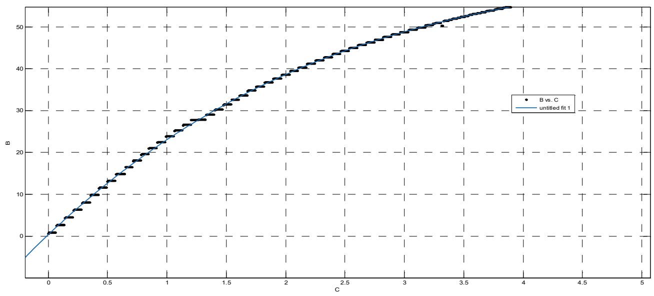

图 4.6

虽然拟合的结果非常好，但是实际上，并不符合实际问题，因为多项式函数的极限是无穷大，而我要拟合的函数是一个饱和的模样，后来看到了一个这样的模型，$y = a + \frac{b}{x+c}$ 它的拟合结果如下：

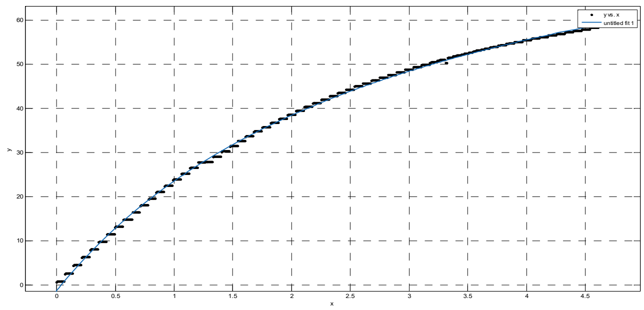

图 4.6

这个结果非常好，经过拟合后，结果为 $y = 98.29 + \frac{-300.3}{x+3.017}$ 到此为止，我们已经得到 $\Phi\left(\mathrm{t}\right)$ 的函数模型。

无人机目标跟踪

以上的推理都是基于摄像机拍摄镜头中心与无人机中心重合，也就是摄像头完美跟踪无人机。

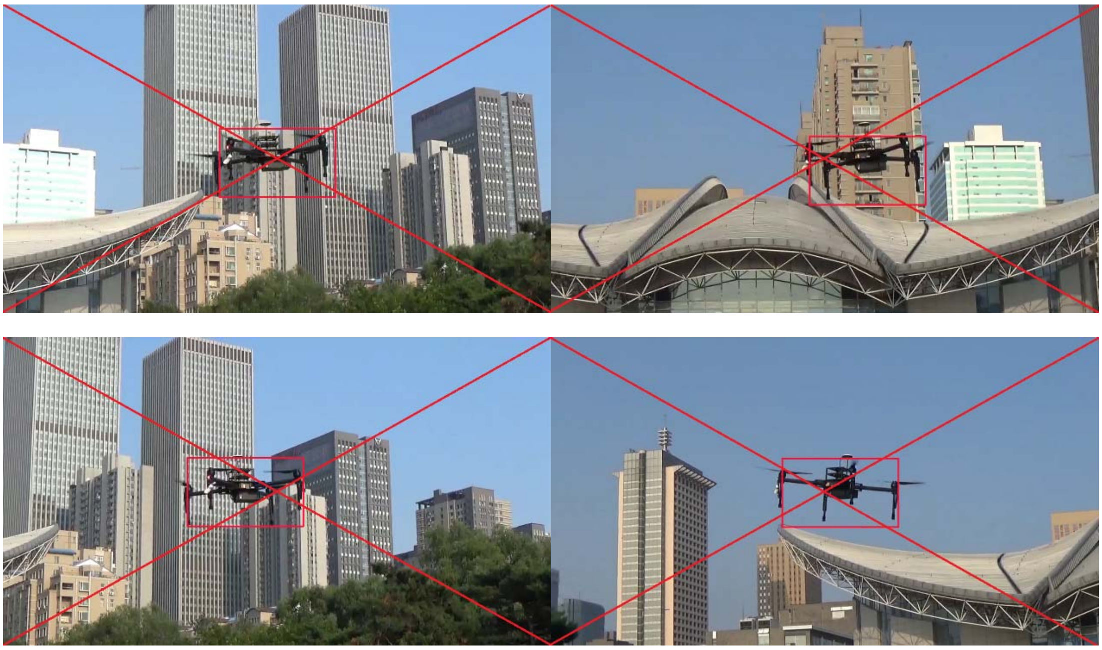

图 5.1

可以看到我们拍摄的无人机并没有完全跟踪到无人机，也就是说，镜头中心没有完全和无人机中心重合。也就是说，我们之前推导的公式中的α角是不准确的，无人机中心和镜头中心有偏差。

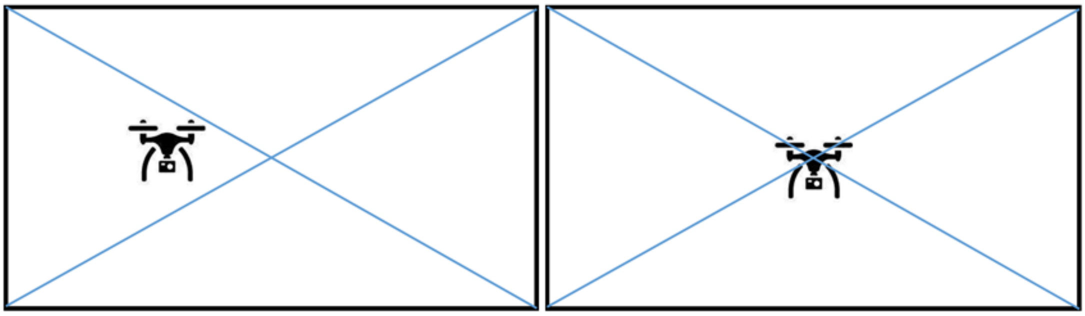

图 5.2

现在的问题是怎么将这个偏差求得，我们的摄像机的视角为 45°，所以我们可以考虑到我们采用的摄像机的视角，我们可以通过偏移量去计算无人机偏差的角度，准确的说是横向和纵向的两个方向，但是为了简化理解与计算，此次汇报展示只进行了横向偏移的计算，纵向的先不考虑。

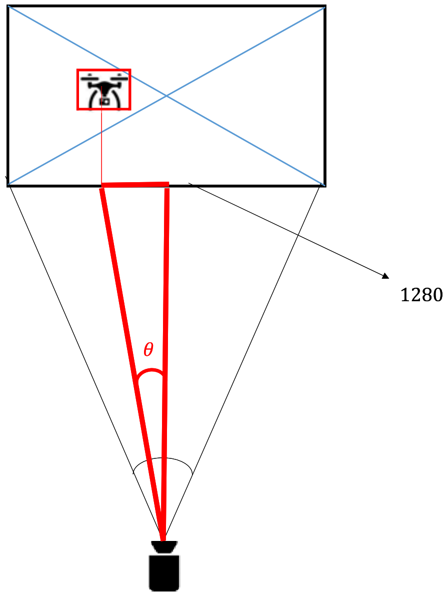

图 5.3

由上面的图可以知道，我们可以求得：

$$\tan\theta = \frac{x}{1545.1}$$

$$\theta = arc\tan\frac{x}{1545.1}$$

综上，我们将所有的问题都解决了。

结论与展望

将所有已知代入得到无人机的速度曲线

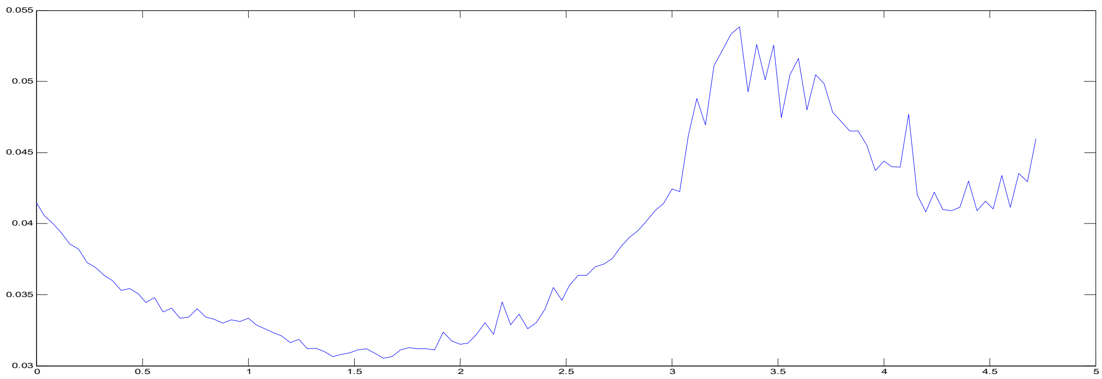

图 5.4

对上结果求数值积分，Path = 11.5739 m 原拍摄位移为 10.4 m 存在一定误差。未来的工作可以考虑以下三个方面：

1. 求无人机中心与相机镜头中心只考虑横向偏移，可以将纵向偏移考虑进去。
2. 无人机的目标跟踪可以进行优化使之更准确。

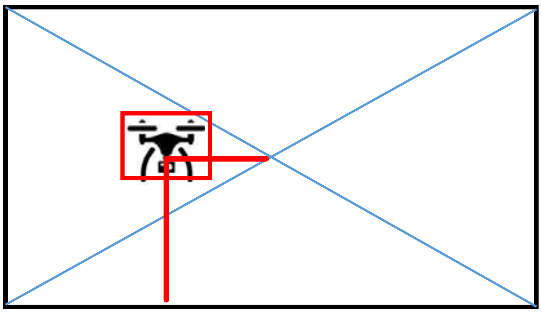

图 5.5

3. 可以考虑将场景识别和地理信息系统考虑进去。

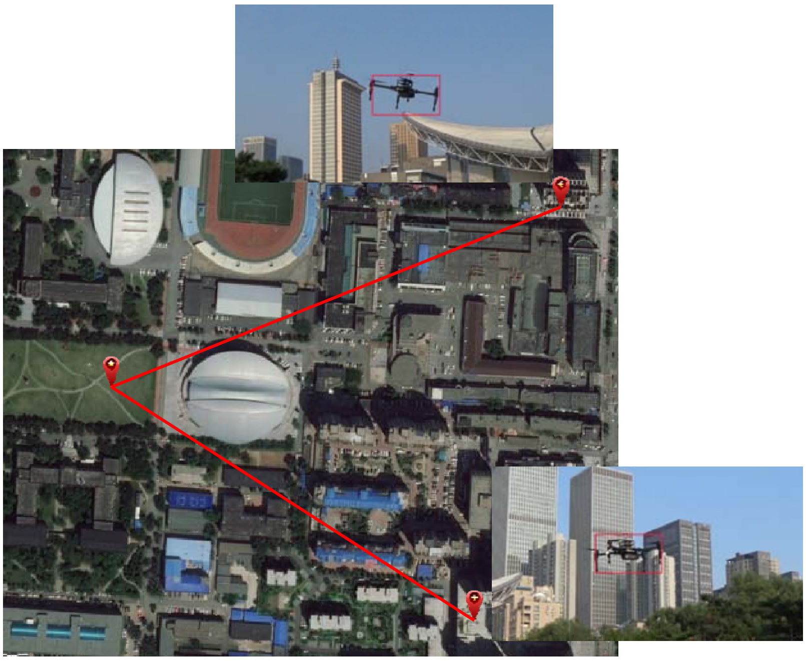

图 5.6