B题：空间一维运动物体标定的方法检验与灵敏性分析

随着物联网、机器人以及无人机的发展与兴起，越来越多的视频数据和图像数据需要处理，这使得视觉计算的地位越来越重要，为了使不同角度的图像具有可比性，图像特征点的匹配、标定以及三维物体重构等显得非常重要，而其中相机标定内外参数起着非常重要的基础作用。

目前的相机或将来的高清相机都已经或即将会采用自动变焦的镜头或通过多镜头随时自动切换来实现软变焦，这使图像越来越清晰，但也对标定带来了挑战，传统的标定方法有Roger Y.Tsai（IBM研究中心）的两步法标定和张正友（腾讯AI实验室主任）的多张照片通过求解单应性矩阵的标定法。Tsai的标定法考虑了径向畸变，但内参数矩阵比正常情形减少了一个变量，然后已知空间7点坐标以及对应的像坐标可以实现一张照片标定，但目前的相机拍摄的照片畸变已经在软硬件方面提前处理得非常理想了，而内参数矩阵应该增加那个非对角的变量才与真实成像模型更为吻合，因而不太适合，而张的标定方法不适合单张照片的标定，因此在自动变焦的环境下需要提出新的标定方法。

我们发现张正友2004年提出的一维运动物体标定方法有很好的改进的地方：将一维物体的多个运动状态对应为一张照片中固定经过某点的多根线段，这样可以实现单幅照片的标定，也达到了内参数矩阵的参数个数为正常的五个。

但我们在仿真分析张的求解时，参数对观测点产生的误差非常灵敏，这直接影响到了我们的应用，发现物坐标中同样长度的一根线端将固定点设定为中点时可以降低误差的灵敏性。

问题1.请根据附件中张正友文献中的方法，将一维物体运动的多个状态对应经过固定点的多条线段的一次成像。假设内外参数和6条线段上对应点的坐标，算出对应像点坐标，并分析物点的运动对像点的灵敏性变化。

问题2.在第一问基础上，由物点坐标和对应像点坐标，结合张正友文献方法反演计算内外参数，并分析当像点发生扰动时对内外参数产生的扰动到底有多大。

问题3.将固定点作为线段的中点，分析前两问的情况。并分析6条线处于或接近文献中描述的糟糕状态时灵敏性会有什么量化的变化？

问题4. 验证一下张正友文献中是否成立（右边范数表示向量模长），若该式成立，是否会影响到计算的精度或思考是否由此能得到简化的标定方式或灵敏性更好的标定方式？

（a）相机成像原理简介：



一个普通镜片的成像一般看做是小孔成像再叠加一个传感器成像，小孔成像时在物体所在的空间有一个坐标系叫世界坐标系，镜头小孔位置有一个坐标系，然后假设镜头所在的相机平面与接收屏幕平行，传感器成像就是拉伸，旋转和平移，结合小孔成像的相机平面到接收屏幕平面的距离对应称为内参数矩阵。

设小孔坐标系对应的在世界坐标系下的坐标为，设小孔在世界坐标系下的坐标为，记，则为外参数矩阵。

设世界坐标系下有一点P，其世界坐标系下坐标为，在小孔坐标系下坐标为，则利用空间解析几何中新旧坐标关系有：



利用为正交矩阵，结合前面记号有



设为相坐标，第3个分量是为了后面表达方便。设f为接收屏幕到小孔所在的相机平面的距离，则利用小孔成像原理有

。

则，

假设传感器成像有

则

所以



引入新记号，上式可以写为



(b).Tsai的两步法相关知识的介绍网址：

https://blog.csdn.net/waeceo/article/details/51024396?utm\_term=%E5%BE%84%E5%90%91%E7%95%B8%E5%8F%98&utm\_medium=distribute.pc\_aggpage\_search\_result.none-task-blog-2~all~sobaiduweb~default-2-51024396&spm=3001.4430