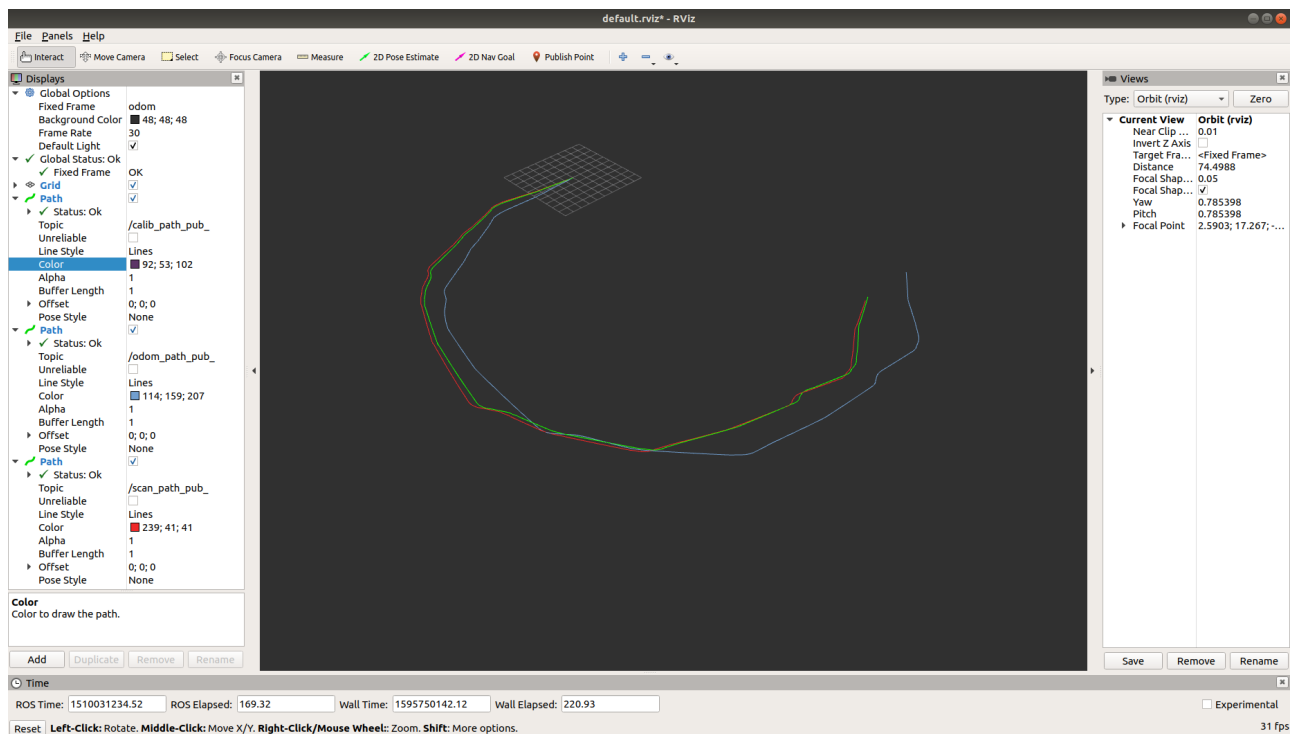


1. 补充直接线性方法的里程计标定模块代码;(6 分)



2. 补充基于模型方法的里程计标定模块代码;(2 分)

```
han ~ 03:57:~$ cd mygit/deepBlueAcademy/
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy$ cd
cd cdbx-edlt-patch cd-create-profile cd-flx-profile cd-lcddump cd-lt8
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy$ cd HW2/
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy/HW2$ ls
examples README.md
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy/HW2$ cd odom_calib/
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy/HW2/odom_calib$ ls
build CMakeLists.txt odom_calib odom_calib.cpp odom.txt scan_match.txt
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy/HW2/odom_calib$ ./odom_calib
221: -8.163886
222: 0.170575
b: 0.59796
r_l: 0.0979974
r_r: 0.101997
参考答案: 轮间距b为0.6m左右, 两轮半径为0.1m左右
han ~ 03:57:~/mygit/deepBlueAcademy/HW2/odom_calib$
```

3. 通过互联网总结学习线性方程组 $Ax=b$ 的求解方法,回答以下问题;(2 分)

(1)对于该类问题,你都知道哪几种求解方法?

(2)各方法的优缺点有哪些?分别在什么条件下较常被使用?

(1) 我知道使用2种方法,一种是线性最小二乘法,另一种是随机梯度下降法;

(2) 线性最小二乘法能保证得到最优解,但随着维度增大,计算越来越困难,而随机梯度下降法在限定迭代次数下不保证能得到最优解,但可以处理维度很大的情况,而且通过超参数可以增快学习速度。在维度低或者使用PCA等降维方法后,可以使用最小二乘法,在维度高的情况下使用随机梯度下降法。

4. 简答题,开放性答案:设计里程计与激光雷达外参标定方法。(2 分)

我们一般把传感器内自身要调节的参数称为内参,比如前面作业中里程计模型的两轮间距与两个轮子的半径。把传感器之间的信息称为外参,比如里程计与激光雷达之间的时间延迟,位姿变换等。请你选用直接线性方法或基于模型的方法,设计一套激光雷达与里程计外参的标定方法,并回答以下问题: (1)你设计的方法

是否存在某些假设?基于这些假设下的标定观测值和预测值分别是什么? (2)如何构建你的最小二乘方程组求解该外参?

(1) 假设观测值和预测值之间存在线性关系,例如位姿变换,预测值为不同时间里程计数据积分的到的机器人坐标值,标定观测值为激光雷达计算得到的机器人位姿势。

(2) 假设:

$$T_R^O = T_L^O * T_R^L \quad \text{公式一}$$

$$T_o^L = \begin{bmatrix} x11 & x12 & x13 \\ x21 & x22 & x23 \\ x31 & x32 & x33 \end{bmatrix} \quad \text{公式二}$$

将旋转矩阵变换成向量形式,即可使用最小二乘方程组求解:

$$\begin{bmatrix} x^o & y^o & \theta^o & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x^o & y^o & \theta^o & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x^o & y^o & \theta^o \\ \dots & & & & & & & & \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x11 \\ \dots \\ x33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^L \\ y^L \\ \theta^L \\ \dots \end{bmatrix} \quad \text{公式三}$$

上下标: O: odom坐标系; L: 激光雷达坐标系; R为机械人每时刻的坐标系.

就由公式一得到的 x11, x12, ..., x33 代入公式二即可得出位姿变换。