

机器人学课程实验指导书

2025-04-18

课程负责人：

仿真实验一 机器人逆运动学分析

一，实验目的：

- 1，熟悉三自由度机械臂的解析解逆解算法；
- 2，掌握雅可比矩阵的概念和矢量积构造法
- 3，熟悉三自由度机械臂的数值解解法和六自由度机械臂的数值解部署；

二，实验任务：

- 1，三自由度机械臂的解析解逆解算法 IK_3DOF_Rob_Lnya.m（40 分）
 - a) 运行三自由度机械臂的逆解程序，参考绘制圆形例程，尝试使用逆解在空间中绘制其他图案或书写汉字。（20 分）
 - b) 机械臂基座发生偏移情况下求解逆解，并填写下表。（20 分）

基座偏移量	末端期望位置	逆解关节角
沿着 z 轴平移 50， 绕着 x 轴旋转-45°	(0, 50, 50)	
沿着 x 轴平移 50， 绕着 x 轴旋转 90°	(20, 50, 110)	

- 2，三自由度机械臂数值解逆解算法 Numerical_Solution_Demo3DoF.m（40 分）
 - a) 运行三自由度机械臂的数值解逆解算法，根据下表期望位置计算并填写对应关节角。（10 分）

末端期望位置	θ_1	θ_2	θ_3
[100, 50, 30]’			
[-100, 80, 120]’			
[70, -100, -70]’			

- b) 修改学习 learning_rate 观察不同学习率对算法速度和收敛过程的影响。（10 分）
- c) 尝试给出一个超出工作空间的期望位置，观察算法输出，思考如何判断超出工作空间，避免算法反复迭代。（10 分）
- d) 对比解析解算法和数值解算法的计算速度(分别计算 1000 次求平均)。（10 分）

实验条件：初始关节角（30，-120，-70）

末端期望位置	θ_1	θ_2	θ_3	解析解时间	数值解时间
[100, -120, 90]'					
[-10, 120, 30]'					
[-140, 10, 60]'					

- 3, 运行机械臂末端微分运动例程 Mov_Jaco_Puma560_Lnya.m。（20 分）
 - a) 理解雅可比矩阵进行微分运动迭代的思路，尝试选取合适的机械臂初始角度分别进行 x, y, z 各轴以及 rpy 各姿态的微分运动。（10 分）
 - b) 尝试利用微分运动实现末端绘制圆圈（不同初始角度），并分析末端运动的误差。（10 分）

- 4, 附加任务：部署数值解解法到 IRB2600 机械臂，实现末端定位定姿；
（10 分）

三，报告要求：

纸质版要求：

- 1, 三自由度机械臂的解析解逆解算法。
 - 写出三自由度机械臂逆解绘图的流程图。绘图过程动画截下动作连环图。
 - 填写 1-b 的表格，并写出基座偏移的齐次变换矩阵，使用齐次变换矩阵公式说明基座偏移后的逆解计算方法及过程。

2, 三自由度机械臂数值解逆解算法。

- 整理三自由度机械臂数值解解法的流程图;
- 运行程序, 填写表 2-a, 并截取对应的机械臂运动仿真图;
- 对比不同的学习率的求解速度和求解过程, 三种以上的学习率, 截取机械臂运动仿真图, 并分析学习率与求解速度的关系。
- 截图并描述超出工作空间求解的现象, 写出如何判断超过工作空间的判断方法, 用公式表述。
- 完成 2-d 的表格, 分析速度差异原因 (注意统计时间不要把画图放进去)。

3, 运行机械臂末端微分运。

- 阅读例程, 使用流程图说明微分运动的动作流程。
- 给出六个自由度的微分运动截图。
- 给出 2 种以上的初始角度的绘制圆圈的运动仿真截图, 并分析微分运动和期望路点间的误差及误差来源。

4, 附加任务。

- IRB2600 微分运动验证仿真截图。
- 三种以上不同期望位姿的 IRB2600 数值逆解迭代过程截图。

5, 心得体会。

电子版要求:

- 报告 pdf 版本;
- 仿真的录屏动画, (附加任务 1 如有完成, 附上录屏动画)

附录：

- 1, 三自由度机械臂数值解 PPT.
- 1, Matlab 统计程序运行时间语句例程

```
tic
clc
close
clear;
for i=1:10000
    x(i)=-100+200*rand;
    y(i)=-100+200*rand;
    z(i)=-100+200*rand;
end
toc

plot3(x,y,z,'r.');
```