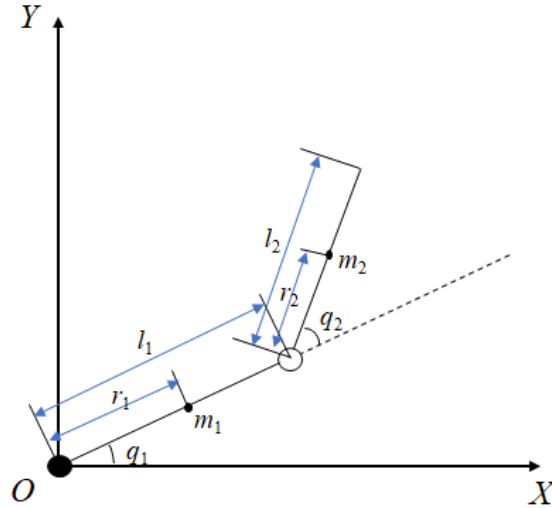


# 神经网络辨识作业

如图所示二自由度机械臂模型（平面俯视图）， $q_1$ 和 $q_2$ 表示机械臂的两个关节角大小。



图中， $m_i$ 、 $l_i$ 、 $r_i$  ( $i=1,2$ )分别为两连杆的质量、连杆长度和质心到相应关节的距离。两个连杆的转动惯量分别为 $I_1$ 和 $I_2$ 。该机械臂动力学方程表示为：

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = \tau \quad (1)$$

$M(q)$ 为惯性矩阵， $C(q, \dot{q})$ 为科氏力和向心力的结合矩阵， $G(q)$ 为重力势能矩阵。 $\tau$ 为驱动力矩的向量。式(1)可写为如下方式：

$$m_{11}\ddot{q}_1 + m_{12}\ddot{q}_2 + c_{11}\dot{q}_1 + c_{12}\dot{q}_2 + g_1 = \tau_1 \quad (2)$$

$$m_{21}\ddot{q}_1 + m_{22}\ddot{q}_2 + c_{21}\dot{q}_1 + c_{22}\dot{q}_2 + g_2 = \tau_2 \quad (3)$$

$\tau_1$ 、 $\tau_2$ 分别为关节 1 和关节 2 的驱动力矩。

定义以下参数：

$$\begin{aligned} h_1 &= m_1 r_1^2 + m_2 l_2^2 + I_1 \\ h_2 &= m_2 r_2^2 + I_2 \\ h_3 &= m_2 l_1 r_2 \\ h_4 &= m_1 r_1 + m_2 l_1 \\ h_5 &= m_2 r_2 \end{aligned} \quad (4)$$

则式(2)和式(3)中的参数可按如下计算：

$$m_{11} = h_1 + h_2 + 2h_3 \cos(q_2)$$

$$m_{12} = m_{21} = h_2 + h_3 \cos(q_2)$$

$$m_{22} = h_2$$

$$c_{11} = -h_3 \sin(q_2) \dot{q}_2$$

$$c_{12} = -h_3 \sin(q_2) (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)$$

$$c_{21} = h_3 \sin(q_2) \dot{q}_1$$

$$c_{22} = 0$$

$$g_1 = h_4 g \cos(q_1) + h_5 g \cos(q_1 + q_2)$$

$$g_2 = h_5 g \cos(q_1 + q_2)$$

式中， $g$ 为重力加速度  $9.8\text{m/s}^2$ 。

假定系统参数如下表所示

$h_1$	0.0308
$h_2$	0.0106
$h_3$	0.0095
$h_4$	0.2086
$h_5$	0.0631

请设计神经网络辨识方案，对该系统进行辨识（系统输入为 $\tau_1$ 、 $\tau_2$ ，输出为 $q_1$ ， $q_2$ ）

参考步骤：

- 1、 利用已知系统得到辨识所需的输入输出数据；
- 2、 通过步骤 1 得到的数据来训练神经网络；
- 3、 对比原系统与神经网络辨识得到的系统是否一致。（给两个系统同样的输入，观察输出是否相同）

（可以利用 Matlab 中的相关工具箱进行仿真）