

神经网络控制作业

1、BP 神经网络系统辨识

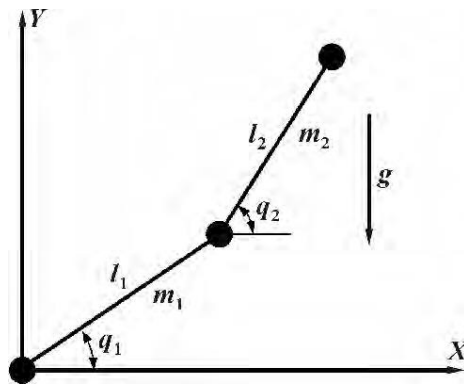
假设系统真实模型为：

$$y(k+1) = \frac{y(k) - y(k-1)}{\sqrt{1 + y(k)^2}} + u(k)^3$$

拟应用 BP 神经网络进行系统辨识，选择串-并联模式，请自行选择网络结构，样本点数并比较不同的结构和样本点数的辨识结果。（BP 算法需自己编程实现，不能使用神经网络工具箱）

2、神经网络控制器设计

如图所示为双关节机械臂简图。



q_1 代表机械臂 1 角位移， q_2 代表机械臂 2 角位移， m_1 代表机械臂 1 的质量， m_2 代表机械臂 2 的质量， l_1 代表机械臂 1 的长度， l_2 代表机械臂 2 的长度， g 代表重力加速度。

两关节机械臂系统（不考虑摩擦力）的动力学方程为：

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

$M(q)$ 代表 $n \times n$ 阶正定惯性矩阵， $C(q, \dot{q})$ 代表 $n \times n$ 阶惯性矩阵， $G(q)$ 代表 $n \times 1$ 阶惯性向量， q 代表关节角位移量， \dot{q} 代表角速度矢量， \ddot{q} 代表角加速度矢量， $\tau_d(q, \dot{q}, t)$ 代表外部干扰矩阵， τ 代表输入控制矩阵。

其中：

$$M(q) = \begin{pmatrix} p_1 + p_2 + 2p_3 \cos q_2 & p_2 + p_3 \cos q_2 \\ p_2 + p_3 \cos q_2 & p_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$C(q, \dot{q}) = \begin{pmatrix} -p_3 \dot{q}_2 \sin q_2 & -p_3 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \sin q_2 \\ p_3 \dot{q}_1 \sin q_2 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$G(q) = \begin{pmatrix} p_4 g \cos q_1 + p_5 g \cos(q_1 + q_2) \\ p_5 g \cos(q_1 + q_2) \end{pmatrix} \quad (4)$$

其中参数 $p_1 = (m_1 + m_2)l_1^2, p_2 = m_2l_2^2, p_3 = m_2l_1l_2, p_4 = (m_1 + m_2)l_1, p_5 = m_2l_2$,
 $l_1 = 1.8m, l_2 = 1.4m, m_1 = 2.7kg, m_2 = 2.1kg, g = 9.8m/s^2$ 。

机械臂期望运动轨迹为 $q_1 = q_2 = 0.8\cos(\pi t)$, 系统初始状态为 $q(0) = (0, 0)^T$ 。请设计神经网络控制方案, 通过控制两个关节的输入力矩 $\tau = (\tau_1, \tau_2)^T$ 使得系统可以按照期望轨迹运动, 分别考虑两种情况:

(1) 在没有外界扰动的情况, $\tau_d(q, \dot{q}, t) = 0$ 。

(2) 在存在外界扰动的情况, $\tau_d(q, \dot{q}, t) = \begin{pmatrix} 30\cos(\pi t) \\ 60\cos(\pi t) \end{pmatrix}$ 。

在 MATLAB 中进行仿真, 给出 q_1, q_2 的实际轨迹与期望轨迹的变化曲线, 以及输入力矩 τ_1, τ_2 的变化曲线。