

利用相关分析法辨识脉冲响应

1 实验目的

通过实验掌握相关分析法的原理和应用。

2 待辨识系统模型

2.1 真实连续系统

$$z(t) = G(s)u(t) + w(t) \quad (1)$$

等价的脉冲响应形式

$$z(t) = \int_0^{\infty} g_0(\tau)u(t-\tau)d\tau + w(t) \quad (2)$$

其中 $G(s)$ 是稳定的传递函数， $w(t)$ 的标准差为 λ 的白噪声。

2.2 真实系统离散化

$$\begin{aligned} z(k\Delta t) &= \sum_{j=1}^{\infty} \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} g_0(\tau)u(k\Delta t - \tau)d\tau + w(k\Delta t) \\ &= \sum_{j=1}^{\infty} \left[\int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} g_0(\tau)d\tau \right] u(k\Delta t - j\Delta t) + w(k\Delta t) \end{aligned} \quad (3)$$

即

$$z(k) = \sum_{j=1}^{\infty} \bar{g}_0(j)u(k-j) + w(k) \quad (4)$$

其中

$$\bar{g}_0(j) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} g_0(\tau)d\tau \quad (5)$$

2.3 仿真模型

在实验中提供 m 文件 Model2009010302.p 来实现 2.1 节和 2.2 节的连续系统和离散化系统的激励响应。m 文件 Model2009010302.p 无法查看源代码，只需要知道其输入输出和调用方式即可。在 matlab 中调用方式如下：

$[z,t,z_k,k]=\text{Model2009010302}(u_M,\Delta t,\lambda)$

其中 2009010302 是每个同学对应的学号， $u_M(u)$ 是系统的激励信号， $t_M(t)$ 是 u_M 序列每个点对应的时刻， $\lambda(\lambda)$ 是白噪声的标准差， $z(z(t))$ 是系统的连续响应， t 是 z 序列每个点对应的时刻。 $z_k(z(k))$ 是离散化系统的输出响应， k 是 z_k 序列每个点对应的时刻。

3 实验步骤

3.1 分析系统的过渡过程时间 T_s

提示：可以对系统进行阶跃响应实验。设计 u_M 是阶跃信号，然后激励系统

$[z,t,z_k,k]=\text{Model2009010302}(u_M,\Delta t,\lambda)$ 获得阶跃响应输出。

3.2 确定 M 序列的参数

M 序列待确定的参数包括：周期 N_p ，时钟节拍 Δt ，幅度 a ，M 序列的总长度 L

可以参考下式进行选择（其中 f_{\max} 给定）

$$\Delta t \leq \frac{1}{3 \cdot f_{\max}}$$
$$N_p = (1.2 \sim 1.5) \cdot \frac{T_s}{\Delta t}$$

3.3 设计 M 序列 u_M

提示：可以设计多个周期的 M 序列。

3.4 采用 M 序列激励系统产生响应

$[z,t,z_k,k]=\text{Model2009010302}(u_M,\Delta t,\lambda)$

其中 u_M 是产生的 M 序列， $\Delta t(\Delta t)$ 是 M 序列的时钟节拍， $\lambda(\lambda)$ 是白噪声的标准差， z 是连续系统的响应， t 是 z 序列每个点对应的时刻。 z_k 是离散化系统的响应， k 是 z_k 序列每个点对应的时刻。

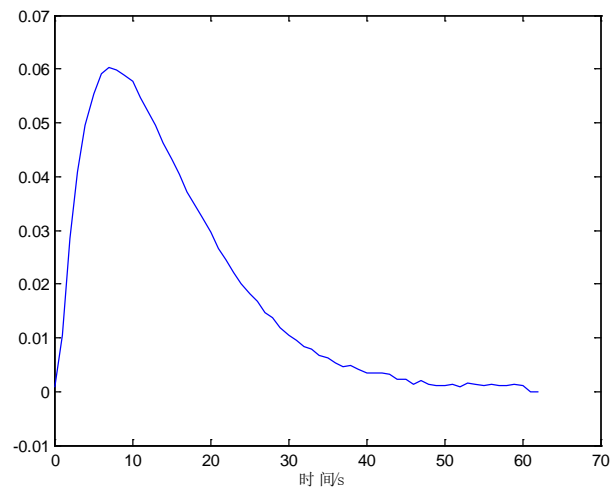
3.5 根据相关分析法辨识连续系统和离散化系统的脉冲响应

4 实验报告要求

4.1 给出分析系统的过渡过程时间 T_s 的过程和结果

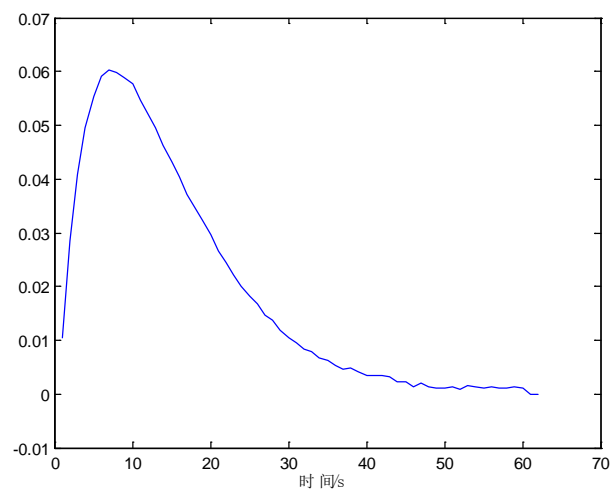
4.2 辨识得到连续系统的脉冲响应 $\hat{g}_0(t)$

假设系统没有干扰噪声。需要给出所得到的 $\hat{g}_0(t)$ 和相应的时间时刻 t ，并用画图 $\text{plot}(t, \hat{g}_0(t))$ ，比如给出如下的脉冲响应曲线



4.3 辨识得到离散化系统的脉冲响应 $\hat{g}_0(k)$

假设系统没有干扰噪声。需要给出所得到的 $\hat{g}_0(k)$ 和相应的时间时刻 k ，并用画图 $\text{plot}(k, \hat{g}_0(k))$ ，比如给出如下的脉冲响应曲线。



说明：在离散化的系统中是可以不需要准确的时间 t ，只需要知道当前的采样是第 k 次采样

即可。但在本实验中，给出的时刻 k 是包含采样时间的（即 $k = [0\Delta t \quad 1\Delta t \quad \cdots \quad L\Delta t]$ ），主要的目的是保证辨识得到的脉冲响应曲线也是包含时间信息的，这样方便与辨识连续系统的脉冲响应对比。

4.4 在不同的噪信比的条件下给出 4.2 和 4.3 的结果

至少选择三种不同的噪信比，需要能够反映不同噪信比下的脉冲响应的变化趋势。

噪信比 $\eta = \frac{\sigma(w)}{\sigma(z_0)}$ 。其中 z_0 是系统无噪声的真实输出。

Matlab 中可以参考 std 函数。

具体操作：

1. 令 $\lambda = 0$ ，采用激励信号 u_M ，得到无噪声的真实输出 z_0 ，采用 matlab 的 std 函数来得得到 $\sigma(z_0)$
2. 当 $\lambda = \lambda_1$ ，采用同样的激励信号 u_M ，得到有噪声的输出 z_1
3. 计算 $\eta = \frac{\sigma(w)}{\sigma(z_0)} \approx \frac{\lambda_1}{\sigma(z_0)}$

4.5 分析 M 序列的周期 N_p 、时间间隔 Δt 、幅度 a ，以及 M 序列的总长度 L 对脉冲响应辨识的影响

说明：所有的曲线图的横坐标必须标明时间，单位 s

5 实验提交要求

文件夹 1：以学号命名

文件夹 1 中包含实验报告(word 格式)：以“学号_姓名”命名

文件夹 1 中包含文件夹 2：以“程序”命名

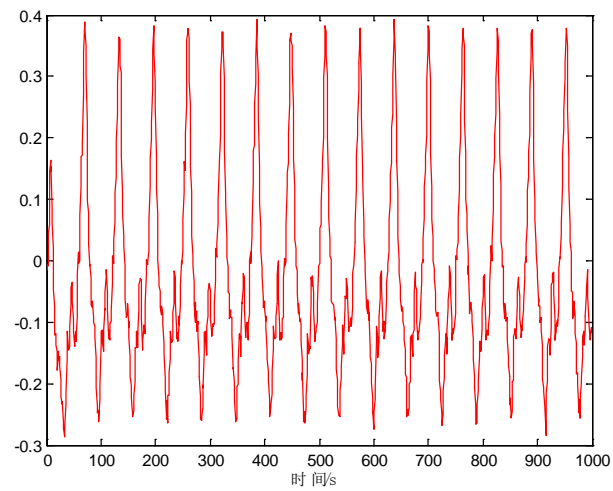
文件夹 2 中包含 m 文件，以 work.m 命名。要求 work.m 必须可以直接点击运行的，work.m 需要的其他相关的文件和数据可以放到文件夹 2 中，详情参考 WorkPresent.m。

最后对文件夹 1 打包上传网络学堂作业中。

附：matlab 画图说明

连续系统对输入序列的响应 z 和对应的时刻 t

比如可以用命令 `plot(t,z,'r');``xlabel('时间/s')`，得到下图



需要说明的是：在本实验中连续的输出响应也是根据输入的 M 序列的时钟节拍进行采样得到。

离散化系统对输入序列的响应 z_k 和对应的时刻 k

比如可以用命令 `plot(k,z_k,'g');``xlabel('时间/s')`，得到下图

