

系统辨识简介

系统辨识基本概念

邢超

<SI.1>

1 主要内容

课程学习内容

- 系统辨识目的
- 辨识的方法
- 辨识的具体步骤

如何学习：

- 学习该课程是做什么的？
- 主要解决什么问题？
- 有哪些方法？
- 每种方法的优缺点、适用范围？

<SI.2>

2 系统辨识的基本概念

系统辨识的地位和目的

控制理论 经典控制理论、现代控制理论、智能控制理论

经典控制 应用时域法、根轨迹法、频域法，设计被控对象的控制器。

现代控制 线性系统理论、最优控制理论和最优估计理论等。

智能控制 神经网络、专家系统及人工智能。

<SI.3>

线性系统理论

现代控制的基础，主要解决系统的模型描述和基础知识。即线性系统一般可描述为：

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1)$$

$$y = Cx + Du \quad (2)$$

最优控制 解决在某一性能指标约束下，如何解算最优输入 $u(t)$ ；

最优估计 主要解决状态变量 X 的估计和预测。

<SI.4>

系统辨识目的

- 上述问题解决的先决条件：
 - 模型中的 A、B、C、D 已知。
 - 亦即系统的结构和参数已知，
 - 也就是要知道系统的传递函数、或是脉冲传递函数、或是差分方程、或是系统的频率特性。
- 那么，如何获取系统的结构和参数？
- 系统辨识目的：如何获取系统的模型及其参数？

<SI.5>

3 系统的模型描述

系统的模型定义与特点

模型定义 系统的本质的部分信息简缩成的一种有用的描述形式。

模型特点

- 同一系统有多个模型描述；
- 同一模型可以反映不同的实际系统；
- 模型的精确度与复杂度。

<SI.6>

模型表示形式

- 直觉模型
- 物理模型
- 图表模型
- 数学模型。

其中，图表模型为非参数模型，数学模型为参数模型。

<SI.7>

数学模型分类

时域

- 微分方程
- 差分方程
- 状态方程

复域

- 传递函数
- 脉冲传递函数

频域

- 频率特性
- 描述函数

<SI.8>

系统辨识中的模型

系统辨识获取系统的非参数模型和参数模型。

非参数模型

- 频率特性曲线
- 脉冲响应曲线

参数模型

- 差分方程
- 传递函数
- 脉冲传递函数

模型转换

- 参数模型间可以相互变换；
- 非参数模型可以变换为参数模型。

<SI.9>

4 数学模型的建立方法和原则

模型建立方法

- 理论分析方法：本科阶段已学
- 实验测试法：利用系统输入/输出数据，建立系统的数学模型。系统辨识采用该方法。

<SI.10>

建模原则

- 模型的使用目的明确；
- 物理概念清楚；
- 辨识具有无偏性和一致性；
- 符合节省原理。需辨识参数数目要少。

<SI.11>

5 系统辨识流程与分类

系统辨识定义

- 定义：在系统输入和输出数据基础上，从一组给定的模型类中，确定一个与所测系统等价的模型。
- 系统辨识三要素：数据、模型类与准则。
 - 数据：记录的输入/输出数据，往往含有噪声；
 - 模型类：选定模型；
 - 准则：亦即代价函数，通常为误差准则。

<SI.12>

系统辨识一般流程

系统辨识分为模型结构辨识和模型参数辨识。其一般流程为：

- 明确所辨识系统模型的使用目的；
- 预选待辨识系统的数学模型种类；
- 进行辨识的实验设计，记录 I/O 数据；
- 数据预处理，野点剔除；
- 模型结构辨识，辨识系统阶次 n ；
- 选择参数估计方法，辨识系统其它参数；
- 模型验证。

本课程重点：参数估计方法

<SI.13>

系统辨识分类

- 线性系统辨识和非线性系统辨识；
- 集中参数辨识和分布参数辨识；
- 系统结构参数辨识和系统参数辨识；
- 经典辨识和近代辨识；
- 开环系统辨识和闭环系统辨识；
- 离线辨识和在线辨识。

<SI.14>

离线辨识

- 过程：系统模型及阶次 n 选定后，记录下系统全部的 I/O 数据，然后再用参数估计方法，辨识系统的模型参数。
- 特点：需存储数据量大，计算量大，辨识精度较高。事后数据处理方法，不能用于实时控制系统。

<SI.15>

在线辨识

- 过程：系统模型及阶次 n 选定后，先获取一小部分数据，估计系统模型参数，再获取新的 I/O 数据，采用递推修正算法获得新的参数估计值，重复上述过程，直至系统运行停止。
- 特点：数据量小，计算量小，辨识精度稍低。是一种在线数据处理方法，用于实时控制系统。

<SI.16>

6 系统辨识误差准则

系统辨识误差准则

误差准则通常被表示为误差的泛函

$$J(\theta) = \sum_{k=1}^N f(\varepsilon(k)) \quad (3)$$

$\varepsilon(k)$ 为模型与实际系统的误差，可以是输出误差或输入误差，也可以是广义误差。一般函数 f 取为误差平方：

$$f(\varepsilon(k)) = \varepsilon^2(k) \quad (4)$$

- 输入误差 $\varepsilon(k) = u(k) - u_m(k) = u(k) - S^{-1}[y_m(k)]$
- 输出误差 $\varepsilon(k) = y(k) - y_m(k)$

本课程均采用输出误差。

<SI.17>

7 思考

思考

- 系统辨识与其它课程的关系？
- 如何学习系统辨识？

<SI.18>