

系统辨识

课程编号： 03112406

课程中文名称：系统辨识

课程英文名称：System Identification

课程性质：专业核心课程

开课对象：学术型硕士研究生

适用学科：控制科学与工程

开课学期：秋季（第 1 周）

学分/学时：3/48

先修课程：自动控制原理、线性系统，数理统计

建议后续课程：智能控制理论

执笔人：刘金琨、沈晓蓉、赵龙 课程负责人：刘金琨 核准院长： 王磊

一、课程的性质、目的和任务

课程性质：本课程是自动化科学与电气工程学院硕士研究生专业核心课。

目的：使学生掌握系统辨识的基本理论、设计方法和分析方法。

任务：通过教学，使得学生系统掌握系统辨识的基本原理、特点和应用前景，具备定性分析、定量估算和 Matlab/Simulink 仿真的能力，并了解系统辨识的部分前沿热点问题。

二、课程内容、基本要求及学时分配

第一章 绪论（2 学时）

- 1.1 建立数学模型的基本方法
- 1.2 系统辨识的定义
- 1.3 系统辨识的研究目的
- 1.4 数学模型的分类
- 1.5 几种常见的数学模型的数学表示
- 1.6 系统辨识常用的误差准则
- 1.7 系统辨识的分类
- 1.8 辨识的内容和步骤
- 1.9 系统辨识方法

1.10 系统辨识方法分类

基本要求：了解系统辨识的基本概念和发展过程，理解系统辨识特点和重要分支，熟悉系统辨识的应用领域。

第二章 系统辨识常用输入信号（6 学时）

2.1 系统辨识对输入信号的要求

2.2 系统辨识常用的输入信号

2.3 M 序列的产生及其性质

基本要求：了解系统辨识对输入信号的要求，掌握系统辨识常用的输入信号，掌握 M 序列的产生及其性质。

第三章 最小二乘参数辨识方法及应用（6 学时）

3.1 最小二乘法

3.2 加权最小二乘法

3.3 递推最小二乘法

3.4 递推阻尼最小二乘法

3.5 增广最小二乘法

3.6 广义最小二乘法

3.7 辅助变量最小二乘法

3.8 多变量系统的最小二乘法

基本要求：熟练掌握最小二乘参数辨识方法的基本原理和设计方法，掌握几种最小二乘参数辨识算法的分析方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

第四章 极大似然参数辨识方法（6 学时）

4.1 引言

4.2 极大似然参数估计的原理及性质

4.3 动态系统参数的极大似然参数估计

4.4 Newton-Raphson 法应用于极大似然参数估计求解

4.5 递推的极大似然估计

基本要求：熟练掌握极大似然参数辨识方法的基本原理和设计方法，学会动态系统参数极大似然估计的分析和设计方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

第五章 传递函数的时域和频域辨识（4 学时）

5.1 传递函数辨识的时域法

5.2 传递函数的频率辨识

5.3 线性系统开环传递函数的辨识

5.4 闭环系统传递函数的辨识和前馈控制

基本要求：熟练掌握传递函数的时域和频域辨识的基本原理和设计方法，学会时域和频域辨识进行参数估计和分析的基本方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

第六章 神经网络辨识及其应用（4 学时）

6.1 神经网络理论基础

6.2 BP 网络辨识

6.3 BP 网络逼近

6.4 基于数据的 BP 网络离线建模

6.5 基于模型的 BP 网络李先建模

6.6 RBF 网络的逼近

6.7 基于未知项在线建模的 RBF 网络自校正控制

6.8 Hopfield 网络辨识

6.9 RBF 网络建模应用-自适应神经网络控制

基本要求：熟练掌握 BP 神经网络、RBF 神经网络和 Hopfield 神经网络辨识的基本原理和设计方法，掌握基于神经网络辨识的控制器设计和分析方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

第七章 模糊系统辨识（4 学时）

7.1 模糊系统的理论基础

7.2 基于 Sugeno 模糊模型的建模

7.3 模糊逼近

7.4 模糊系统建模应用-自适应模糊控制

7.5 模糊 RBF 网络的在线逼近

7.6 模糊 RBF 网络的数据建模

基本要求：熟练掌握模糊系统辨识的基本原理和设计方法，掌握 Sugeno 模糊模型建模和模糊逼近的基本原理，学会基于模糊逼近的模糊控制器设计和分析方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

第 8 章 智能优化算法辨识（4 学时）

8.1 遗传算法

8.2 遗传算法求函数极大值

8.3 粒子群优化算法

8.4 基于粒子群算法的函数优化

8.5 基于粒子群算法的非线性系统参数辨识

8.6 差分进化算法

8.7 基于差分进化算法的非线性系统参数辨识

基本要求：熟练掌握遗传算法、粒子群优化算法和差分进化算法的基本原理和设计方法，学会智能优化算法进行参数辨识的设计和分析方法，并能够熟练使用 **Matlab** 进行仿真验证。

第 9 章 智能辨识算法在机械手和飞行器中的应用（4 学时）

9.1 机械手参数辨识

9.2 柔性机械手动力学模型物理参数粒子群辨识

9.3 飞行器纵向模型物理参数粒子群辨识

9.4 VTOL 飞行器参数辨识

9.5 四旋翼飞行器建模与参数辨识

基本要求：熟练掌握几种智能优化算法在机械手和飞行器中应用的设计方法，并能够熟练使用 **Matlab** 进行仿真验证。

第 10 章 智能辨识算法在控制系统中的应用（4 学时）

10.1 控制系统的摩擦现象

10.2 基于粒子群算法的运动控制系统摩擦参数辨识

10.3 基于粒子群算法的摩擦模型参数在线辨识及 PD 控制

基本要求：熟练掌握几种智能优化算法在控制系统中应用的设计方法，并能够熟练使用 **Matlab** 进行仿真验证。

第 11 章 微分器的信号提取及参数辨识（2 学时）

11.1 基于微分器的微分信号提取

11.2 基于微分器的差分进化参数辨识

基本要求：熟练掌握微分器算法在系统辨识中应用的设计方法，并能够熟练使用 **Matlab** 进行仿真验证。

第 12 章 集员辨识理论及应用（2 学时）

12.1 集员辨识的定义及发展

12.2 集员辨识意义

12.3 集员辨识的数学描述

12.4 集员辨识主要算法

12.5 基于向量回归的集员估计

基本要求：熟练掌握集员辨识理论在系统辨识中应用的设计方法，并能够熟练使用 Matlab 进行仿真验证。

三、教学方法

本课程以课堂讲授为主、课外习题和阅读文献为辅。

四、课内外教学环节及基本要求

本课程以课堂讲授为主、课外阅读文献练习为辅。课堂讲授着重使学生掌握本课程的基本概念、思想和分析方法，注重培养学生分析问题和解决问题的能力。在课堂讲授过程中，既要保持理论的连续性，又要注意联系最新研究成果。习题内容的选择是与课程紧密相关的参考文献，通过对文献的阅读和理解，培训学生阅读英文文献以及对前沿热点问题掌握和分析的能力。

五、考核方式及成绩评定

考核方式：平时成绩+期末闭卷考试。

成绩评定：采用百分制，平时成绩占 20%，期末闭卷考试成绩占 80%。

六、教材和参考资料

教材：

[1] 刘金琨，沈晓蓉，赵龙，系统辨识理论及 Matlab 仿真，电子工业出版社，2020，第二版。

参考资料：

[1] 刘金琨，智能控制，电子工业出版社，2017，第 4 版。

[2] 刘金琨，机器人控制系统的设计与 Matlab 仿真-基本设计方法，北京：清华大学出版社，2016 年 12 月。

[3] 刘金琨，机器人控制系统的设计与 Matlab 仿真-先进设计方法，北京：清华大学出版社，2017 年 9 月。