

智能控制理论

课程编号： 03113102

课程中文名称：智能控制理论

课程英文名称：Intelligent Control Theory

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：春季

学分/学时：3 学分/48 学时

先修课程：自动控制原理

建议后续课程：

执笔人：刘金琨、杨凌宇、王陈亮 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：使学生掌握智能控制的基本理论、设计方法和分析方法。

任务：通过教学，使得学生系统掌握神经网络、模糊逻辑、学习控制和遗传算法的基本原理、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，并了解智能控制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（1 学时）

1.1 智能控制的发展过程和重要分支（0.5 学时）

1.2 智能控制的研究工具及应用（0.5 学时）

基本要求：了解智能控制的提出、发展过程和基本概念，熟悉智能控制特点和几个重要分支，了解智能控制的应用领域。

第二章 神经网络理论基础（2 学时）

2.1 神经网络原理、分类和学习算法（1 学时）

2.2 典型神经网络（1 学时）

基本要求：了解神经网络发展简史，理解神经网络的基本原理以及前向网络、反馈网络和自

组织网络三种形式，理解 Hebb 学习规则和 Delta 学习规则，掌握单神经元网络、BP 神经网络、RBF 神经网络和 Hopfield 神经网络的原理和特点。

第三章 神经网络控制（9 学时）

3.1 一阶系统神经网络控制（1 学时）

3.2 二阶系统神经网络控制（0.5 学时）

3.3 输出受限系统的神经网络控制（1.5 学时）

3.4 输入受限系统的神经网络控制（1.5 学时）

3.5 自适应神经网络容错控制（1.5 学时）

3.6 机械手自适应神经网络控制（1.5 学时）

3.7 欠驱动机械系统神经网络控制（1.5 学时）

基本要求：熟练掌握 RBF 等典型神经网络在控制器设计中的应用，能够结合滑模控制和神经网络熟练设计控制器并构造合适的准 Lyapunov 函数进行闭环系统稳定性分析，能够利用神经网络处理基本的输出受限、输入受限、执行机构故障、欠驱动等问题，能够熟练使用 Matlab/Simulink 进行仿真验证。

第四章 先进神经网络控制（4 学时）

4.1 三阶非线性系统反演控制（1 学时）

4.2 三阶非线性系统动态面控制（1 学时）

4.3 基于 RBF 网络的三阶非线性系统反演控制（1 学时）

4.4 基于 RBF 网络的三阶非线性系统动态面控制（1 学时）

基本要求：掌握非线性系统反演控制的基本思想和设计方法，理解反演控制的优缺点以及如何利用动态面技术克服反演控制的“微分爆炸”问题，在此基础上能够熟练结合 RBF 网络设计反演/动态面智能控制器并证明闭环系统稳定性。

第五章 模糊控制的理论基础（4 学时）

5.1 模糊逻辑控制概述（1 学时）

5.2 模糊集合及其运算（1 学时）

5.2 模糊关系与模糊推理（2 学时）

基本要求：掌握模糊集合的表示、模糊集合的基本运算及运算性质，掌握典型隶属函数的特点，理解模糊关系及其运算和模糊推理。

第六章 模糊逻辑控制（8 学时）

6.1 模糊控制的结构与组成（0.5 学时）

6.2 模糊化、模糊推理、知识库和清晰化的具体设计方法（1.5 学时）

6.3 模糊控制应用实例-洗衣机的模糊控制（1 学时）

6.4 模糊自适应整定 PID 控制（1 学时）

6.5 间接自适应模糊控制（2 学时）

6.6 直接自适应模糊控制（2 学时）

基本要求：理解模糊控制器的组成和工作原理，掌握典型模糊控制器的设计过程和 Matlab 仿真，掌握间接和直接自适应模糊控制系统的闭环稳定性分析方法。

第七章 基于 T-S 模糊建模的控制（4 学时）

7.1 非线性系统的 T-S 模糊建模（1 学时）

7.2 基于极点配置的倒立摆 T-S 模糊控制（1 学时）

7.3 基于 LMI 的倒立摆 T-S 模糊控制（2 学时）

基本要求：掌握基于 Takagi-Sugeno 模糊逻辑系统的非线性系统建模方法，并能熟练结合极点配置和 LMI 方法进行控制器设计。

第八章 迭代学习控制（6 学时）

8.1 迭代学习控制的数学基础与方法介绍（1 学时）

8.2 线性系统迭代学习控制（1 学时）

8.3 任意初始状态下的迭代学习控制（1 学时）

8.4 机械手自适应迭代学习控制（1.5 学时）

8.5 移动机器人轨迹跟踪迭代学习控制（1.5 学时）

基本要求：理解学习控制的基本概念和原理，掌握线性系统和典型非线性系统的迭代学习控制器设计和收敛性分析方法，掌握任意初始状态下的迭代学习控制。

第九章 智能优化算法（6 学时）

9.1 遗传算法的基本原理（1 学时）

9.2 基于遗传算法的函数优化（0.5 学时）

9.3 粒子群优化算法的基本原理（1 学时）

9.4 基于粒子群算法的函数优化（0.5 学时）

9.5 标准差分进化算法的基本流程和参数设置（1.5 学时）

9.6 基于差分进化算法的函数优化（0.5 学时）

9.7 基于差分进化最优轨迹规划的 PD 控制（1 学时）

基本要求：了解遗传算法、粒子群优化算法和差分进化算法的特点与应用领域，掌握遗传算

法、粒子群优化算法和差分进化算法基本原理和算法流程，掌握基于差分进化最优轨迹规划的 PD 控制方法。

第十章 智能优化算法在参数辨识中的应用（4 学时）

10.1 柔性机械手动力学模型参数辨识（1 学时）

10.2 飞行器纵向模型参数辨识（1 学时）

10.3 VTOL 飞行器参数辨识（1 学时）

10.4 四旋翼飞行器参数辨识（1 学时）

基本要求：熟悉柔性机械手和几类飞行器的动力学模型，能够熟练运用粒子群算法和差分进化算法进行模型参数辨识。

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。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。

四、 课内外教学环节及基本要求

课内教学总计 48 学时，具体教学内容和学时安排见第二部分，课内教学着重使学生掌握智能控制理论的基本概念、思想和分析方法，培养学生分析问题和解决问题的能力。课外教学中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。要求学生课前做好预习，了解相关的基本概念，课后要整理课堂案例问题的解决过程并提炼关键技术，自主推导课堂涉及的智能控制算法。

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，智能控制—理论基础、算法设计与应用，清华大学出版社，2019。

参考资料：

[1] 刘金琨，智能控制（第 4 版），电子工业出版社，2017。

[2] 蔡自兴，智能控制原理与应用（第 2 版），清华大学出版社，2014。

- [3] 刘金琨, RBF 神经网络自适应控制 Matlab 仿真, 清华大学出版社, 2014。
- [4] 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, 2013。
- [5] 刘金琨, 机器人控制系统的设计与 Matlab 仿真-基本设计方法, 清华大学出版社, 2016。
- [6] 刘金琨, 机器人控制系统的设计与 Matlab 仿真-先进设计方法, 清华大学出版社, 2017。
- [7] Jinkun LIU, RBF Neural Network Control for Mechanical Systems_Design, Analysis and Matlab Simulation, Tsinghua & Springer Press, 2013.
- [8] Jinkun LIU, Intelligent Control Design and MATLAB Simulation, Tsinghua & Springer Press, 2017.