

## 0811 控制科学与工程一级学科研究生核心课程指南

## 01 现代控制理论

## 一、课程概述

现代控制理论是控制科学与工程学科的核心课程。区别于经典控制论,现代控制理论以状态空间模型为基础,主要研究系统内部状态的运动规律,介绍系统控制分析与综合的基本方法和理论。要求掌握有关的状态空间描述、传递函数矩阵描述、运动分析、能控能观性分析、稳定性分析、极点配置、反馈镇定、状态观测器综合设计以及鲁棒控制基础。

## 二、先修课程

矩阵分析,常微分方程。

## 三、课程目标

通过本课程的理论学习,使学生系统掌握控制系统的基本概念、基本原理以及典型的系统分析和综合设计方法,同时加强学生在系统理论基础方面的基本训练,提高学生运用系统分析基本方法和技巧来解决科研中所遇问题的意识和能力。

## 四、适用对象

控制科学与工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

## 五、授课方式

以课堂讲授为主,结合课堂讨论、课后上机实践。

在教学过程中,采用启发式、交互式教学方法,注意知识背景的介绍,从工程实际或常见物理系统出发引出抽象概念。

利用多媒体教学课件为主,课堂板书为辅的教学形式。增加教学信息,关键核心证明通过板书可与学生进行深度交流。

现代控制理论中的一些计算难以手工完成,引入 MATLAB 等先进的计算语言,使书本上的理论知识与工程实例有机地联系起来。给学生布置一些应用 MATLAB 的习题作业,有利于提高学生的兴趣,培养学生应用计算机辅助分析和设计实际控制系统的综合能力。

## 六、课程内容

## 模块一 绪论

1. 课程简介:现代控制理论的发展历程
2. 线性系统研究背景及意义的简介:系统的定义及分类;线性系统的主要内容
3. 预备知识介绍:矩阵论基本知识回顾;系统及范数的定义和计算

## 模块二 线性系统的状态空间描述

1. 状态和状态空间
2. 由系统输入输出描述导出状态空间描述
3. 线性时不变系统的特征结构
4. 线性时不变系统的传递函数矩阵
5. 线性系统在坐标变换下的特性

## 模块三 线性系统的运动分析

1. 连续时间线性时不变系统的运动分析
2. 连续时间线性时不变系统的状态转移矩阵
3. 连续时间线性时不变系统的脉冲响应矩阵
4. 连续时间线性时变系统的运动分析
5. 连续时间线性系统的时间离散化
6. 离散时间线性系统的运动分析

## 模块四 线性系统的能控性和能观性

1. 能控性和能观性的定义
2. 连续时间线性时不变系统的能控性判据
3. 连续时间线性时不变系统的能观性判据
4. 连续时间线性时变系统的能控性和能观性判据
5. 离散时间线性系统的能控性和能观性判据
6. 能控和能观的对偶性
7. 离散化线性系统保持能控性和能观性的条件
8. 能控规范形和能观规范形:单输入单输出情形
9. 连续时间线性系统的结构分解

## 模块五 线性系统的稳定性

1. 外部稳定性和内部稳定性
2. 李亚普诺夫意义下运动稳定性的一些基本概念
3. 李亚普诺夫第二方法的主要定理
4. 连续时间线性系统的状态运动稳定性判据

## 模块六 线性系统的时间域综合

1. 状态反馈和输出反馈
2. 状态反馈极点配置:单输入情形、多输入情形
3. 状态反馈镇定

4. 全维状态观测器
5. 降维状态观测器
6. 基于观测器的状态反馈控制系统的特性

#### 模块七 线性二次型最优控制与系统输入输出解耦

1. 线性二次型最优控制问题描述
2. 有限时间调节问题
3. 无限时间调节问题
4. 系统的输入输出解耦

#### 模块八 不确定系统的鲁棒二次镇定

1. 不确定线性系统问题描述
2. 不确定线性系统二次稳定条件
3. 鲁棒状态反馈控制

### 七、考核要求

平时考查(30%),并结合期末考核(70%)。平时考查包括学生考勤(10%)和习题考查(20%)。期末考核采用闭卷考试(70%)。

### 八、编写成员名单

程龙(中国科学院大学)

## 02 最优控制与状态估计

### 一、课程概述

最优控制与状态估计是控制理论与控制工程的专业必修课。最优控制是系统设计的一种重要方法,其研究的中心问题是根据控制对象的动态特性选择容许控制,使得被控对象按照技术要求运转,同时使性能指标达到最优值。状态估计研究的中心问题是根据可获取的量测数据估算动态系统内部状态。最优控制与状态估计的问题广泛存在于航空航天、导航通信、经济金融等领域,对其理论和算法的研究可以为进一步学习和研究模型预测控制、故障诊断等提供重要基础。

### 二、先修课程

数理统计,随机过程,矩阵论,线性系统理论。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,学生能够掌握最优控制的基本理论和研究方法,熟悉利用变分法、极大

值原理、动态规划等分析和解决最优控制问题,同时掌握龙伯格观测器、卡尔曼滤波器以及它们的变型等,从而为之后从事控制领域的工作打下坚实理论基础。

### 四、适用对象

控制理论与控制工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

### 五、授课方式

以课堂讲授为主,可以课堂讲授与上机实践相结合,课堂理论学习与课后实践报告相结合,板书与多媒体课件讲解相结合。例如:

(1) 采用讲授为主,讲授与上机实践相结合的教学方法。

(2) 采用板书为主的讲授形式,配备多媒体教学设备进行辅助。板书包括公式推导,分析、知识关联的建立等。

(3) 多媒体教学设备演示包括实际问题的背景和来源,应用实例介绍,实验结果的呈现和比较。

### 六、课程内容

本课程主要包括最优控制与状态估计两个部分。

在最优控制部分,首先介绍最优控制的基本概念、发展情况、数学描述;然后讲授最优控制问题的理论和方法,包括变分法、极大值原理、动态规划等;最后讲授最优控制理论的应用,包括短时间控制系统、最少燃料控制系统、二次型性能指标的最优线性系统等。

在状态估计部分,讲述基于状态观测器的最优估计、基于卡尔曼滤波器的状态估计、基于扩展卡尔曼滤波器的状态估计三个部分。

本课程的重点和难点在于对求解最优控制问题三种方法(变分法、极大值原理、动态规划)的掌握,以及状态估计中对卡尔曼滤波及其几种扩展形式的理解和应用。

### 七、考核要求

采用期末考试与平时实践报告相结合的考核方式。期末考试采用闭卷形式,成绩占比70%,综合考查学生基本概念、基本方法的理解与运用情况;平时作业成绩占比30%,旨在要求学生利用所学的理论知识解决科研与工程实践中的实际问题,并撰写报告。

### 八、编写成员名单

王友清(山东科技大学)

## 03 系统建模与仿真技术

### 一、课程概述

系统建模与仿真技术是控制科学与工程学科核心课程之一,本课程以系统为研究对象,建立以控制系统为代表的各类系统的数学模型,揭示系统的演化规律,以及这种规律与系统外部条件和内部结构、参数的关系,并利用模型进行仿真,实现对系统演化规律的有效模拟,从而达到系统优化与控制的目的。通过本课程的学习,可以掌握系统建模与仿真的基本原理、方法和本领域当前的先进技术。本课程是控制科学与工程专业研究生课程体系中的基础课程和重要环节,对控制系统的分析与设计起到重要的支撑作用。

### 二、先修课程

线性代数,自动控制原理,现代控制论基础。

### 三、课程目标

通过本课程系统性的学习,使学生巩固对控制系统有关概念、方法和技术的掌握,了解国内外本领域当前的先进技术和方法,建立对控制系统建模与分析的思想,系统掌握相关的建模方法和仿真技术,树立建模-控制-优化的系统思想,将分析、模拟、计算和评价有机地贯穿起来,解决以控制系统为代表的典型实际系统的建模与仿真问题,提高学生控制系统分析和设计的能力和素质。

### 四、适用对象

控制科学与工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

### 五、授课方式

以课堂讲授为主,可以课堂讲授与讨论相结合,课堂理论学习与课后实践报告相结合,板书与多媒体课件讲解相结合等多种方式。例如,

(1) 采用讲授为主,讲授与讨论相结合的教学。

(2) 采用板书为主的讲授形式,配备多媒体教学设备进行辅助教学。

(3) 由于课程中包含大量定理或者结论的推导和证明过程,建议采用板书和多媒体课件相结合的形式。本课程不能脱离板书实现全多媒体教学,关键核心证明需要通过板书教授,使学生理解分析证明思路和必要的过程。因此,本课程建议板书部分主要包括公式推导、分析、知识关联的建立等。多媒体教学设备演示主要包括实际问题的背景和来源、应用实例介绍、实验结果的呈现和比较等。

## 六、课程内容

本课程主要内容应包括系统建模与仿真的基本概念,系统仿真技术的应用及发展,系统建模的基础理论,常见仿真建模的方法、特点、实例及注意事项,复杂系统建模方法与技术,常用的仿真工具软件等。

### 模块一 系统建模与仿真的基本概念

主要包括:系统、模型与仿真,过程系统建模与仿真,现代建模与仿真技术的含义及其体系,仿真技术的特殊作用等。

### 模块二 系统仿真技术的应用及发展

主要包括:过程系统仿真技术的应用(辅助训练,辅助设计,辅助生产,辅助研究等),仿真技术在过程安全领域中的应用,系统仿真技术在其他领域的应用,系统仿真技术的发展趋势。

### 模块三 系统建模的基础理论

主要包括:模型论及其相关理论,相似理论及演绎推理,系统辨识理论,系统层次分析理论,定性/模糊/云理论,灰色系统理论和马尔可夫理论,复杂适应系统理论等。

### 模块四 常见仿真建模的方法、特点、实例及注意事项

主要包括:仿真建模概述(仿真建模分类,过程系统稳态及动态建模原理,仿真模型的评估等),常用定量建模数学方法,数学建模方法及一般选取原则,机理分析法,直接相似法,系统辨识法,试验统计法,层次分析法,量纲分析法,图解法,因果分析法等,系统仿真建模举例。

### 模块五 复杂系统建模方法与技术

主要包括:面向对象建模方法与技术,多分辨率建模方法与技术,基于模糊集论建模方法与技术,基于神经网络建模方法与技术,基于智能技术建模方法与技术,基于云理论建模方法与技术,基于CAS理论建模方法与技术,混合建模方法与技术,综合集成建模方法与技术等。

### 模块六 常用的仿真工具软件

主要包括:MATLAB 建模与仿真相关工具包的介绍与应用,其他仿真工具软件介绍。

■ 重点:系统建模的基础理论,常见仿真建模的方法、特点,复杂系统建模方法与技术。

■ 难点:复杂系统建模方法与技术,包括各种智能建模方法与技术。

## 七、考核要求

采用期末考试与平时实践报告相结合的考核方式,期末考试采用闭卷形式,综合考查学生对基本概念、基本方法的理解与运用情况;平时实践报告要求学生利用所学的理论知识解决科研与工程实践中的实际问题,并撰写报告。建议:平时成绩占 30%~40%,期末闭卷考核占 60%~70%。

## 八、编写成员名单

刘忠信(南开大学)

## 04 人工智能

### 一、课程概述

人工智能基础理论与技术涉及哲学、数学、控制科学与工程、计算机科学与技术、神经科学、心理学等多学科,广泛应用于国民经济、社会生活、国防军事等各个领域,是智能科技、智能产业、军事智能的重要支撑。人工智能的快速发展与广泛应用,正在成为推动新的科技革命、产业革命、军事革命的重要动力。

本课程基于行为主义人工智能基本观点,以智能 Agent 设计为主线,以 Agent 所处环境特征与任务需求为线索,重点讲授 Agent 在完全可知环境下的搜索技术及规划技术、未知环境下的推理技术、对抗环境下的博弈技术、随机环境下的不确定推理技术以及动态环境下的学习技术等,启发学生学会利用计算机模拟和实现人类智能活动的思维方法,初步建立系统性的人工智能理论体系,为学习智能系统、计算智能、模式识别、自动规划、智能控制等后续课程奠定基础,并为今后从事智能无人系统、机器人智能控制、模式识别与智能系统、人工智能及神经网络、任务规划等方向研究打下扎实的基础。

### 二、先修课程

人工智能导论,程序设计,数据结构。

### 三、课程目标

本课程以智能 Agent 设计为主线,讲授人工智能中的基本概念、问题求解智能体、约束满足问题、博弈问题、基于知识的智能体、智能规划、不确定性知识和推理、机器学习等内容。完成课程学习之后,应该能够选择合适的人工智能方法应用于特定的工程问题,并能比较准确地预测系统的行为方式,评价系统的适用性,估计系统的时空代价,在智能系统开发方面具有较强的实践能力。

### 四、适用对象

控制科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

### 五、授课方式

讲授与研讨相结合,理论与实践相结合,基础与前沿相结合。课程教学采用多媒体教学,采用案例式、启发式、研讨式以及翻转课堂等教学方法。设置人工智能专题或前沿领域文献阅读与课堂研讨环节,加深学生对人工智能特定应用领域的认知与理解,或拓展学生对人工智能前沿领域的学术视野;强调理论和实践相结合,通过实践加深理解,以 Agent 对抗博弈为背景,设置实验环节,强化学生利用人工智能基础理论实现智能算法的能力。

## 六、课程内容

### 模块一 绪论

人工智能的基本概念、基本观点、发展简史、主要研究内容与成就、应用领域和发展趋势,引发学员选修人工智能的兴趣。

### 模块二 智能体

理解智能体的基本思想与概念;掌握 Rational Agent 的定义、智能体任务环境类型及 PEAS 描述方法,具备智能体设计的任务环境属性分析能力;了解智能体的主要类型,了解不同结构智能体的能力,特别是对环境的适应能力。

### 模块三 问题求解智能体

问题求解智能体;问题类型和环境;树搜索、图搜索、无信息搜索策略、启发式搜索策略;局部搜索和优化方法;约束满足问题。

要求学生熟练掌握问题求解智能体的设计方法,能够对搜索方法的时空代价进行评估,熟练设计启发式函数;掌握局部搜索的爬山法,理解模拟退火法;掌握约束满足问题求解的回溯搜索算法,前向检查、弧相容检测的原理和算法,了解利用问题结构提高问题求解效率的基本思想。

### 模块四 博弈问题

掌握博弈问题的 Minimax 算法基本原理,以及  $\alpha$ - $\beta$  剪枝算法的基本原理,了解针对多人游戏、不完全实时决策问题、随机博弈问题时对 minimax 算法的变形的基本思想。

### 模块五 逻辑智能体

掌握逻辑 Agent 的基本概念和特征,理解与问题求解智能体的异同;掌握逻辑的基本知识,了解逻辑推断与逻辑推理的概念和差别;掌握命题逻辑的语法、语义,命题逻辑的前向推理算法和归结原理,了解反向推理算法的基本思想;掌握一阶逻辑的基本概念和语法及语义定义,具备使用一阶逻辑进行问题描述的能力,掌握一阶逻辑的前向链、反向链和归结推理方法;熟练掌握基于知识智能体的设计方法,应用知识表示方法建立先验知识库,维护感知序列,演绎环境的隐含属性和变化,描述动作和计划,进行情景演算。

### 模块六 规划智能体

了解人工智能中研究的智能规划问题的基本范畴、概念;掌握规划语言 STRIPS 描述规划问题的基本方法;掌握偏序规划方法,并能够在简单实例中运用偏序规划算法;了解基于状态空间搜索的规划问题求解基本原理(前向搜索、后向搜索);掌握规划图的构造方法和启发式定义的三种方法,了解从规划图中提取计划的两种方法的基本思路;拓展了解面对不确定、不可知、不可观任务环境下的三种规划问题。

### 模块七 不确定知识和推理

不确定性计算和推理;概率论和图论基础知识;条件独立;Bayesian 网络的精确推理和近似推理;隐 Markov 模型;Kalman 滤波;动态 Bayesian 网络;决策理论和效用理论基础。

要求学生能够理解不确定性的来源和影响,掌握 Bayesian 网络及其推理,掌握隐 Markov 模型、Kalman 滤波和动态 Bayesian 网络等时序模型,进而进行理性决策。

### 模块八 机器学习(选讲)

学习智能体的基本设计方法;归纳学习;决策树;Bayesian 网络的参数学习和结构学习;增强学习。要求学生了解基本的机器学习方法和应用。

### 模块九 感知和行动(选讲)

智能机器人系统体系结构;感知;规划;控制。简要剖析智能机器人系统,让学生加深对人工智能的理解,进一步掌握人工智能方法的应用。

### 模块十 计算智能基础(选讲)

学习生物神经网络基本原理,通过 MP 和感知器模型掌握生物神经元的人工模拟建模方法,理解 BP、RBF 等前馈神经网络及 Hopfield 等动态神经网络基本概念,了解人工神经网络主要应用领域。

学习模糊集合、模糊变量、隶属度函数、模糊关系、模糊推理等基础知识,掌握基于模糊规则的知识描述方法,了解模糊逻辑系统基本概念及主要应用领域。

### 模块十一 专题研讨

要求学生结合文献阅读报告进行专题研讨,每人报告时间不超过 10 分钟,互动交流时间不少于 3 分钟。根据选课人数,可以按照专题内容进行分组实施。

### 模块十二 实践教学环节

鼓励学生根据自己的研究方向与研究兴趣,结合人工智能课程讲授内容,针对人工智能新算法设计、已有算法改进、算法应用等方面独立开展自主实验。

## 七、考核要求

教学方式:讲授 + 文献阅读 + 专题研讨 + 实验。

考核方式:笔试(50%)+文献阅读(10%)+专题研讨(10%)+实验(30%)。

## 八、编写成员名单

谢海斌(国防科技大学)

## 05 自主智能系统

### 一、课程概述

自主智能系统是自动化专业研究生的基础课程。本课程将围绕自主与感知和协同与群智两个主题展开教学。通过本课程的学习,掌握自主智能系统的基本知识,掌握自主与交互、多体与协同的相关基本概念、原理和方法,了解智能感知和网络协同控制系统等最新技术。

### 二、先修课程

高等数学,线性代数,现代控制原理,机器人学,程序设计。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,深入了解自主智能系统的基本知识,掌握自主系统自主与感知及协同与群体智能的相关基本概念、基本原理和基本实现方法。课程内容包括自主机器人系统感知、定位、运动规划和导航方法以及自主系统群集协同控制器设计和稳定性分析。此外,授课过程将介绍相关领域全球最新的科研成果,提升学生的国际化视野。

本门课的学习目标包括:

(1) 培养对机器人和自动控制领域研究工作的兴趣,了解自主智能系统的研究现状,认识相关工程和科研问题。

(2) 掌握自主机器人系统感知、定位、运动规划和导航的基本概念、基本原理和经典方法。

(3) 掌握多自主系统的基本概念,及多自主系统群集协同控制器设计和稳定性分析的经典方法。熟悉多任务约束下的多自主系统的相关问题及解决方案,了解多自主系统非合作行为控制方法。

(4) 通过分组自选主题的课程设计,深化所学的自主智能系统的基础知识,完成多自主系统群集协同任务的设计与分析,并培养团队合作解决工程或科研问题的能力。

## 四、适用对象

控制理论与控制工程、导航制导与控制 and 机器人智能控制方向的硕士研究生和博士研究生。

## 五、授课方式

本课程以课堂教学为主,辅之以课堂测试、课堂讨论、课后作业及课程设计。

## 六、课程内容

课程的主要内容围绕自主与感知和协同与群智两个主题展开教学。建议的内容包括自主机器人的感知、定位及导航技术和多自主系统群集控制。建议的教学内容如下:

### 模块一 自主智能系统的基本介绍

介绍自主智能系统的背景和基本概念,了解研究现状,认识常见的相关研究问题。

教学难点:无。

### 模块二 自主机器人系统的感知技术

1. 常用的传感器
2. 计算机视觉的基本原理
3. 图像处理基础及图像特征提取
4. 位置识别
5. 基于距离数据的特征提取

教学难点:无。

### 模块三 自主机器人系统的定位技术

1. 噪声和混叠

2. 定位信任度的表示
3. 地图表示方法
4. 基于概率地图的定位
5. 常见定位系统实例

#### 6. 定位与地图创建(SLLAM)技术

教学难点:基于概率地图的定位;定位与地图创建(SLLAM)技术。

#### 模块四 自主机器人系统的导航技术

1. 路径规划
2. 避障技术
3. 导航的体系结构

教学难点:路径规划。

#### 模块五 多自主体系统的协同群集运动控制的基本介绍

介绍多自主体系统的协同群集运动控制这一问题的背景、基本概念及相关代数图论背景知识。了解研究现状,认识常见的相关研究问题。

教学难点:无。

#### 模块六 连通性保持条件下多自主体系统群集运动控制

1. 领航跟随群集运动控制律设计及系统稳定性分析
2. 移动机器人群集编队控制实例:不带有领航者的群集运动控制及带有领航者的群集运动控制

教学难点:领航跟随群集运动控制律设计及系统稳定性分析。

#### 模块七 基于骨干网络的多自主体系统群集运动与避障控制

1. 流体力学基础及流函数
2. 控制策略:分布式拓扑控制及分布式运动控制

教学难点:控制策略:分布式拓扑控制及分布式运动控制。

#### 模块八 多任务约束下多自主体协同编队控制

1. 多任务约束协调与求解
2. 多任务切换与编队控制器设计及系统稳定性分析

教学难点:多任务切换与编队控制器设计及系统稳定性分析。

#### 模块九 多自主体非合作行为控制

1. 一阶多自主体系统非合作行为检测、隔离与修复
2. 基于邻居相关状态的多自主体非合作行为检测与隔离
3. 非合作行为检测信息的交互与融合

教学难点:非合作行为检测信息的交互与融合。

### 七、考核要求

考核由期末考试、课程设计和平时作业三部分组成。其中,课程设计需要学生通过分组合作,完成自选的自主体群集协同任务的课程设计。

- (1) 期末考试。题型有填空题和计算简答题。考试内容涵盖自主机器人感知、定位、运动

规划和导航方法以及自主体系统群集协同控制器设计和稳定性分析。

- (2) 课程设计。根据选课人数分组后,每个小组成员自行分工,最终以小论文的形式提交报告。内容为基于多自主体系统群集协同控制、协同定位、运动规划和导航的问题进行探索。

报告包括问题背景、问题解决方案、仿真或实验。

- (3) 课后作业。每一章内容结束后会布置相关的内容作训练,需要提交解答。

### 八、编写成员名单

周越(上海交通大学)

## 06 系统工程理论及方法

### 一、课程概述

系统工程是一门跨学科的工程技术,为现代科学技术的发展提供了新思路和新方法,为人们提供了思想方法论和工作方法论。它以各类系统为研究对象,为各类系统提供分析、评价、优化及总体运筹的方法和手段。本课程是面向控制科学与工程一级学科的研究生,是系统工程专业的核心课程,主要介绍系统、系统工程的基本概念、基本原理与方法,以及系统工程的应用与最新发展。

### 二、先修课程

线性代数,计算机基础,计算机原理及应用,运筹学。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,掌握系统以及系统工程的基本观点与方法,培养系统思维与系统集成能力,提升利用系统的观点去分析、解决复杂系统的控制、优化、集成、决策与管理等问题的能力,同时强化系统全局与创新过程管理意识。

### 四、适用对象

硕士研究生和博士研究生。

### 五、授课方式

课堂讲授、学生陈述、研讨式教学、案例分析与仿真实验。

### 六、课程内容

#### 模块一 系统工程概论

1. 系统观点与系统思维

## 2. 系统的概念及特性

## 3. 系统工程的基本概念

## 4. 系统工程的应用领域

重点与难点:系统思维方法,系统与系统的概念。

### 模块二 系统工程方法论

#### 1. Hall 的硬系统工程方法论

#### 2. Checkland 的软系统工程方法论

#### 3. 系统工程方法论的新发展

#### 4. 系统分析原理

重点与难点:硬系统与软系统的概念,硬系统工程与软系统工程方法论的区别,系统分析的原理。

### 模块三 系统生命周期管理

#### 1. 什么是系统的生命周期

#### 2. 系统生命周期的 7 个阶段

#### 3. 系统生命周期的核心过程

#### 4. 几种常用的系统开发方法

重点与难点:系统生命周期的概念,系统生命周期的 4 大核心过程(协议过程、组织项目使用过程、项目过程和技术过程)。

### 模块四 系统工程常用的优化方法

#### 1. 系统优化模型

#### 2. 线性规划与整数规划

#### 3. 非线性规划

#### 4. 动态规划

重点与难点:优化模型的三要素,线性规划的图解方法,线性规划、非线性规划与动态规划的区别。

### 模块五 系统工程常用的工具

#### 1. 头脑风暴法

#### 2. Delphi 方法

#### 3. IDEF 建模方法

#### 4. 工作拆分结构(WBS)

#### 5. 甘特(Gantt)图

#### 6. 关键路径法(CPM)

#### 7. 计划评审技术(PERT)

#### 8. 质量功能展开(QFD)

重点与难点:系统工程常用工具的基本原理及其所蕴含的系统/系统工程思想与特点。

### 模块六 项目的管理与控制

#### 1. 项目的概念

#### 2. 项目的特性

#### 3. 项目的内容

#### 4. 项目的方法

重点与难点:项目与项目的概念,项目的功能与方法。

### 模块七 系统评价方法

#### 1. 为什么用层次分析法(AHP)

#### 2. 层次分析的基本原理

#### 3. 层次分析的求解步骤

#### 4. AHP 应用举例

#### 5. ExpertChoice 软件及其使用

#### 6. 为什么用网络分析法(ANP)

#### 7. 网络分析的基本原理

#### 8. 网络分析的求解步骤

#### 9. ANP 应用举例

#### 10. SuperDecision 软件及其使用

重点与难点:层次分析分析法 AHP 的基本思想与原理,网络分析法 ANP 与层次分析法 AHP 的区别与联系。

### 模块八 系统工程应用实例

#### 1. 应用创新管理

#### 2. 信息系统战略规划

#### 3. 信息物理系统(CPS)

#### 4. 工业 4.0

#### 5. 云计算

#### 6. 大数据

#### 7. 数据科学与决策

#### 8. 机器学习与人工智能

重点与难点:系统工程的最新应用实例,新一代信息技术背景下的系统工程表现形式。

## 七、考核要求

成绩以百分制衡量。成绩评定依据:平时成绩 10%,专题研讨 30%,期末考试 40%,研究报告 20%。其中,研究报告要求查阅文献 10 篇(英文文献不少于 2 篇)以上,字数 6000 字以上。

## 八、编写成员名单

孙健(北京理工大学)

## 07 系统科学与工程

### 一、课程概述

系统科学与工程是一门综合性科学技术,比一般的交叉学科涵盖的范围更宽。系统科学把事物看作系统,从系统结构和功能,从系统的演化中研究各学科(从物理学系统,化学系统,生物学系统,到经济学系统和社会学系统)的共性规律,是各门学科的方法论和基础。通过本课程的学习,使学生能够有目的地对新工程对象进行研究与设计,对已有工程对象进行运行、管理与改进,促进决策的科学化,为从事自己领域内的研究、开发及工程实践奠定扎实的基础。

### 二、先修课程

线性系统理论,矩阵论(或高等代数、线性代数)。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,了解系统工程的基本概念、理论与方法,特别是系统建模与系统分析、系统预测、系统评价、系统决策的基本理论、方法和技术等。要求学生能够利用电子计算机作为工具,对一些简单系统的结构、要素、信息和反馈等进行分析,达到最优规划、最优设计、最优管理和最优控制的目的。培养学生利用这些知识对实际工程系统中的各种问题进行研究和探索的能力。

### 四、适用对象

系统科学与工程课程适用于信息技术各个领域或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生。

### 五、授课方式

本课程理论性较强、内容广泛且抽象,讲述过程中多举例。知识点要讲全,要注重灵活应用,必要时辅以多媒体图形或曲线,帮助学生理解;重点例题讲透彻,掌握基本处理方法;启发学生,培养其解决综合性习题的能力,必要时进行讨论。建议:采取课堂讲授,理论与案例相结合,自学与讨论三位一体的教学模式。

### 六、课程内容

#### 模块一 系统科学与工程概论

(1) 系统科学概论:系统科学的形成与发展;系统的概念、特征与分类;系统科学的性质和特点;系统科学的体系结构及其重要地位。

(2) 系统工程概论:系统工程的产生;系统的概念;系统工程的理论体系;系统工程的展望与应用。

(3) 系统工程基本理论:系统论基础;控制理论基础;信息论基础;耗散结构、突变论及协同学。

#### 模块二 系统分析

(1) 系统分析概述:系统分析的意义;系统分析的定义;系统分析的内容、步骤及方法。

(2) 系统目标分析:建立目标集的基本原则;目标分类;目标建立;目标冲突。

(3) 系统环境分析:系统环境分析的概念;环境因素的分类;环境因素的确定与评价。

(4) 系统结构分析:系统结构分析的概念;系统要素集分析;系统相关性分析;系统整体分析。

(5) 系统可靠性分析:系统可靠性指标;可靠性指标体系;典型系统可靠性模型。

(6) 系统分析方法:层次分析法、主成分分析法、因子分析法。

#### 模块三 系统模型

(1) 系统模型概述:系统模型的概念、分类和方法。

(2) 系统结构模型:解析结构模型;统计类预测模型;模糊模型。

(3) 连续时间系统模型:微分方程;传递函数;状态方程;结构图。

(4) 离散时间系统模型:系统的差分方程;离散传递函数;离散状态空间模型;结构图表示。

#### 模块四 决策科学

(1) 决策科学概论:决策问题的四大基本要素;决策类型及其主要特征;效用理论的应用。

(2) 单目标离散系统随机型决策方法:决策树法,多行为决策的报童模型;先验概率的修正与不完全情报。

(3) 单目标连续系统随机型决策方法:正态型未来客观状态的主观估计;边际分析法;期望值方法;不完全情报和先验概率的修正。

(4) 多目标决策方法:淘汰法;加权法;功效法;乘除法;综合评分法;层次分析法等。

(5) 对策论:两人零和对策;既定型两人零和对策;非既定型两人零和对策;两人非零和对策;

(6) 决策支持系统的形成与发展。

(7) 决策支持系统的开发:决策支持系统的分析、设计、实现、使用及评价。

#### 模块五 系统仿真

(1) 系统仿真概述:系统仿真的概念、分类、步骤、发展与展望。

(2) 连续系统仿真:基于离散相似原理的数字仿真;基于 Taylor 级数匹配原理的仿真;实时半实物仿真。

(3) 离散系统仿真:静态离散系统仿真;动态离散系统仿真。

(4) 系统动力学模拟软件 Stalla 及复杂适应系统模拟软件平台 Swarm 简介。

### 七、考核要求

建议成绩以百分制衡量。成绩评定依据为:出勤和平时作业占 10%,大作业和实验报告占 20%,期末笔试成绩占 70%。

## 八、编写成员

潘泉(西北工业大学)

## 08 检测技术与自动化

### 一、课程概述

检测技术与自动化是控制相关专业综合主干课程,在航空航天、电力电子、生物医学、人工智能、机器人控制等领域扮演着不可磨灭的角色。随着现代科学技术的迅速发展,检测技术逐渐与自动控制技术、微电子技术、通信技术、计算机科学与技术 and 物理学等学科有机结合,成为工业生产的耳目,是控制、监视、保证和提高生产控制质量的重要手段,广泛应用于航空、航天、自动化、电子、电力、水利等各个领域。

### 二、先修课程

电路原理,自动控制原理。

### 三、课程目标

通过本课程的教学与实践环节,使学生能够掌握各种常见机械、热工、成分等工程量的检测原理及方法技术,掌握传统、新型传感器的结构、检测原理,培养学生综合运用前修课程及本课程的知识,逐步掌握根据具体检测及控制要求、主要技术性能设计出高性价比及先进实用性强的自动检测技术及系统,为日后科研或从事信息检测领域相关工作打下牢固的基础。

### 四、适用对象

自动化各个专业或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生,其他理工科研究生。

### 五、授课方式

本课程内容广泛,与实际应用贴合紧密,推荐采用课堂讲授、实验与课程设计相结合的方式授课。课程讲述过程中应充分利用多媒体硬件设备多举例以便于学生理解,在讲授检测技术理论的同时,可安排相关实验环节和课程设计来帮助学生充分巩固课堂内容。

### 六、课程内容

#### 模块一 检测基本知识

- (1) 检测技术概述:检测技术作用、发展趋势;
- (2) 检测系统:检测系统的组成、分类、发展过程;

(3) 检测系统静态特性:静态数学模型、线性度、灵敏度、重复性、迟滞性、准确度、分辨率、漂移、量程及测量范围;

(4) 检测系统动态特性:动态数学模型、典型检测系统的动态特性、动态特性参数的测定;

(5) 动态误差修正:频域修正方法、时域修正方法。

#### 模块二 测量与误差

(1) 测量误差综述:测量误差概念、来源、分类、测量方法;

(2) 随机误差的处理:随机误差的概率分布、被测量真值和测量方差的估计值、置信度、表示方法;

(3) 系统误差的处理:系统误差分类、判断方法、消除方法;

(4) 粗大误差的处理:粗大误差判别、拉依达准则、格鲁布斯准则;

(5) 测量误差的合成。

#### 模块三 阻抗型传感器

(1) 电阻式传感器:电位器式传感器、应变式传感器、压阻式传感器、热电阻、热敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻、电阻传感器接口电路;

(2) 电容式传感器:基本原理与结构类型、输入-输出特性、等效电路分析、接口电路;

(3) 电感式传感器:自感式传感器、互感式传感器、电涡流式传感器。

#### 模块四 电压型传感器

(1) 磁电式传感器:基本原理和组成、结构类型、接口电路;

(2) 压电式传感器:压电效应、压电材料、压电原件、接口电路;

(3) 热电偶传感器:热电效应、热电偶的材料、型号及结构、热电偶测温电路;

(4) 光电式传感器:光电器件、光电器件的基本特性、光电式传感器的基本组成和类型;

(5) 霍尔传感器:霍尔效应、霍尔传感器的组成与基本特性、霍尔传感器的应用、测量误差及其补偿办法。

#### 模块五 数字式传感器

(1) 编码器:直接编码器、增量编码器;

(2) 光栅:光栅的结构与基本原理、辨向原理、细分技术;

(3) 频率式传感器:振弦式传感器、振筒式传感器、振膜式传感器、振梁式传感器、石英晶体谐振式传感器。

#### 模块六 新型传感器

(1) 光纤传感器:光导纤维的结构和传光原理、光纤传感器的基本原理和类型;

(2) CCD 图像传感器:CCD 的工作原理、CCD 图像传感器的结构;

(3) 红外传感器:红外线及其特性、红外探测器、热释电红外探测器;

(4) 超声波与核辐射传感器:超声波传感器、核辐射传感器;

(5) 半导体集成传感器:集成霍尔传感器、集成湿度、压力、加速度传感器、集成温度传感器;

(6) 传感器的智能化与微型化:智能传感器、微型传感器。

#### 模块七 检测系统中信号的转换与调理

(1) 电桥:直流电桥、交流电桥、双电桥;

- (2) 信号放大电路:测量放大器、程控增益放大器、隔离放大器;
- (3) 信号转换电路:电容与电压的转换、电流与电压的转换、电压与频率的转换、采样保持器、信号转换电路;
- (4) 调制与解调:调幅及其解调、调频及其解调;
- (5) 滤波电路:低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器;
- (6) 非线性校正电路:模拟量的非线性校正法、模拟非线性校正环节的实现。

#### 模块八 检测系统中的抗干扰技术

- (1) 检测系统中的干扰:干扰的种类、噪声源及防护办法、干扰的传播;
- (2) 常用抗干扰技术:屏蔽技术、接地技术、隔离技术、滤波器、软件抗干扰技术。

#### 模块九 自动检测技术应用举例

- (1) 电感式微位移测量仪:组成结构、传感器及信号处理电路、单片机及其扩展、键盘打印及显示、数字低通滤波与插值;
- (2) 检测技术在智能楼宇中的应用:空调系统的监控、给排水系统、火灾监视与控制系统、门禁与防盗系统、电梯运行管理系统;
- (3) 检测技术在环境监测中的应用:检测电路、A/D 模板、系统标定及数据处理;
- (4) 检测技术在数控机床中的应用:各传感器在加工过程中的作用、系统报警、故障诊断功能。

#### 模块十 自动检测技术的发展方向

- (1) 虚拟仪器:概念、组成特点、体系结构;
- (2) 网络化仪器和网络化传感器:网络化仪器概念、网络化传感器、网络化测控系统;
- (3) 软测量技术:概念、实现方法、应用实例;
- (4) 多传感器数据融合:概念、基本原理、过程及关键技术、结构及功能模型;
- (5) 现场总线技术:CAN、LonWorks、PROFIBUS、HART、FF。

### 七、考核要求

建议采用期末笔试成绩(60%)与课程设计(30%)、平时课程作业(10%)相结合的考核方式。

### 八、编写成员名单

梁彦(西北工业大学)

略意义是显而易见的,它从一开始就是航空航天飞行器、海上航行体和先进武器装备发展的关键环节,也一直是应用高新技术最快、最多的领域。为此,为进一步发挥现代导航与制导技术的巨大作用,认真总结和深入研究推动该技术发展的关键技术十分必要。

从学术角度讲,导航是一门专门研究导航原理、方法和导航技术装置的学科;制导则是在导航基础上的进一步扩展,主要是增进了控制导引方法和技术,从而扩大了应用范围。随着科学技术的发展,二者逐渐发展成为一门研究导航与制导理论、方法和技术装置的新学科。该学科既有坚实的理论基础,又有一套完善的方法和技术。本门课程旨在从全新的角度讲述现代导航与制导技术及其应用,重点讲述和探讨推动现代导航与制导技术进步和工程应用上的关键技术。

### 二、先修课程

自动控制原理,矩阵论(或高等代数、线性代数),常微分方程,线性系统理论。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,专业学位研究生能比较系统地掌握导航与制导技术及系统的理论基础以及各类导航与制导的方法、技术和应用,了解现代导航与制导技术的先进总体设计方法和工程实现,包括计算机辅助设计、优化设计、虚拟设计等。同时,在论述惯性导航技术和系统的基础上,深入研究新型组合导航技术及其应用,了解现代制导体制和精确制导技术,讨论先进导引律设计与实现。最后,了解导航与制导系统的建模与仿真相关知识以及虚拟环境和协同仿真技术的工程应用。

### 四、适用对象

航空航天领域或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生。

### 五、授课方式

本课程内容广泛,与实际应用贴合紧密,推荐采用课堂讲授、实验与课程设计相结合的方式授课。讲述过程中知识点要讲全,多举实例,注重灵活应用。同时,应充分利用多媒体硬件设备,多举例以便于学生理解,必要时,进行讨论,帮助学生理解,启发学生,培养其解决实际问题的能力。

### 六、课程内容(48 学时)

本课程建议学分为 2—3 学分,可根据各个学校的培养特点,合理选择知识模块或知识点。

导航与制导系统课程的知识模块和知识点包括:

#### 模块一 导航与制导的基本概念、基础理论、方法与技术

- (1) 一般概念:导航概念、制导概念。
- (2) 导航理论、方法与技术:无线电导航原理及应用、多普勒雷达导航原理及应用、惯性导航原理及应用、卫星定位导航原理及应用、天文导航原理及应用、地图匹配导航原理及应用、相对导航原理及应用、组合导航原理及应用。

## 09 导航与制导系统

### 一、课程概述

当前,现代导航与制导技术在现代科学技术、国民经济和国防建设发展中的重要地位和战

(3) 制导理论、方法与技术:自主式制导原理及应用、遥控制导原理及应用、寻的制导原理及应用、复合/融合制导原理及应用、数据链制导原理及应用。

(4) 现代导航与制导学科体系:理论体系、方法体系、技术体系、应用体系。

#### 模块二 先进总体设计与实现技术

(1) 系统总体技术及设计过程。

(2) 多学科设计优化技术及应用。

(3) 智能优化设计技术及应用:问题提出、系统构成及功能、工程应用实例。

(4) 计算机辅助设计技术及应用:CAD 系统及其组成、CAD 技术及系统的应用。

(5) 虚拟样机与虚拟设计技术及应用:虚拟样机技术的关键技术、虚拟设计技术及工程应用。

#### 模块三 综合导航、惯性导航及组合导航

(1) 导航综合系统与综合舰桥系统:导航综合系统、综合舰桥系统。

(2) 惯性导航系统及其主要设备:惯性导航系统、主要惯性导航设备、惯性导航系统的关键技术。

(3) 组合导航技术基础:组合导航系统构建技术、组合系统工作模式、组合系统状态估计方法、组合系统误差修正与容错技术、组合系统降阶方法。

(4) INS/SAR 组合导航系统:合成孔径雷达、INS/SAR 组合导航系统。

(5) SINS/GPS 组合导航系统:SINS/GPS 组合导航系统原理及组合方式、SINS/GPS 组合导航系统关键技术、SINS/GPS 组合导航系统的应用实例。

(6) 智能融合组合导航技术及系统:智能化导航信息源管理技术、智能滤波技术、智能融合技术。

(7) 组合导航的其他技术问题:惯性/星光组合导航技术及系统、容错滤波设计技术、组合导航系统的车载试验技术。

#### 模块四 精确制导与复合/融合制导技术

(1) 制导体制及其分析与选取:常用制导体制体系、制导体制分析与选择。

(2) 导引律设计与选取技术:古典导引方法与导引律、典型比例导引及工程实现、现代导引方法与导引律、导引律分析与选择、向状态制导的最优导引律研究。

(3) 导弹制导控制系统:制导过程及系统基本结构、未来制导控制系统。

(4) 水下制导定位技术及系统:声呐系统及其声呐方程、水声精确定位导航系统。

(5) 复合制导技术及应用:复合制导体制的选择、复合制导系统的组成及运行、导弹截获跟踪系统、目标交接班技术。

(6) 多模融合制导技术:被动雷达/红外融合寻的制导、主动式毫米波/红外成像融合寻的制导、毫米波主/被动融合寻的制导。

#### 模块五 系统建模与仿真技术

(1) 系统建模与仿真技术综述。

(2) 导弹制导控制系统全生命周期仿真:各阶段的仿真应用、仿真方法选取、仿真实验与结果分析。

(3) 导弹制导控制系统数学仿真:特点及目的、主要数学模型及验模、数学仿真系统构成、

仿真过程及内容、仿真结果分析及处理。

(4) 数学仿真应用实例:系统描述、系统组成及原理、系统建模、作战数学仿真。

(5) 导弹制导控制系统半实物仿真综述:特点及应用、半实物仿真系统构成、主要设备及模型。

(6) 射频制导系统半实物仿真:系统设计要求及参数、系统组成及原理、仿真系统实例。

(7) 红外制导系统半实物仿真:仿真分类与系统构成、红外目标与环境特性建模、仿真实例。

(8) 成像制导系统半实物仿真:系统组成、功能及仿真过程、系统设计主要问题。

(9) 激光制导系统半实物仿真:激光半主动制导仿真、激光主动制导仿真、仿真实例。

(10) 双模寻的制导仿真:仿真方法及系统。

(11) 虚拟/协同仿真技术及应用:虚拟仿真技术及应用、协同仿真技术及应用。

### 七、考核要求

建议成绩以百分制衡量。成绩评定依据为:大作业和实验报告占 40%,期末笔试成绩占 60%。

### 八、编写成员

王小旭(西北工业大学)

## 10 模式识别与机器学习

### 一、课程概述

本课程将结合具体的工程应用,介绍各种常见的模式识别方法,特别是机器学习方法在各种模式识别问题中的应用,具体包括模式识别的基本原理、核心思想与典型应用案例、最新成果与前沿进展等内容。通过本门课程的学习,初步具备运用机器学习方法解决一般模式识别问题的能力,并能够利用所学知识进行扩展阅读,自我提升开展模式识别与机器学习方面研究的能力。

### 二、先修课程

高等数学,人工智能,图像处理。

### 三、课程目标

修完本门课程后,将具备运用模式识别基本方法完成模式识别系统的设计、开发与评估的能力;具备通过阅读期刊和登录网站自主学习模式识别前沿理论方法与研究进展,使自身水平

渐近提升的能力。

#### 四、适用对象

硕士研究生。

#### 五、授课方式

讲授与研讨相结合,理论与实践相结合,基础与前沿相结合。通过引入针对标准测试库的算法竞赛机制,充分调动学生的积极性。

#### 六、课程内容

##### 模块一 绪论

介绍模式识别的历史沿革、代表性的研究流派、主要发展趋势和模式识别的基本知识理论体系。

教学重点:模式识别的基本知识理论体系。

教学难点:无。

##### 模块二 有监督的分类器设计:统计学习与支持向量机

线性支持向量机、非线性支持向量机与核函数方法、统计学习理论等。

教学重点:线性支持向量机的数学原理。

教学难点:支持向量机原始问题向对偶问题之间的关系。

##### 模块三 有监督的分类器设计:贝叶斯方法

贝叶斯推理方法,贝叶斯最小错误率准则,贝叶斯最小风险准则,Neyman-Pearson 准则,最小最大风险准则以及贝叶斯方法的典型应用案例。

教学重点:基于各种典型案例的贝叶斯方法应用。

教学难点:贝叶斯方法中的最小最大风险准则。

##### 模块四 有监督的分类器设计:分类器的集成

Boosting 算法,决策树与决策森林,工程中的典型应用案例。

教学重点:AdaBoost 算法。

教学难点:随机森林算法。

##### 模块五 无监督的分类器设计:聚类

均值聚类的基本原理与特点、模糊聚类、分层聚类;聚类的典型应用。

教学重点:C-均值聚类算法。

教学难点:ISODATA 算法。

##### 模块六 特征工程:基于领域知识的图像特征提取

通道特征、轮廓特征、形状特征、点特征(SIFT)、纹理特征(HoG)。

教学重点:SIFT 算法。

教学难点:SIFT 算法。

##### 模块七 特征工程:基于数据驱动的图像特征提取

主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)、独立元分析(ICA)、词袋学习、稀疏表示、流形

学习。

教学重点:主成分分析。

教学难点:稀疏表示方法。

##### 模块八 基于深度学习的模式特征提取与分类

基于深度神经网络的模式识别方法基本思路与最新研究进展。

教学重点:深度卷积神经网络的典型结构。

教学难点:神经网络的求解算法。

##### 模块九 模式识别理论的实践应用研讨

针对标准测试库,开展模式识别实践应用的竞赛,并针对竞赛结果进行总结和课堂研讨。

教学重点:竞赛的组织。

教学难点:竞赛评分机制。

#### 七、考核要求

考核方式:考查。

考核标准:大作业(80%)+平时成绩(20%)。

大作业的成绩评分依据为基于标准测试库的模式识别算法的识别准确率。

#### 八、编写成员名单

吴涛(国防科技大学)