

第三章 基本波函数

- *3.1 标量波函数
- *3.2 平面波、柱面波和球面波用标量基本波函数展开
- 3.3 理想导电圆柱对平面波的散射
- 3.4 理想导电圆柱对柱面波的散射
- 3.5 理想导电劈对柱面波的散射
- 3.6 理想导电圆筒上的孔隙辐射
- 3.7 理想导电圆筒对平面波的散射
- 3.8 理想导电圆球对球面波的散射
- 3.9 分层媒质上的点偶极子
- △3.10 矢量波函数

第四章 格林函数

- *4.1 标量格林函数
- 4.2 用镜像法求标量格林函数
- 4.3 标量格林函数的本征函数展开法
- 4.4 标量格林函数的傅里叶变换解法
- 4.5 并矢及并矢函数
- *4.6 自由空间的并矢格林函数
- 4.7 有界空间的并矢格林函数
- 4.8 用镜像法建立半空间的并矢格林函数
- △4.9 并矢格林函数的本征函数展开

第五章 波动方程的积分解

- *5.1 非齐次标量亥姆霍兹方程的积分解
- 5.2 非齐次矢量亥姆霍兹方程的积分解
- *5.3 辐射场与辐射矢量
- 5.4 口径衍射场
- *5.5 电场和磁场积分方程

七、考核要求

闭卷考试,平时考勤与作业分占 30%,卷面成绩占 70%。

八、编写成员名单

陈如山(南京理工大学)、樊振宏(南京理工大学)、何姿(南京理工大学)

0810 信息与通信工程一级学科研究生核心课程指南

01 矩阵理论与方法

一、课程概述

矩阵理论与方法是近代通信和信号处理理论中最有效的数学方法,在数学学科与其他科学技术领域如数值分析、优化理论、微分方程、概率统计、系统工程等学科中都有广泛应用。电子计算机及计算技术的发展也为矩阵理论的应用开辟了更广阔的前景。本课程要求掌握矩阵论的基础知识以及矩阵的分析方法,掌握有关的计算方法与技巧,深入学习信号处理中常用的特殊矩阵如 Toeplitz 矩阵、Hankel 矩阵、Hilbert 矩阵等,培养利用矩阵理论来解决实际问题的能力。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

线性代数,高等数学。

三、课程目标

本课程属于数学基础课,包含较多的数学推导和理论证明,包括线性空间与线性变换、欧氏空间与酉空间、范数理论等传统矩阵理论;以及矩阵序列、矩阵函数计算、矩阵分解以及特殊矩阵的相关知识。培养学生的综合分析和抽象思维能力,提高数学素质和数学修养,逐步掌握矩阵分析的数学工具,并能综合运用理论知识解决实际问题,为今后在相关专业中的实际应用打好基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时硕士研究生课程,建议覆盖第 1~4 以及 6~7 部分内容;作为 48 学时博士研究生课程,建议讲授全部内容,其中第 1 部分可以根据课时选讲。

五、授课方式

课堂教学:本课教学以教师课堂讲授为主,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时使用矩阵论在信号处理等领域的案例。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	线性空间与线性变换	线性空间、线性子空间、线性变换与矩阵、欧氏空间与酉空间
2	范数理论及其应用	向量范数、矩阵范数、范数的应用
3	矩阵分析与应用	矩阵序列、矩阵级数、矩阵函数、矩阵的微分和积分、矩阵函数的应用
4	矩阵分解	Gauss 消去法与矩阵的三角分解、矩阵的 QR 分解、矩阵的满秩分解、矩阵的奇异值分解
5	特征值的估计及对称矩阵的极性	特征值的估计、广义特征值问题、对称矩阵特征值的极性、矩阵的直积及其应用
6	广义逆矩阵	投影矩阵、广义逆矩阵的存在、性质及构造方法、广义逆矩阵的计算方法、广义逆矩阵与线性方程组的求解
7	若干特殊矩阵类介绍	正定矩阵、正稳定矩阵、非负矩阵、Hilbert 矩阵、Toeplitz 矩阵

教学重点:线性空间、线性变换与矩阵、欧式空间与酉空间;向量范数、矩阵范数;矩阵级数、矩阵函数、矩阵的微分和积分;矩阵的三角分解、QR 分解、满秩分解、奇异值分解;特征值的估计、广义特征值问题;投影矩阵、广义逆矩阵的计算方法;广义逆矩阵与线性方程组的求解;正定矩阵、正稳定矩阵、非负矩阵、Hilbert 矩阵、Toeplitz 矩阵。

教学难点:线性空间与基的关系;线性变换与对角矩阵、Jordan 标准形的关系;矩阵函数值的计算;几种矩阵函数微分的计算;矩阵奇异值分解与广义逆矩阵的关系。

七、考核要求

(1) 平时成绩(30%)。结合矩阵论作为数学工具在感兴趣的某一领域的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等做出评定。

(2) 期末成绩(70%)。根据期末闭卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

吕旌阳(北京邮电大学)、尉志青(北京邮电大学)、王生楚(北京邮电大学)、杨建宇(电子科技大学)

02 随机过程

一、课程概述

随机过程是研究随机现象的一门基础学科,是通信工程、计算机、电子、管理、金融等专业的基础课程。随机过程为随机现象提供基础理论与研究方法,同时也为实际问题的建模、分析、优化和计算提供理论基础。随机过程一般源于现实问题,其理论常具有实际问题背景,但是其理论的阐述和推理又基于严谨的高等数学知识。通过背景看过程直观,依赖数学基础掌握其理论是学习随机过程的基本方法。课程教学过程中会贯穿一些基本例子,为对随机过程的理解和学习打下基础,同时也为学生提供了通过现象看本质的能力。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析,高等代数,概率论与数理统计。

三、课程目标

掌握基本的随机过程理论、方法和思想,运用概率和分析的方法,将其运用于信息与通信工程、计算机、管理科学与工程等学科中出现的随机问题的建模、求解和分析。掌握平稳过程的概念和性质,并理解平稳过程的本质含义。掌握条件数学期望的本质与计算方法,并能够运用它来分析随机过程相关问题。掌握泊松过程的概念和性质以及相关推广过程,并与相关学科中的科学现象结合并分析。掌握更新过程的相关概念和理论,并从直观上分析相关结果。掌握离散时间和连续时间马尔可夫链的相关理论,特别是稳态分析的理论结果,并可以将其与通信、计算机等相关随机现象结合,并进一步了解其本质。了解布朗运动的概念和相关性质,以及相关推广过程及性质。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的硕士研究生和博士研究生。

作为 32 学时硕士研究生课程,建议覆盖第 1、2、3、5、6 部分内容;作为 48 学时博士研究生课程,建议讲授全部内容,其中第 4、5 和 6 部分根据课时选讲。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学。

(2) 线上教学。在教学过程中积极利用线上教学资源,适当开展混合式教学模式。

(3) 实践教学。根据教学内容以及学生学习情况,设计与课程讲授内容相关的随机现象,并进行建模、分析、求解。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	准备知识	随机变量,期望值,矩母函数,特征函数,Laplace 变换,条件期望,指数分布,无记忆性,失效率函数
2	平稳过程	宽平稳,严平稳过程,相关性质
3	泊松过程	到达间隔与等待时间的分布,到达时间的条件分布,非时齐 Poisson 过程,复合 Poisson 随机变量,相关算例
4	更新过程	定义,一些极限定理,关键更新定理及其应用,延迟更新过程及应用,更新报酬过程及应用
5	离散时间马氏链	Chapman-Kolmogorov 方程和状态的分类,极限定理,类之间的转移,赌徒破产问题,分支过程与应用,时间可逆的 Markov 及应用,半 Markov 过程
6	连续时间马氏过程	定义,生灭过程,Kolmogorov 微分方程,极限概率,平稳分布,排队论简单应用
7	布朗运动	定义,性质,更新过程的逼近与应用

教学重点:平稳过程;泊松过程;更新过程;马氏链;连续时间马氏过程。

教学难点:平稳过程通过线性系统;更新过程的性质和应用;马氏链的类转移和应用;连续时间马氏过程的平稳分布以及在相关模型中的应用;布朗运动逼近更新过程。

七、考核要求

考试。成绩构成:平时成绩占 40%+期末成绩占 60%。60 分及以上为合格。

(1) 平时成绩(40%)。含两部分:① 完成与课程内容相匹配的课后习题;② 结合具体的随机过程,并以此为工具,分析学生自己感兴趣的某一领域的前沿、热点、关键技术、难点等问题,进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。此两部分由任课教师根据标准给出评定。

(2) 期末成绩(60%)。根据期末闭卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

郭永江(北京邮电大学)、杨建奎(北京邮电大学)、周清(北京邮电大学)、李晓花(北京邮电大学)、郁文贤(上海交通大学)

03 应用泛函分析

一、课程概述

泛函分析是数学学科的重要分支。人们在研究各种具体问题时发现,对于不同的研究对象,例如三维空间的点、无穷序列或函数等,人们研究这些对象时所使用的本质方法是一样的。根据这一事实,人们获得了解决这些问题的一种统一的途径,这就是泛函分析的起源。

应用泛函分析是理工各专业的一门重要的专业基础课,是现代数学中的重要分支,是研究无限维空间和该类空间上泛函和算子理论的一门分析数学。它综合地运用分析、代数、几何的观点和方法研究分析数学中的许多问题。它在物理学、控制论、信号处理等方面有着十分重要的应用。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数。

三、课程目标

本课程主要讲述线性泛函分析,使学生学习和掌握度量空间、赋范空间、内积空间的基本概念和基本理论,学习和掌握线性算子空间、线性算子谱论的基本概念和基本理论。通过对这些基本概念和基本理论的学习和理解,学生不仅可以掌握泛函分析的基本内容和应用技巧,而且能够提高他们的逻辑思维能力。

本课程将锻炼学生综合运用分析、代数和几何的方法解决数学问题的能力,从而以全新的视点和统一的视角理解和处理诸多专业课程中所涉及的问题、概念和方法,培养学生的综合分析和抽象思维能力,并能综合运用理论知识解决实际问题。本课程注重与其他相关课程的衔接性,提高对本专业各课程的整体把握能力。

四、适用对象

通信与信息系统、信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为硕士研究生课程,建议讲授除了“度量空间的紧性”和“线性算子的谱论”之外的所有教学内容,并且根据课时选讲“度量空间的紧性”和“线性算子的谱论”部分的内容;作为博士研究生课程,建议讲授全部教学内容。

五、授课方式

以教师课堂讲授为主,小组讨论和网上学习为辅助,另有课后习题和答疑等。

(1) 课堂教学。本课程教学以教师课堂讲授为主,授课过程中运用板书和多媒体教学等各种方式,注重启发式教学,加强师生互动,并且适当介绍泛函分析的理论和方法在微分方程求

解、最优化、信号处理等领域的应用案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,以小组为单位围绕度量空间、赋范空间、内积空间的基本理论和方法在微分方程求解、最优化、信号处理等领域的应用案例展开讨论。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	度量空间	度量空间的基本概念、开集和闭集、度量空间的收敛性、度量空间的稠密性和可分性、度量空间的完备性、度量空间的紧性、Banach 不动点定理及其应用等
2	赋范空间和 Banach 空间	赋范空间的基本概念、赋范空间的完备性和 Banach 空间、有限维赋范空间的重要性质、有界线性算子、有界线性泛函及其表示等
3	内积空间和 Hilbert 空间	内积空间的基本概念、正交和正交分解、标准正交集和标准正交基、Hilbert 空间上的有界线性泛函的表示等
4	赋范空间中的基本定理	Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、强收敛和弱收敛、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理等
5	谱理论	线性算子谱理论的基本概念

教学重点:度量空间的稠密性和可分性、完备性;有限维赋范空间的重要性质;正交和正交分解、正交集和正交基;Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理。

教学难点:度量空间的紧性;Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理。

七、考核要求

- (1) 平时成绩(40%)。主要包括平时书面作业等。
- (2) 期末成绩(60%)。根据期末闭卷考试成绩评定。

八、编写成员名单

余翊华(北京邮电大学)、杨建宇(电子科技大学)

04 数值分析

一、课程概述

数值分析是研究用计算机求解各种数学问题的数值方法及其理论的一门学科。数值分析也称为数值计算方法、科学计算。继理论方法和实验方法之后,数值计算方法已成为科学研究的第三种基本手段,科学计算已经成了人们进行科学活动必不可少的科学方法和工具。所以,数值分析既是一个基础性的,同时也是一个应用性很强的数学学科,它以数学问题为对象,研究适用于科学计算与工程计算的数值计算方法及相关理论,是程序设计和对数值结果进行分析的依据和基础,是用计算机进行科学计算全过程的一个重要环节。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数。

三、课程目标

数值分析是研究各种数学问题求数值解的方法,离散化、递推化是它处理问题的主要手段,误差分析是它研究的核心问题,以计算机和数学软件为工具进行数值计算是它的显著特征。因此本课程重点放在学生对数值计算技术的掌握上,要求学生以 MATLAB 为工具,实现各种数值计算方法的编程、数值分析中某些概念的计算机仿真实验,观察算法所产生的数值现象和体会科学计算的研究方法。通过本课程的学习,培养与训练学生对实际问题的数学建模,为数学模型求解提供有效的计算算法以及运用计算机进行求解等能力。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

- (1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学。
- (2) 实践教学。根据教学内容以及学生学习情况,基于 MATLAB 软件,针对具体实例进行上机实践。
- (3) 线上教学。在教学过程中积极利用线上教学资源,适当开展混合式教学模式。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	绪论	数值分析概述;误差来源及误差分析重要性;误差基本概念
2	插值法	拉格朗日插值;均差与牛顿插值公式;差分与等距节点插值公式;埃米特插值;分段低次插值;三次样条插值等
3	函数逼近与计算	最佳平方逼近;正交多项式;函数按正交多项式展开;曲线拟合的最小二乘法
4	数值积分与数值微分	牛顿-柯特斯公式;龙贝格算法;高斯公式;数值微分
5	解线性方程组的直接解法	高斯消去法;高斯主元素消去法;高斯消去法的变形;向量和矩阵的范数;误差分析
6	解线性方程组的迭代法	雅可比迭代法与高斯-塞德尔迭代法;迭代法的收敛性;解线性方程组的超松弛迭代法
7	非线性方程求根	根的搜索;迭代法;牛顿法;弦截法与抛物线法
8	常微分方程数值解法	欧拉方法;龙格-库塔方法;单步法的收敛性和稳定性;线性多步法

教学重点:拉格朗日插值,牛顿插值,数值积分,数值微分,线性方程组迭代解法,非线性方程二分法,牛顿法。

教学难点:插值截断误差分析,数值积分和数值微分误差分析,线性方程组迭代法收敛性分析。

七、考核要求

- (1) 平时成绩(30%)。由任课教师综合考勤、课堂表现、小组研讨活动等做出评定。
- (2) 在线成绩(30%)。由任课教师综合爱课堂等网络教学平台在线练习、在线测验、在线互动等环节做出评定。
- (3) 期末成绩(40%)。根据开卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

江雪(北京邮电大学)、陈锐(北京邮电大学)、王殊(华中科技大学)

05 近世代数及其应用

一、课程概述

近世代数及其应用主要讲授群、环、域等近世代数的基础理论,及其相关的一些应用。阐述子群、循环群、正规子群、商群等基本理论,讨论子环、理想、唯一分解环、欧氏环的相关性质,分析群同态基本定理、环同态基本定理求解问题的思想,介绍极小多项式、多项式的分裂域、有限域的相关结论,论述近世代数理论在纠错编码、密码学算法与协议、一些几何作图问题求解中的应用。通过课程的学习,使学生掌握近世代数问题的基本研究方法。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够全面掌握近世代数内容的基本理论与基本方法,深入理解群、环、域的基本理论与相关知识。能够运用子群、循环群、正规子群、商群、子环、理想等知识,解决相关数学问题。掌握利用群同态基本定理、环同态基本定理等结论求解相关问题的数学逻辑。通过学习群、环、域的相关理论的一些应用,包括纠错编码、密码学应用、几何作图问题求解等,了解一种从实际问题→建立数学模型→分析问题→解决问题的思路和方法,为今后相关课程的学习打下基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为硕士研究生课程,建议覆盖第1~10部分内容;作为博士研究生课程,建议讲授全部内容,其中第1、2、7部分可以略讲。

五、授课方式

- (1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入案例。
- (2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	运算与同态映射	集合、映射、运算、同态映射、等价关系的相关知识

续表

序号	教学内容	知识点
2	群与子群	群、子群、群的同态的相关知识及性质
3	循环群与置换群	循环群、变换群、置换群的知识及相关结论
4	正规子群与商群	陪集、拉格朗日定理、正规子群、商群的相关知识及结论
5	群同态基本定理	群同态基本定理解决相关问题
6	群的直积	群的直积、低阶群构造的方法、群与纠错编码
7	环的定义及其性质	环、整环、除环、域的定义与性质。掌握矩阵环、多项式环、序列环的构造方法与性质
8	环同态基本定理	分式域、理想、商环、环同态基本定理、素理想、极大理想的相关概念与性质
9	欧氏环	唯一分解环、主理想环、欧氏环的相关知识、环理论在密码学中的应用
10	域的扩张	扩域、一些几何作图问题、代数元、单扩域的概念
11	有限域	域的特征、有限域的构造、本原元与本原多项式、有限域上既约多项式的计数等知识

教学重点:辗转相除法、模运算、群的定义、环的定义、理想的定义、域的定义、单扩域的构造、多项式的分裂域、有限域。

教学难点:循环群、变换群与置换群的相关知识,凯莱定理、拉格朗日定理、群同态定理,环同态基本定理,唯一分解环、主理想环与欧氏环。

七、考核要求

根据期末闭卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

罗守山(北京邮电大学)。

06 图论及其应用

一、课程概述

图论是研究集合元素间二元关系的学科分支,是离散数学的主要组成部分。由于计算机的迅速发展和广泛应用,图论已快速发展成为一门独立的数学分支,成为在计算机科学、交通运输、通信网络、电力工程、物理、化学、生命科学以及社会科学等领域中都有着广泛应用的一门学

科。它也是当前运筹学和应用数学最热门的研究领域之一。通过本课程的学习,使学生掌握图论的基本理论和方法,掌握一些基本的图论算法和软件实现,学会应用图论解决一些实际问题,培养学生的离散思维方式,同时也让学生了解现今图论研究前沿的发展动态和应用动态。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析,高等代数。

三、课程目标

理解图论中的基本概念,了解图的计算机存储方法;掌握求解最短路问题的几种主要方法,特别是 Dijkstra 算法;理解树的等价定义,掌握最小生成树和最小树形图问题的主要算法;理解有向图与有向 Euler 回路、Hamilton 回路及 Hamilton 图等概念以及判定方法;理解欧拉环游、邮递员问题与旅行推销商问题的基本算法;了解匹配问题的概念、基本理论和算法,掌握二部图的最优匹配算法;理解网络流的相关模型和理论,熟悉图的连通度和边连通度的基本概念与性质;掌握网络最大流的 Ford-Fulkerson 算法、推拉流算法,最小费用流的基本算法;熟悉图的染色理论和求解方法;了解图的控制集、独立集、点覆盖概念与基本算法;理解平面图的概念和平面性算法;了解竞赛图的基本概念和方法。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1~6 部分,第 10 部分的全部内容,第 7~9 部分的大部分主要内容;作为 48 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~6 部分,第 10 部分的大部分主要内容,第 7~9 部分的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入图论算法在通信中的前沿应用案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,可以小组为单位围绕最短路、生成树、网络流、染色、匹配与控制集等内容在通信与计算机网络、自动控制、信号处理等领域的应用展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	图的基本概念	图的基本概念,同构,图的存储,子图,路和连通性,圈
2	最短路问题	Dijkstra 算法, Bellman-Ford 算法, Floyd-Warshall 算法,最短路问题的应用及扩展

续表

序号	教学内容	知识点
3	树	树,生成树,最优树(Kruskal 算法,Prim 算法,Sollin 算法),最优树的应用,最小树形图,Steiner 树
4	连通度	连通度,可靠通信网的构建,Menger 定理
5	遍历问题	Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题
6	匹配	匹配,二部图的匹配,指派问题,最优分配问题,完美匹配
7	着色问题	边着色,排课表问题,点着色,围长和色数,列表染色
8	平面图	平面图,五色定理和四色猜想,平面性算法
9	有向图	有向图,竞赛图,有向 Hamilton 圈
10	网络流	网络,流,最大流最小割定理,Ford-Fulkerson 算法,最短增广路算法,推拉流算法,最大流问题的扩展,最小费用流问题

教学重点:最短路问题;生成树与最优树;Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题;匹配,二部图的匹配,指派问题;流,最大流,Ford-Fulkerson 算法,最小费用流问题;点染色,边染色,列表染色。

教学难点:最短路问题的应用;Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题;指派问题;Ford-Fulkerson 算法;最小费用流问题;列表染色。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。课后作业和学生分组结合图论与信息通信相关课题的交叉应用进行调研、分析并做综述。由任课教师综合作业正确率和综述报告质量等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。期末考试采用闭卷或半开卷方式进行测试,根据其卷面答题情况评定期末成绩。

八、编写成员名单

帅天平(北京邮电大学)、卓新建(北京邮电大学)、寇彩霞(北京邮电大学)、张中兆(哈尔滨工业大学)

07 最优化理论与方法

一、课程概述

最优化是运筹学的一个重要分支,也是应用数学和计算科学的重要分支,最优化方法广泛

应用于工程最优设计、计算机科学、管理科学与工程、系统控制、通信工程、信号处理、人工智能等领域。最优化理论与算法内容包括线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划等的理论与主要算法,如单纯形算法、牛顿法、共轭梯度法、信赖域方法、罚函数法等。通过这门课的学习,掌握最优化的基本理论和主要求解算法,并能接触到最优化方法在最新科学研究中的应用,为今后的工作与进一步的学习打下坚实的基础。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析,高等代数。

三、课程目标

掌握基本的优化理论、方法和思想,将其运用于信息与通信工程中出现的优化问题的建模、求解和分析。掌握凸分析的基础知识,会判断函数和集合的凸性。掌握线性规划的基本性质、对偶理论、单纯形算法及原始对偶算法,会用单纯形法和原始对偶算法求解通信网络中出现的优化问题;熟悉非线性规划 KKT 条件、鞍点定理;掌握非线性规划的主要求解算法;能利用已有的非线性优化算法求解信息和通信工程中出现的相关优化问题,能利用学习过的优化理论与算法对实际问题进行建模、算法设计并进行算法分析。了解最新优化算法及发展动态前沿,会使用优化软件求解具体问题。

四、适用对象

通信与信息工程学科各方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1~3,6~7,10,12~14 的全部内容,第 4~5,8,9,11,15,16 的大部分主要内容;作为 48 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~3,5~7,10,12~14 的大部分主要内容,第 4,8,9,11,15,16 的基本内容。若开设课程名称为“凸优化理论”,则讲授第 2,4,11 的全部内容,6,7,10 的部分内容,12,17~20 的主要内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入最优化在通信中的前沿应用案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,以小组为单位围绕线性与非线性优化算法与理论在雷达、通信、自动控制、语音信号处理、生物医学等领域的应用展开研讨活动。综合利用网络资源,特别是网上优秀课程按知识点以小组的形式进行研讨。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	最优化理论与应用概述、数学基础	
2	凸分析初步	凸集、凸函数、凸集分离定理和应用

续表

序号	教学内容	知识点
3	线性规划	概念和基本定理、单纯形方法、对偶理论、对偶单纯形算法、原始-对偶单纯形法、灵敏度分析
4	线性规划的内点算法	仿射尺度算法、对数障碍函数法、原始对偶内点法、中心路径
5	无约束优化最优性条件与一维搜索	黄金分割法、函数插值法
6	牛顿法、拟牛顿法	DFP 法、Broyden 族、收敛速度
7	共轭梯度法	FR 共轭梯度法、PRP 共轭梯度法
8	无导数方法	模式搜索法、Rosenbrock 算法、Powell 方法、Nelder-Mead 法
9	信赖域方法及非线性最小二乘问题	信赖域基本形式、信赖域子问题、零空间方法、CDT 子问题
10	约束优化理论	最优性条件、对偶理论、鞍点问题
11	二次规划	积极集法、对偶方法、内点算法
12	罚函数法	内点罚函数法、外点罚函数法、乘子法
13	可行方向法	可行点法、既约梯度法、投影梯度法
14	序列二次规划法	Newton-Lagrange 法
15	整数规划	分支定界算法、割平面算法
16	动态规划	动态规划基本方程、求解方法
17	二阶锥规划(SOCP)	表示形式、凸二次约束二次规划、鲁棒 LP, SOCP 的应用
18	半正定规划(SDP)	SDP 的求解、秩一分解、SDP 松弛、随机近似、SDP 的应用
19	凸规划的对偶理论	共轭对偶、Lagrange 对偶与锥优化、SDP 及 KKT 条件、S-引理、Lagrange 对偶规划
20	内点法	中心路径、原始对偶内点法

教学重点:线性规划的单纯形方法和对偶理论,非线性规划的最优性条件和对偶理论,牛顿法、拟牛顿法、共轭梯度法、罚函数法、信赖域法、可行方向法、二次规划、SOCP、SDP、原始对偶内点法。

教学难点:线性规划的对偶理论、互补松弛条件、原始对偶算法;非线性规划的最优性条件、KKT 条件、拉格朗日对偶、鞍点定理;拟牛顿法、共轭梯度法、信赖域法、零空间方法、序列二次规划算法;优化算法的收敛分析;分支定界法;二阶锥规划及其应用;半正定规划的求解、半正定规划松弛策略;原始对偶内点法等。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。课后作业和学生分组结合信息与通信工程中相关课题的优化求解方法进行调研、文献查阅并做综述。由任课教师综合作业正确率和综述报告质量等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。期末考试根据实际情况采用闭卷或开卷方式进行测试,根据其卷面答题情况评定期末成绩。

八、编写成员名单

帅天平(北京邮电大学)、孙聪(北京邮电大学)、寇彩霞(北京邮电大学)

08 现代信号处理

一、课程概述

近年来,随着现代通信、信息理论和计算机科学与技术的飞速发展,信号处理的经典理论也在向现代理论演化。已从研究简单的线性时不变的最小相位系统,发展为研究非线性时变的非最小相位系统。自适应滤波器的出现,为信号处理增添了新的活力,同时由于高阶统计量、时频变换、Gabor 变换、Radon-Wigner 变换和分数阶傅里叶变换、小波变换等各种变换和数学工具的新发展,使人们可以有效地分析和处理非高斯信号和非平稳时变信号。这就使得现代信号处理成为现代通信信息系统、电子科学技术以及自动控制等众多学科的理论基础和有力工具。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

数字信号处理。信号与系统等。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够全面掌握信号处理基本理论,深入理解各种信号处理的相互关系和作用,掌握噪声环境下典型信号有无判断的贝叶斯检测方法、信号参数估计(最小均方、最大似然、最小二乘等估计方法)、波形(匹配滤波、维纳滤波、卡尔曼滤波)和谱估计(经典谱估计和现代谱估计)、自适应滤波器(LMS、RLS 等)、各种信号变换(Gabor 变换、Radon-Wigner 变换、分数阶 Fourier 变换、小波变换等)、高阶信号处理以及压缩感知理论等信号检测、分析和处理的相关基本方法,为针对不同工程需求和复杂信号处理,能够完成其需求分析、设计和改进相应信号处理方法,为解决信号处理实际问题打下良好的理论基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1 部分的全部内容,第 7~13 部分的大部分主要内容;作为 48 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~7 部分的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学。

(2) 实践教学。根据教学内容以及学生学习情况,基于 MATLAB 软件,针对具体实例进行上机实践。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	概述	信号处理基本概念;发展历程;主要特点;典型应用
2	信号检测	简单假设检验;贝叶斯准则(Bayes);最小总错误概率准则(最小误差概率准则);最大后验概率准则;极大极小化准则;Neyman-Pearson 准则;多元假设检验理论;检测的性能评估
3	参量估计	参量的估计准则;估计量的性质与 Cramer-Rao 界;非随机参量的最大似然估计;随机参量的贝叶斯估计;矢量估计;线性最小均方误差估计;最小二乘估计
4	波形估计	信号波形估计的准则和方法;匹配滤波器原理;高斯有色噪声中信号波形检测;线性变换与正交原理;连续过程的维纳滤波;离散过程的维纳滤波;离散卡尔曼滤波;离散卡尔曼滤波的扩展
5	谱估计	经典谱估计;自回归 AR 模型;解尤利-沃尔克方程 Levinson-Durbin 递推法;AR 模型的谱估计;AR 模型阶数的判定及存在的问题;MA 模型谱估计;ARMA 模型谱估计
6	自适应信号处理	数字滤波器;自适应处理器的结构;最速下降法原理;最小均方算法(Least Mean Square);RLS 自适应算法;格型自适应滤波器;自适应噪声对消器原理;自适应谱线增强器与陷波滤波器;信号分离和信号的谱线增强;非线性自适应滤波与盲均衡
7	高阶累积量和高阶谱	高阶矩、高阶累积量和高阶谱的定义;高阶矩与高阶累积量的性质;双谱及应用
8	时频表示与时频分布及应用	时频分布的基本概念及一般理论,性能评估,重点介绍三种时频分布:短时 Fourier 变换、Cohen 类分布及 Wigner-Ville 分布
9	Gabor 变换	复谱图;连续 Gabor 变换;临界采样;过采样连续 Gabor 变换的解析理论;过采样连续 Gabor 变换的框架理论;离散 Gabor 变换的解析理论;离散 Gabor 变换的框架理论与伪框架理论
10	Radon-Wigner 变换	Radon 变换;Radon-Wigner 变换的定义及计算;Radon-Wigner 变换的性质及应用

续表

序号	教学内容	知识点
11	分数阶 Fourier 变换	分数阶 Fourier 变换定义及基本性质;分数阶 Fourier 变换的数值计算及应用
12	小波分析及应用	小波分析的物理考虑;小波变换;小波分析中的 Riesz 基与正交基;框架理论;多分辨分析;滤波器组
13	压缩感知理论及应用	信号的稀疏表示;稀疏系数的求解;压缩感知算法;测量矩阵;信号重建算法;压缩感知的典型应用

教学重点:二元假设检验基本方法;参数和波形估计基本方法;谱估计模型;维纳滤波;卡尔曼滤波;自适应处理器的基本结构;LMS 和 RLS 自适应算法;时频分析、Gabor 变换、Radon-Wigner 变换、分数阶 Fourier 变换与小波变换;压缩感知基本理论。

教学难点:贝叶斯准则与相关准则之间的关系;参数和波形估计准则关系;谱估计模型与阶次的判断等;自适应滤波器模型、算法及性能分析;高阶矩、高阶累积量和高阶谱之间的关系;时频分析、各种变换与小波分析之间的同异性;压缩感知理论。

七、考核要求

(1) 平时成绩(50%)。结合课题或感兴趣的某一领域的信号处理的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅撰写专题报告论文。由任课教师综合课堂和专题报告等做出评定。

(2) 期末成绩(50%)。根据期末开卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

蒋挺(北京邮电大学)、郭彩丽(北京邮电大学)、邹卫霞(北京邮电大学)、吴胜(北京邮电大学)、吴一戎(中国科学院大学)

09 雷达信号处理

一、课程概述

雷达信号处理主要讲述雷达系统的基本原理、雷达目标与环境以及雷达信号处理基础,阐述雷达信号模型、雷达波形与脉冲压缩、目标检测处理、运动目标指示(MTI)与脉冲多普勒(PD)处理的基本理论,讨论波束形成和空时自适应处理、雷达成像处理以及认知雷达处理等技术,建立现代雷达先进信号处理概念。本课程为信息与通信工程学科研究生的专业基础课,是进一步学习先进雷达及其信息处理相关理论的先修课程。

建议学分/学时:2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与随机过程,信号与系统,数字信号处理,通信原理,雷达原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够全面掌握雷达信号处理基本理论,深入理解雷达系统同目标与环境的相互作用,掌握雷达信号建模与仿真方法,建立 MTI 与 PD 处理、波束形成和空时自适应处理、雷达成像处理以及认知雷达处理等的基本概念,学会从实际问题→建立数学模型→分析问题→解决问题的思路和方法。通过本课程的学习,应能够运用雷达系统概念和信号处理基本理论,针对典型雷达工程需求,确定所需采用的雷达波形参数,建立雷达信号仿真模型,分析和评估不同雷达系统及其信号处理算法的性能;针对复杂雷达工程问题,能够完成其需求分析、基本设计、系统建模和分析工作,为解决雷达实际应用问题打下良好的理论基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士或硕士研究生课程,建议教学重点放在对雷达信号处理基础知识的掌握上,讲授第 1~5 部分的全部内容,第 6~8 部分内容可选择性讲授或通过课程设计等方式引导学生自主学习相关内容。本课程也可扩展为 48 学生的博士和硕士研究生课程,教学重点包括对雷达信号处理基础知识的掌握和对先进雷达信号处理技术思想的深入理解,建议讲授第 1~8 部分全部内容,同时通过研讨、课程设计等教学活动,引导学生深入理解第 6~8 部分各种现代雷达信号处理技术解决实际雷达问题的思路和方法。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入雷达最新进展和前沿处理技术案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,可以小组为单位围绕雷达前沿论题与技术、雷达信息处理问题、雷达在军用或民用领域的最新进展等展开研讨活动和专题报告。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	雷达基础	雷达基本概念;雷达信号及其表示方式;雷达目标与环境;雷达目标参数测量;雷达信号处理基本概念(空间频率、雷达分辨率、相参积累、相关、检测与成像概念等)
2	雷达信号模型	目标散射信号模型,人造目标散射信号的稀疏表征,目标信号统计模型;杂波散射经验模型,杂波统计模型,杂波谱分布模型;噪声和干扰模型;雷达信号建模方法

续表

序号	教学内容	知识点
3	雷达波形与脉冲压缩处理	匹配滤波器,雷达模糊度函数,典型雷达信号的模糊度函数;模糊度函数与分辨率、距离和速度测量精度的关系;脉冲信号压缩的概念,大时宽-带宽积信号,线性调频波的脉冲压缩处理,编码信号的压缩处理等
4	目标检测处理	雷达假设检验检测;相参脉冲串信号的积累处理与实现,脉间参差与脉间跳频信号的积累,非相参脉冲串信号的视频积累;噪声中信号的自动门限检测;杂波中信号的恒虚警率(CFAR)检测等
5	多普勒处理	目标与杂波的回波频谱分析;运动目标指示(MTI)处理;脉冲多普勒(PD)处理;运动平台的 MTI 和 PD 处理技术等
6	波束形成和空时自适应处理	波束形成的概念,数字波束形成原理、算法结构与性能分析;空时信号环境与建模,空时处理概念,空时自适应处理技术等
7	雷达成像处理	逆合成孔径雷达(ISAR)成像、合成孔径雷达(SAR)成像概念,雷达成像的径向与横向距离高分辨率;条带式 SAR 成像数据特性与成像算法;聚束式 SAR 数据特性与成像算法;干涉 SAR 处理技术等
8	认知雷达处理	波形分集和认知雷达概念;抗干扰波形优化技术,杂波抑制波形优化技术,目标识别波形优化技术;知识辅助的全自适应方法等

教学重点:本课程的教学重点包括 3 个方面:一是建立雷达信号处理基本概念、掌握雷达信号模型及其建模方法,包括雷达目标与环境的相互作用、目标信号模型、杂波模型以及雷达信号建模方法;二是掌握雷达信号处理基本理论和方法,包括雷达波形与模糊度函数概念、脉冲压缩原理、噪声与杂波中的目标检测处理、运动目标指示(MTI)与脉冲多普勒(PD)处理;三是理解现代先进雷达信号处理技术的物理原理和数学方法,包括数字波束形成、空时自适应处理、SAR 和 ISAR 成像原理与基本成像算法、波形分集和认知雷达概念、波形优化概念与知识辅助的自适应处理方法等。

教学难点:第 1~2 部分为雷达信号处理基础知识,主要难点在于如何针对特定问题,从雷达同目标与环境相互作用的角度出发,基于物理原理和数学方法,建立雷达信号模型;第 3~5 部分为雷达信号处理基本方法,主要难点在于如何正确应用雷达方程、模糊度函数分析、雷达分辨原理和统计理论,解决基本的雷达信号处理问题;第 6~8 部分为现代先进雷达信号处理技术,难点主要是理解和掌握波束形成与空时处理、雷达成像与认知处理等技术解决复杂环境下雷达目标检测、成像和识别等问题的基本思想与方法。

七、考核要求

(1) 平时成绩(30%)。学生分组结合雷达相关课题的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅、建模与仿真并做专题报告。由任课教师综合小组研讨的学习成效、专题报告等做出评定。

(2) 期末成绩(70%)。期末考试采用半开卷方式,鼓励选课学生期末对课程进行全面总

结,允许选课学生每人携带一页 A4 纸手写笔记参加期末考试,并根据其卷面答题情况进行成绩评定。

八、编写成员名单

许小剑(北京航空航天大学)、陈杰(北京航空航天大学)、孙进平(北京航空航天大学)、吴一戎(中国科学院大学)

10 现代数字通信

一、课程概述

作为信息与通信工程一级学科的核心专业基础课程,现代数字通信主要讲述数字通信系统与网络的基本概念、基本理论及性能分析基本方法,包括调制技术、编码技术、同步技术、数字交换与网络技术等。本课程理论性强,内容抽象,而且知识难点多,学习难度较大。因此,学习本课程时,应当特别注意数字通信系统基本概念的准确掌握和基本原理的透彻理解,强调理论结合实践。现代数字通信是进一步学习现代通信与信号处理相关理论的先修课程,可为后续专业课程的学习奠定坚实的理论基础。

建议学分/学时:2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与随机过程,线性代数,通信原理,计算机网络。

三、课程目标

掌握研究数字通信系统的基本数学工具;掌握现代数字通信系统的基本概念(如数字通信系统、信号空间、编码、调制、同步、信道衰落、软判决等)、基本理论(如抽样定理、Nyquist 准则、检测准则、Shannon 信息论等)及其性能分析方法(如差错率分析等);掌握数字通信系统设计的基本原则及性能优化的基本方法;掌握运用这些基本理论和方法来分析实际系统、解决实际问题的方法。通过本课程的学习,为后续学习数字通信领域的各专业课程(如数字无线通信、数字光纤通信、数字卫星通信、数字交换网络、计算机网络等)打好基础。

四、适用对象

信息与通信工程学科及相关方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1~7 的全部内容;作为 32 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~10 的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。针对本课程理论性强,内容抽象,知识难点多,学习难度较大的特点,以教师课堂讲授为主,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学、问题式教学,并根据教学内容适时引入现代数字通信前沿技术案例。

(2) 专题研讨/典型案例教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,鼓励同学们以小组为单位围绕所从事的科研工作、当前热点问题、典型案例等展开小组研讨,并进行计算机仿真分析和专题报告。

六、课程内容

课程共包括数字通信系统和数字通信网络两部分内容:第 1 部分数字通信系统包括第 1~7,第 2 部分数字通信网络包括第 1 和第 8~10。

序号	教学内容	知识点
1	现代数字通信系统与网络概述	数字信号、通信的数字化;数字通信系统、数字通信网络;系统模型与评价质量指标;同步技术等
2	信号波形与信号空间理论基础	Hilbert 变换和解析信号;度量空间、希尔伯特空间、信号空间的基本概念、空间中信号能量与差异性的描述;信号波形的矢量表示、传输信号星座分析等
3	在强噪声背景下的数字通信技术	AWGN 信道模型,检测基础理论、MAP 准则、ML 准则、最小距离判决准则;相干检测接收机、最佳接收机及其差错性能分析等
4	带限信道下的数字信号传输技术	信号功率谱分析及信号设计、有记忆的调制信号及其功率谱分析;存在失真时的系统设计、均衡技术;多信道和多载波通信系统等
5	衰落信道中的数字传输技术	无线衰落信道模型及其传输特性分析;衰落信道下的传输信号设计;抗衰落传输技术(分集技术,空时编码及多天线 MIMO 技术)等
6	数字通信系统的信息论基础	信源熵与 Shannon 信源编码定理、信道模型与 Shannon 信道编码定理、Shannon 信息传输定理;差错信道编码基础理论;信道编译码方法、软判决译码方法、硬判决译码方法等
7	数字通信系统设计	数字通信系统设计的基本原理、设计方法;数字通信系统设计列举
8	数字交换与组网技术	交换概念;数字程控交换技术、分组交换技术、软交换技术;软件定义网络概念及基本架构等
9	多址接入与多用户检测技术	多路复用与多址接入概念;多址接入技术(TDMA、FDMA、CDMA 和 SDMA 等);多用户检测技术(最优多用户检测法、串行干扰消除算法)等
10	数字蜂窝通信系统	2G、3G、4G、5G 系统;Massive MIMO,全双工通信技术等新进展技术

教学重点:信号空间及其信号的矢量描述方法;MAP 准则、ML 准则、最小距离判决准则;接收机差错性能分析;信号功率谱分析;多信道和多载波通信系统;衰落信道下的传输信号设计;

衰落传输技术;Shannon 信息传输定理;软判决译码方法、硬判决译码方法;多址接入技术;多用户检测技术。

教学难点:接收机差错性能分析;信号功率谱分析;多载波通信系统;衰落传输技术;软判决译码方法;数字通信系统设计;多用户检测技术;Massive MIMO、全双工通信技术等。

七、考核要求

(1) 大作业成绩(40%)。学生分组结合课题或感兴趣的某一领域追踪调研、文献查阅、计算机仿真或案例分析,并进行专题报告和讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等进行分数评定。

(2) 期末成绩(60%)。课程重点在于基础理论的掌握和分析能力的培养,故建议期末开卷考试,根据书面成绩评定。

八、编写成员名单

罗涛(北京邮电大学)、刘丹谱(北京邮电大学)、郭一珩(北京邮电大学)、张志龙(北京邮电大学)、何欣欣(北京邮电大学)、高西奇(东南大学)

11 信息论

一、课程概述

本课程以概率论和随机过程为主要工具研究信息处理和信息传递,介绍现代信息论的基础理论与前沿问题,是信息与通信工程学科研究生课程体系的专业基础课程之一。本课程以本科阶段学习的信息熵、平均互信息等概念为基础,系统地学习无失真信源编码、有噪信道编码及限失真信源编码的理论、分析方法和内在联系,进一步讲授现代通信系统、通信网络的基本优化理论与前沿问题。通过本课程的学习,为从事信息通信领域的科学研究和工程设计奠定理论及方法基础。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

信息论基础,概率论与随机过程,通信网理论。

三、课程目标

本课程讲授信息通信系统有效性和可靠性极限性能的一般原理及相关方法,主要学习信息及通信系统分析的一般性理论(信息的度量、信息压缩及通信系统传输极限性能的基本定理等),信息传输中的关键问题以及分析和解决这些问题的思路和方法。通过本课程的学习,系统

地掌握单用户/网络信源和信道的分析方法、理论极限、优化设计思路及技术发展方向,综合培养学生分析、解决通信与信息处理领域中实际问题的能力,重点提升学生在信息处理及传递方面的理论基础,使学生能够对网络信息论的研究现状与发展趋势有整体的认识,为后续从事信息行业奠定理论基础和储备系统化知识。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以教师课堂讲授为主,授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入信息通信中的前沿技术案例。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	香农信息论基本概念体系回顾	信息熵、平均互信息及其相互关系
2	信源与信源度量	离散信源的分类与数学模型、离散无记忆信源及离散平稳信源的熵、马尔可夫信源的熵、信源的相关性与剩余度
3	信源与信源度量	信息熵概念推广、连续最大熵定理、熵功率、连续平均互信息的定义与计算
4	无失真信源编码定理	信源编码的分类、典型序列与信源序列的渐近均分特性、定长编码定理
5	无失真信源编码定理	异前置码的性质、无失真信源编码定理、二元及多元哈夫曼编码、马氏源哈夫曼编码、实用信源编码技术简介
6	信道与信道容量	信道模型及其分类、单符号离散信道及其容量、级联信道及其容量
7	信道与信道容量	多维矢量信道及其容量、信道容量的迭代计算原理与算法
8	信道与信道容量	离散时间连续信道、加性噪声信道与容量、AWGN 信道的容量
9	信道与信道容量	有色高斯噪声信道容量、数字调制系统的信道容量
10	有噪信道编码定理	信道编码的概念、最佳判决与译码准则、费诺(Fano)不等式、有噪信道编码定理、信源信道联合编码定理及信源信道分离定理、典型信道编码技术简介
11	限失真信源编码定理	信息率失真函数定义与计算方法(离散信源)、信息率失真函数定义与计算方法(连续信源)
12	限失真信源编码定理	限失真信源编码定理、高斯信源的 $R(D)$ 函数、有损数据压缩技术简介
13	网络信息论的经典信源模型	无损/有损分布信源编码、分布信源编码应用

续表

序号	教学内容	知识点
14	网络信息论的经典信道模型	多址接入信道模型及容量
15	网络信息论的经典信道模型	广播信道模型及容量
16	网络信息论的经典信道模型	中继、干扰、双向等信道模型及容量
17	通信系统与网络的联合建模	多点到多点恒参信道模型、变参信道模型
18	通信系统与网络的联合建模	通信系统与通信网络的分层模型、Markov 模型
19	通信网络与系统的定量分析方法	通信系统与网络的排队模型与性能分析、衰落信道通信系统容量分析
20	通信网络与系统的定量分析方法	通信系统容量分析、一般通信网络容量分析
21	联合优化理论与方法	网络编码基本原理、喷泉码基本原理
22	联合优化理论与方法	跨层优化基本原理、下一代互联网探讨
23	重要信息理论方法	信息熵的估计方法、最大熵/最小交叉熵原理等
24	信息论应用	信息论与其他学科交叉、信息论的最新应用简介

教学重点:单用户/网络信源、信道的数学模型及其分析、计算方法;信息通信系统的无损数据压缩、可靠数据传输、有损数据压缩三个基本问题及其理论极限; Huffman 编码方法,信道容量计算方法, $R(D)$ 函数的意义及计算方法;最小交叉熵原理及应用;网络信息论中多址、广播、中继、干扰、双向等经典信道模型的容量域分析以及相应的编码定理证明。

教学难点:马氏信源、高斯信源及其熵的计算;香农三个编码定理及其内在关系;任意离散无记忆信道、AWGN 信道容量计算; $R(D)$ 函数计算方法;最小交叉熵求解方法;通信网络的渐近容量分析、排队论建模与性能分析、喷泉码技术、网络编码定理。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。由任课教师综合信息论练习题、信息论实践题做出评定。信息论练习题参考经典教材的课后习题,根据学生完成练习题的作业质量评定成绩;信息论实践题要求学生根据信息论课程中的知识内容,解决信息领域的经典实践问题,如数据压缩、任意信道容量计算等,根据学生完成实践题的报告质量评定成绩。

(2) 考试成绩(60%)。根据闭卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

许文俊(北京邮电大学)、牛凯(北京邮电大学)、贺志强(北京邮电大学)、唐朝京(国防科技大学)

12 编码理论

一、课程概述

编码理论是研究信息有效表征与可靠传输的理论与方法。编码技术广泛应用于现代通信系统、计算机等领域。本课程主要讲述编码基本理论、信源编码、信道编码的编译码原理及分析方法,是信息与通信工程的专业核心课程之一。随着社会信息化的发展,信息编码理论的应用已经渗透到许多领域,是高层次信息技术人才必不可少的专业基础知识。

建议学分/学时:2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与数理统计,高等数学,线性代数,信号与系统,随机过程,通信原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,可以建立信息编码的基本概念,了解信源与信道编码的区别及其理论与分析方法;掌握基本的无失真信源编码的原理与方法,具有实现不同信源编码的能力;掌握线性分组码的编码原理与译码方法,了解线性分组码的性能界和设计方法;掌握有限域代数的基本概念和循环码的编码原理与译码算法,掌握 BCH、RS 码的设计方法及应用;掌握 Turbo 码、LDPC 码的编码方法与迭代译码原理,了解性能分析方法;掌握通信系统中常见的信道编码与信源编码技术实现方法,具备在现代通信系统中设计与应用编码的能力。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1、2 全部内容、第 3~7 大部分主要内容;作为 32 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~7 的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入编码理论前沿技术案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,以小组为单位围绕信源编码、信道编码在不同通信系统中的设计应用展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	信息论基础	熵、互信息概念, Jensen 不等式、Fano 不等式、信息处理定理、渐进均分性 *

续表

序号	教学内容	知识点
2	信源编码	最优码、唯一可译码、离散信源无失真编码、Huffman 编码、算术编码*、通用编码*
3	线性分组码	信道模型及信道容量、有限域代数理论、线性分组码、编码界*、循环码、BCH 码、RS 码
4	卷积码	卷积码编码、最大似然序列译码、维特比译码、卷积码性能分析*
5	Turbo 码	Turbo 码编码、MAP 译码算法、EXIT 图分析*
6	LDPC 码	LDPC 编码、Tanner 图、LDPC 译码算法、LDPC 码优化与分析*
7	编码调制	比特交织编码调制(BICM)、网格编码调制(TCM)

(注: * 号部分作为博士研究生选讲内容)

教学重点: 熵、互信息、信息处理定理、渐进均分性; 唯一可译码、最优码、通用编码; 有限域代数理论、线性分组码、循环码、BCH 码、RS 码; 卷积码、维特比译码; Turbo 码编码与译码算法; LDPC 编码与译码算法。

教学难点: 熵、互信息、渐进均分性; 唯一可译码、最优码; 信道容量; 有限域代数理论、BCH 码编译码、RS 码编译码; Turbo 码译码算法; LDPC 码译码算法。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。学生分组结合课题或感兴趣的编码理论与应用的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。根据期末开卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

郭文彬(北京邮电大学)、董超(北京邮电大学)、彭涛(北京邮电大学)、李建东(西安电子科技大学)

法,包括网络业务特性分析、网络拓扑结构分析和网络可靠性分析等。通过本课程的学习,为从事信息通信领域的科学研究和工程设计奠定理论及方法基础。

建议学分/学时: 2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论,随机过程,通信原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,建立通信网的基本概念和基本模型,了解通信网性能分析的基本方法,掌握通信网拓扑结构分析方法,熟悉通信网可靠性分析方法;学会使用数学的语言来研究通信网,使用随机的思想来看待通信网,运用数学的手段来分析通信网络,了解决定网络性能的关键因素,加深对通信网工作原理的理解;对提高认识具体的网络单元、理解现代网络的性能评估、培养综合分析能力和创新能力均具有重要意义。

四、适用对象

信息与通信工程各方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1—6、9—14 的大部分内容,第 7、8 的基本内容;作为 32 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1—6 的基本内容,第 9—14 的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入网络中的工程案例以及前沿技术案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容,适当开展研讨活动。由教师提供扩展学习资料,围绕网络的业务特性、拓扑结构和可靠性等问题,由学生自主探索,在此基础上展开以小组为单位的研讨式教学。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	概述	通信网的基本工作原理;通信网理论分析的重要性;通信网理论的范畴及其发展史
2	通信网建模理论	通信业务的分类及其业务特性;通信业务源的概率模型化(纯随机业务/平滑业务/突发业务/相关业务的概率描述,负指数分布/爱尔兰分布/超指数分布/几何分布/泊松分布的特性,泊松过程/间歇泊松过程/交互泊松过程/ON-OFF模型/马尔可夫调制泊松过程的特性,更新过程的基本概念,方差系数/分散指数/相关系数的概念,自相关业务模型),通信网络的排队模型化(排队模型的基本组成,马尔可夫与非马尔可夫排队模型,生灭过程)

13 通信网理论

一、课程概述

通信网理论课程以概率论、图论和可靠性理论为主要工具,学习网络理论与分析方法,研究和计算通信网络的性能,规划设计和优化网络,是信息与通信工程学科研究生课程体系的专业基础课程之一。本课程主要讲述通信网方面的基本理论和数学模型,以及网络建模和分析方

续表

序号	教学内容	知识点
3	排队论的三个基本定理	排队模型与 Kendall 记号;排队模型的参数及性能指标;Little 定理,PASTA 定理,到达时刻与退去时刻状态概率等效性定理;上述三个定理的证明及其推广
4	马尔可夫型排队模型的性能分析	全局平衡与局域平衡的概念; $M/M/1$, $M/M/s$, $M/M/s(k)$ 排队模型的队长分布及等待时间;Erlang-B 公式的物理意义及其应用; $M/M/s$ 排队系统的退去过程与 Burke 定理;Engest 公式;多维马尔可夫排队系统解析;马尔可夫排队系统的暂态分析
5	马尔可夫性排队网络的性能分析	排队系统的可逆性与准可逆性定理;Jackson 开环网络与 Jackson 定理;Gorden-Newell 闭环网络与 Gorden-Newell 定理;马尔可夫型排队网络的分解;Jackson 定理的证明
6	非马尔可夫型排队模型的性能分析	$M/G/1$ 和 $GI/M/1$ 的嵌入马尔可夫链分析法; $M/G/1$ 模型的 P-K 公式; $M/G/1(k)$ 模型阻塞率的求解; $M/G/1$ 型群到达排队系统的分析; $GI/M/s$ 模型的几何形式解; $M/G/1$ 与 $GI/M/1$ 模型的辅助函数分析法; $M/G/1$ 优先权排队模型的解析; $M/G/1$ 模型的忙期; $GI/G/1$ 排队模型的 Lindley 积分分析法
7	通信网络的相位描述理论	相位型概率分布、相位型更新过程与相位型马尔可夫更新过程的引入;典型概率分布与随机过程的相位描述;相位分布的封闭特性;高级矩阵理论;MAP (Markovian arrival process) 的特性与应用;分组语音与分组图像业务的相位建模
8	相位型排队模型的矩阵几何解	准生灭过程的概念;相位型排队系统 ($M/PH/1$, $M/PH/1(k)$, $PH/M/c$, $PH/M/c(k)$, $PH/PH/1$) 的矩阵几何解;准生灭过程的嵌入马尔可夫链;相位型排队系统等待时间的求解; $M/G/1$ Type 和 $GI/M/1$ Type 系统的解析
9	多址接入系统分析	多址接入系统介绍;同步 TDMA 与异步 TDMA;随机多址接入系统(纯阿罗华系统与分槽阿罗华系统);载波监听多址接入系统;轮询方式;多种多址系统的比较
10	图和树的基本概念	图与子图;链、圈和连通分图;特殊图类;图的关系和运算;反圈;树的基本性质,图的支撑树,树边和连枝,树的基本变换
11	最短路径问题	最小支撑树,指定端间最短路径 Dijkstra 算法,标号置定法/标号修正法,任意端间最短路径 Floyd 算法
12	最大流问题	可行流的条件,流与割集,最大流与最小割定理;最大流算法,增广链;点有容量的最大流问题,多商品流的最大流问题
13	最小费用流问题	费用的定义,负圈;最小费用流算法;最小费用循环流;求解流的线性规划问题
14	通信网的可靠性	可靠性理论基础(寿命分布和失效率函数,不可修复系统和可修复系统,复杂系统的可靠度);通信网的连接性(连通度与线连通度以及混合连通度,最小割端/边/混合割集数);通信网的可靠性(可靠度的近似计算,局间可靠度和综合可靠度);网络综合可靠度

教学重点:建立通信网络的基本概念,了解通信网络性能分析的基本方法,掌握通信网拓扑结构分析方法,熟悉通信网可靠性分析方法,培养学生针对实际问题进行建模和分析的能力。

教学难点:泊松过程与生灭过程、马尔可夫型排队模型的建模与性能分析、非马尔可夫型排队模型的建模与性能分析、图端间最短距离和路由、网络最大流和最小费用流、网络可靠性近似计算等。

七、考核要求

- (1) 平时成绩(30%)。由任课教师综合平时作业和小组讨论等做出综合评定。
- (2) 研究报告(30%)。根据学生就某一相关题目所提交的研究报告评定。
- (3) 期末考试(40%)。根据期末考试卷面成绩评定。

八、编写成员名单

王文博(北京邮电大学)、刘雨(北京邮电大学)、张琳(北京邮电大学)、苏骊希(北京邮电大学)

14 机器学习

一、课程概述

本课程对模式识别与机器学习领域的专业基础理论知识进行系统介绍,内容涵盖模式识别和机器学习领域的典型模型和典型算法,面向信息与通信工程一级学科智能信息处理相关方向的硕士和博士研究生。在人工智能与大数据、物联网和智能制造相融合发展的背景下,旨在为智能信息处理相关领域的研究生建立系统性的专业理论体系。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程*

高等数学,线性代数,概率论与数理统计。

* 先修“最优化理论”和“矩阵分析”有助于对课程的掌握。

三、课程目标

本课程提供对模式识别与机器学习领域典型模型和算法的系统介绍,为准备在大数据、物联网、模式识别、机器学习以及数据挖掘等智能信息处理相关方向开展研究工作的硕士研究生和博士研究生提供较为系统和完善的专业理论基础。本课程侧重于以概率视角建立模式识别与机器学习中典型模型和算法的知识体系,掌握最大似然估计法、最大后验概率估计法和贝叶斯估计法,掌握基于这些方法构建回归模型和分类模型,能够进行数学推导、模型求解和模型分

析,掌握神经网络及误差反向传播算法、核方法与支持向量机、混合模型与期望最大算法、概率图模型以及推理方法等。

四、适用对象

信息与通信工程一级学科的硕士研究生,通信与信息系统和信号与信息处理二级学科人工智能和智能信息处理方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂教学为主,研讨教学为辅。

(1) 课堂教学。教师课堂集中讲授,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学(PPT等),注重启发式教学,根据教学内容结合研究历史回顾和研究前沿进展介绍。

(2) 研讨教学。根据教学内容和学生学习情况,可以安排适量相关专题历史回顾、研究前沿进展和研究热点介绍等方面的小组研讨。

六、课程内容

课程内容覆盖模式识别与机器学习领域的典型模型和算法,涵盖常用概率分布、参数估计方法(最大似然估计、最大后验概率估计和贝叶斯估计等)、线性模型(线性回归模型、线性分类模型、逻辑回归、贝叶斯线性回归等)、核方法与支持向量机、神经网络以及深度学习、概率图模型与近似推理以及混合模型等。

序号	教学内容	知识点
1	绪论	机器学习发展简史
2	数学基础知识介绍	概率论、决策论、信息论以及典型分布
3	用于回归的线性模型	最大似然估计法,最小二乘线性回归模型,贝叶斯线性回归模型
4	用于分类的线性模型	概率生成模型,概率鉴别模型,鉴别函数,感知器算法, Logistic 回归
5	神经网络	前馈神经网络,误差反向传播算法,自编解码网络深度学习
6	核方法	对偶表达,再生核希尔伯特空间,高斯过程
7	支持向量机	最大间隔超平面与支持向量机
8	混合模型和 EM 算法	K-均值聚类,混合模型,期望最大算法
9	概率图模型	贝叶斯网络,条件独立,Markov 随机场,图模型中的推理,采样方法,变分推理

教学重点:常用概率分布,最大似然估计法、最大后验概率估计法、贝叶斯估计法,线性回归、线性分类与 Logistic 回归,反向传播算法,核方法、支持向量机,混合模型与期望最大算法。

教学难点:贝叶斯线性回归、贝叶斯 Logistic 回归、高斯过程、再生核希尔伯特空间、期望最大算法和变分推理。

完整讲授整个内容大约需要 48 学时;若作为 32 学时课程,建议覆盖第 2、3、4、5、6、7 和 8 部分。

七、考核要求

要求掌握典型模型和典型算法,能够进行模型的推导和变形,能够运用典型模型和典型算法解决问题。

(1) 平时成绩(40%)。建议安排平时作业,每专题提供一组计算、推导和编程实验题目,用于巩固课堂内容、加深课堂内容理论以及课堂内容的延伸。

(2) 期末成绩(60%)。期末可设置考试,也可以设置课程论文形式进行考核评定。

八、编写成员名单

李春光(北京邮电大学)、徐蔚然(北京邮电大学)、郭军(北京邮电大学)、赵耀(北京邮电大学)

15 数据科学

一、课程概述

本课程按专题对机器学习和数据科学领域的专业基础理论知识进行系统介绍,内容涵盖机器学习和数据科学领域的典型模型、算法和理论,侧重于相关的理论结果和理论体系。课程设置面向信息与通信工程一级学科智能信息处理相关方向的硕士和博士研究生。在人工智能与大数据、物联网和智能制造相融合发展的背景下,旨为准备在智能信息处理相关领域的研究生建立系统性的专业理论体系。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数,概率论与数理统计,模式识别,矩阵分析,最优化理论。

三、课程目标

本课程提供对模式识别、机器学习与数据科学领域中的典型模型、典型算法及相关理论体系的系统介绍,为准备在大数据、物联网、模式识别、机器学习以及数据挖掘等智能信息处理相关方向开展研究工作的硕士研究生和博士研究生提供较为系统和完善的专业理论基础。本课程侧重于模型和算法相对应的理论结果,力争衔接基本概念、经典理论和研究前沿;在掌握数据分类、回归、聚类、降维以及数据恢复等典型模型和算法的基础上,对学习问题的统计性质、小样

本学习理论、正则化框架等理论结果获得深入的认识,对压缩感知、流形学习等问题的数学本质获得深入的理解。

四、适用对象

信息与通信工程一级学科的硕士研究生,通信与信息系统和信号与信息处理二级学科人工智能和智能信息处理方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂教学为主,研讨教学为辅。

(1) 课堂教学。教师课堂集中讲授,授课过程灵活运用板书和多媒体教学(PPT等),注重启发式教学,根据教学内容结合研究历史回顾和研究前沿进展介绍。

(2) 研讨教学。根据教学内容和学生学习情况,可安排适量相关专题研究历史回顾、研究前沿进展和研究热点介绍等方面的小组研讨。

六、课程内容

课程内容覆盖机器学习和数据科学领域的典型模型、典型算法和典型理论,涵盖基于实例的学习、线性模型、线性模型的扩展、集成学习、流形学习、压缩感知、稀疏表示、矩阵补全以及矩阵恢复等。在理论方面,涵盖偏倚方差分解、基于 VC 维的统计学习理论、正则化理论、低秩数据发现与恢复、子空间检测等。

序号	教学内容	知识点
1	绪论	发展简史和应用问题介绍
2	基于实例的学习	最近邻与 k 近邻、密度估计及应用
3	线性模型及其扩展	感知器、线性回归、Logistic 回归、核方法、多层感知器、自编解码网络、卷积神经网络
4	学习过程的统计性质	偏倚方差分解,贝叶斯模型平均,推举技术,混合专家模型,随机决策森林
5	VC 维与统计学习理论	最大间隔超平面与支持向量机,经验风险最小化原则及其一致性条件,VC 维,结构风险最小化原则
6	正则化理论	正则化理论框架,常用正则化技术以及与最大后验概率估计的联系
7	无监督学习	数据维度约减(子空间/流形学习)、数据聚类以及半监督学习、图上的信号处理
8	压缩感知	压缩感知、过完备词典与稀疏表示、矩阵补全与矩阵恢复
9	面向大规模数据的处理策略	采样技术、在线学习、并行策略、哈希技术与随机化技术

教学重点:基于实例的学习、线性模型及其扩展、支持向量机、结构风险最小化原则、正则化理论、数据维度约减、数据聚类与稀疏表示。

教学难点:VC 维、经验风险最小化原则、结构风险最小化原则、流形学习、压缩感知、稀疏表示、矩阵补全与矩阵恢复。

完整讲授整个内容大约需要 48 学时。若作为 32 学时课程,建议讲授适当删减第 5 和 8 部分。

七、考核要求

要求掌握典型模型和典型算法,能够进行模型的推导和变形,能够运用典型模型和典型算法解决问题,理解典型算法的理论结果。

(1) 平时成绩(40%)。建议安排平时作业,每专题提供一组计算、推导和编程实验题目,用于巩固课堂内容、加深课堂内容理论以及课堂内容的延伸。

(2) 期末成绩(60%)。期末可设置考试,也可以设置课程论文形式进行考核评定。

八、编写成员名单

李春光(北京邮电大学)、徐蔚然(北京邮电大学)、郭军(北京邮电大学)、龙腾(北京理工大学)