

宁波大学研究生课程教学大纲

一、课程基本信息

课程中文名称	压缩感知数学导论	课程编号			
课程英文名称	Mathematical Induction to Compressed Sensing	总学时	51	学分	3
开课学院	数学与统计学院	开课学期	☐ 春季 ☒ 秋季 ☐ 全年		
课程负责人	解烈军	教学团队成员			
适用学科/专业	数学	授课语言	☒ 中文 ☐ 全英文 ☐ 双语		
适用学生	☐ 学术学位博士 ☐ 学术学位直博生 ☐ 学术学位直博生（留学生） ☒ 学术学位硕士 ☐ 专业学位硕士 ☐ 学术学位硕士（留学生） ☐ 专业学位硕士（留学生） ☐ 专业学位硕士（非全日制）				
课程类别	☐ 公共学位课 ☐ 专业学位课 ☐ 公共选修课 ☒ 专业选修课 ☐ 专业补修课 ☐ 必修培养环节 ☐ 其他_____				
主要教学方式 (可多选)	☐ 讲授 ☒ 讨论 ☐ 专题讲座 ☒ 文献研读 ☒ 专题研讨 ☐ 案例分析 ☐ 实验（含上机） ☐ 自学 他_____				
考核方式	☐ 考试 ☒ 考查				

二、课程中文简介

近年来，大量科技工作者投入到压缩感知（压缩采样）这一新兴技术的研究。本课程是面向数学与统计学院研究生开设的专业选修课，其主要介绍压缩感知的数学理论，内容涵盖压缩感知的三大基本问题：信号的稀疏表示、测量矩阵的设计和稀疏信号重构。通过本课程的学习，使学生对压缩感知的数学理论及其应用有个全面的了解。

三、课程英文简介

Recent years have seen an explosion of research activities in a fascinating area called compressed sensing, compressive sensing, or compressive sampling. This course is a professional elective course for graduate students. Its content covers three foundational problems, namely, sparse representation of signals, designing of the measurement matrices, and reconstruction algorithms for the sparse signals. Students will have a comprehensive understanding of the mathematical theory of compressed sensing as well as its application via the study of this latest course.

四、教学目标

本课程旨在使学生了解压缩感知领域研究的基本问题的数学理论，掌握稀疏表示、测量矩阵设计和稀疏信号重构的常见算法和最新研究进展，为学生今后从事相关领域的研究工作奠定坚实的基础。

五、教学内容、基本要求及学时分配

1.各章节主要内容

第一章 引言

主要内容：压缩感知基本概念，包括稀疏信号、可压缩信号；压缩感知的三大基本问题：信号的稀疏表示、测量矩阵设计和稀疏信号重构算法；压缩感知的应用和拓展，包括单像素相机、核磁共振和雷达成像、低秩矩阵恢复和矩阵补全。

教学方法与要求：讲授。要求了解压缩感知概况。

重点：压缩感知基本问题

难点：本章是概述内容，无难点。

第二章 欠定系统稀疏解

主要内容：信号的稀疏性和可压缩性；最小测量数； l_0 极小化方法

教学方法与要求：讲授为主，结合互动讨论。要求掌握可压缩信号最佳逼近的相关性质，观测次数下限以及 l_0 极小化方法 NP-hard 原因。

重点：可压缩信号最佳逼近的性质。

难点： l_0 极小化方法 NP-hard 以及凸松弛方法。

第三章 基本稀疏恢复算法

主要内容：介绍稀疏信号恢复常见算法的主要框架，包括：凸松弛方法（ l_1 极小化方法），贪婪算法（正交匹配追踪算法（Orthogonal Matching Pursuit, OMP）及其改进算法、压缩采样匹配追踪算法（Compressive Sampling Matching Pursuit, CoSaMP）等）和阈值算法（迭代硬阈值算法（Iterative Hard Thresholding, IHT）、硬阈值追踪算法（Hard Thresholding Pursuit, HTP）和子空间追踪算法（Subspace Pursuit, SP）等）。

教学方法与要求：讲授为主，结合互动讨论。要求掌握常见信号恢复算法的 RIP 充分条件的最新进展，以及理论分析基本方法。

重点：算法数学原理。

难点：LASSO、二次约束基追踪等价性证明。

第四章 基追踪算法

主要内容：零空间特性（Null Space Property）；凸松弛技术；算法稳定性和鲁棒性；

教学方法与要求：讲授为主，结合互动讨论。要求掌握非凸问题凸松弛方法，算法稳定性和鲁棒性分析技术，以及零空间特性数学原理。

重点：算法的零空间特性表征，及其最新研究进展。

难点：稳定性和鲁棒性分析技术。

第五章 列相干性

主要内容：测量矩阵列相干性定义及其性质；Welch 界；框架。

教学方法与要求：讲授为主，结合互动讨论。要求掌握测量矩阵列相干性的定义和性质，以及若干稀疏恢复算法（包括 OMP、BP 和阈值算法等）的列相干性充分条件。

重点：算法的（列）相干性表征，及其最新研究进展。

难点：框架理论。

第六章 约束等距性（Restricted Isometry Property, RIP）

主要内容：约束等距常数（Restricted Isometry Constant, RIC）定义和性质；基追踪算法的 RIP 充分条件；阈值算法的 RIP 充分条件，包括迭代硬阈值算法（IHT）、硬阈值追踪算法（HTP）及其改进算法；贪婪算法的 RIP 充分条件，包括正交匹配追踪算法（OMP）及其

改进算法、压缩采样匹配追踪算法（CoSaMP）等。

教学方法与要求：讲授为主，结合互动讨论。要求掌握常见信号恢复算法的 RIP 充分条件的最新进展，以及理论分析基本方法。

重点：算法的 RIP 充分条件表征，及其最新研究进展。

难点：RIP 充分条件的理论分析方法。

2.学时分配表

章节	标题	教学内容	学时分配				备注
			理论	实验	讨论	其他	
1	引言	稀疏信号和可压缩信号；压缩感知的三大基本问题；压缩感知的应用和拓展。	3				
2	欠定系统稀疏解	信号的稀疏性和可压缩性；最小测量数； l_0 极小化方法。	6				
3	基本稀疏恢复算法	凸松弛方法（ l_1 极小化方法）；贪婪算法及其改进和阈值算法及其改进。	6				
4	基追踪算法	零空间特性（Null Space Property）；凸松弛技术；算法稳定性和鲁棒性。	9				
5	列相干性	测量矩阵列相干性定义及其性质；Welch 界；框架。	12				
6	约束等距性	约束等距常数定义和性质；基追踪算法、阈值算法和贪婪算法的 RIP 充分条件及其最新进展。	15				
小计			51				

六、考核方式及成绩评定方法

1. 考核方式：考查
2. 成绩评定：平时 50%，期末 50%
3. 考核标准及要求：完成课程后，熟悉压缩感知的三大核心问题基本内容和最新研究进展。

七、本课程创新点（内容、方法等）

压缩感知是目前科学界的一个研究热点，数学理论亟待完善，应用更是有待拓展，有着很好的发展前景。

八、教材及主要参考书目、文献与资料

类别	教材名称	编者	出版社	版次	出版时间
教材	A mathematical introduction to compressed sensing	Simon Foucart, Holger Rauhut	Springer	1	2013

参考书	Compressed sensing : theory and applications	Yonina C. Eldar, Gitta Kutyniok.	Cambridge University Press	1	2012
	Sparse and Redundant Representations	Michael Elad	Springer	1	2010
	An Introduction to Compressive Sensing	Richard Baraniuk Mark A. Davenport Marco F. Duarte Chinmay Hegde	Rice University	1	2014

课程负责人（签名）：

日期：

学位点负责人（签名）：

日期：

所在学院主管领导（签名）（公章）：

日期：