

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	稀疏优化	课程编号			
课程英文名称	Sparse Optimization	总学时	54	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	何洪津	教学团队成员	张莉楠、赵峻		
适用学科/专业	计算数学、运筹与控制、统计分析	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 ☐ 其他__				
考核方式	☐ 考试 ☒ 考查				

二、课程中文简介

本课程是针对计算数学、运筹与控制 and 统计分析专业研究生开设的基础课程，旨在培养学生掌握稀疏优化的基本概念、基本理论和基本方法。内容包括稀疏信号恢复，采样理论，压缩感知，LASSO 稀疏模型等。通过本课程的学习，使学生具有一个系统严谨的稀疏优化理论知识结构，掌握稀疏优化的基本算法，能对实际问题利用稀疏优化理论进行分析和提炼，具备利用稀疏优化方法求解实际问题的能力。

三、课程英文简介

《Sparse Optimization》is a fundamental course for graduate students who major in Computational Mathematics, Operational Research & Cybernetics, and Statistical Learning. This course aims to make students master the basic concepts, theory, and algorithms of unconstrained and constrained optimization problems. The content includes sparse signal recovery, sampling theory, compressed sensing, LASSO sparse model and so on. The purpose of this course is to enable students to systematically understand theory and algorithms of sparse optimization with the ability to analyze and solve real-world problems by what they learned from this course.

四、教学目标

……（宋体，小四，行距：20 磅）

稀疏优化是近年来机器学习、信号处理、图像处理等领域中的热门研究方向。其主要目

的是在保证模型准确性的前提下，尽可能地减少模型中的非零参数数量，从而提高模型的可解释性和泛化能力。通过学习《稀疏优化》的理论知识与算法，达到本课程如下目标：

课程目标(1)：掌握稀疏优化的基本理论，包括稀疏恢复模型、凸松弛模型，采样理论、零空间特性以及限制等距等，能利用稀疏优化理论分析实际问题的数学性质；

课程目标(2)：掌握稀疏优化问题的基本算法，包括贪婪算法，阈值算法，LASSO 回归方法等，能利用优化算法进行编程解决实际问题；

课程目标(3)：了解稀疏优化在医学图像重建，深度学习等领域的发展现状以及发展趋势，培养学生的开拓创新的科研精神。

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 稀疏恢复

主要内容：稀疏优化的精确和非精确线性模型；求解稀疏问题的近似方法、正则化损失函数；

教学方法与要求：使用课堂讲授法，要求理解与掌握稀疏优化的主要概念、两种主要的近似求解方法；

重点：稀疏定义、贪婪算法、凸松弛算法；

难点：贪婪算法。

第二章 确定性的理论结果

主要内容：采样理论，Spark，零空间性质，相关性，限制等距性；

教学方法与要求：使用课堂讲授方法，要求理解并掌握压缩采样理论，在特定条件下 l_1 最小化和 l_0 最小化问题等价，Spark，零空间性质，矩阵一致性，限制等距性等矩阵性质；

重点内容：采样理论，Spark，零空间性质，相关性，限制等距性；

难点内容： l_1 最小化和 l_0 最小化问题特定情况的等价性。

第三章 概率统计的理论结果

主要内容：次高斯随机矩阵，集中不等式，随机矩阵以及随机向量；

教学方法与要求：使用课堂讲授与讨论方法，要求理解并掌握次高斯随机变量，各向同性的随机变量以及几种随机矩阵；

重点内容：次高斯随机变量，各向同性的随机变量以及几种随机矩阵；

难点内容：次高斯随机变量，随机矩阵。

第四章 稀疏恢复算法

主要内容：阈值算法、贪婪算法、LASSO 回归算法；

教学方法与要求：使用课堂讲授和讨论法，要求理解并掌握求解阈值算法、贪婪算法、LASSO 回归算法；

重点内容：阈值算法、贪婪算法、LASSO 回归算法；

难点内容：LASSO 回归算法。

第五章 结构化稀疏

主要内容：弹性网，混合稀疏，组稀疏以及应用

教学方法与要求：使用课堂讲授和讨论法，要求理解并掌握基于 LASSO 的结构化稀疏的理论模型

重点内容：弹性网，混合稀疏，组稀疏；

难点内容：组稀疏

第六章 稀疏图模型

主要内容：马尔科夫网路、块坐标下降法、投影贪婪算法、交替线性法；

教学方法与要求：使用课堂讲授和讨论法，要求理解并掌握马尔科夫网路、块坐标下降法、投影贪婪算法、交替线性法；

重点内容：马尔科夫网路、块坐标下降法、投影贪婪算法、交替线性法；

难点内容：马尔科夫网。

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	稀疏恢复	稀疏模型，近似方法，正则化损失函数	9				
2	确定性的理论结果	采样理论, Spar, 零空间性质, 相关性, 限制等距性	8	1			
3	概率统计的理论结果	次高斯随机矩阵, 集中不等式, 随机矩阵以及随机向量	8	2			
4	稀疏恢复算法	阈值算法, 贪婪算法, LASSO 回归算法	8	2			
5	结构化稀疏	弹性网, 混合稀疏, 组稀疏以及应用	7	2			
6	稀疏图模型	马尔科夫网路, 块坐标下降法, 投影贪婪算法, 交替线性法	5	2			
小计			45	9			54

六、考核方式及成绩评定方法（黑体，四号）

1.考核方式

考试： ☐ 闭卷 ☐ 开卷 ☐ 笔试 ☐ 口试 ☐ 口试+笔试

考查： ☐ 课堂作业 ☒ 课程论文 ☐ 调研报告 ☐ 实践报告 其它 课堂讨论

注：学位课必须采用考试方式，采用百分制。

2. 成绩评定方式

该课程为考查课程，总成绩=课堂讨论 30% + 课程论文成绩 70%。

3. 考核标准及要求：

(1) 平时成绩：主要包括课堂出勤，讨论以及平时作业完成情况

(2) 课程报告：主要考查学生对课程的理论掌握程度，使用相应理论方法解决实际问题能力以及必要的学术写作能力。

七、本课程创新点（内容、方法等）

课程创新点主要包括以下几方面：

1) 稀疏优化已经被广泛应用于各种领域，如图像处理、信号处理、自然语言处理等。稀疏优化能在保证模型准确性的前提下，尽可能地减少模型中的非零参数数量，从而提高模型的可解释性和泛化能力，具有广泛的研究前景与应用价值。

2) 课程包含了稀疏优化的基本理论，经典算法，对该领域做了比较系统全面的介绍，能够帮助学生建立扎实的理论功底与实践能力。

八、教材及主要参考书目、文献与资料

教材至少 1 本，参考书目至少 3 本

类别	教材名称	编者	出版社	版次	出版时间
教材	Sparse Modeling Theory, Algorithms, and Application	Irina Rish 等	CRC	1	2014
	Sparse Solutions of Underdetermined Linear Systems and Their Applications	Ming-Jun Lai Yang Wang	SIAM		2021
参考书	Handbook of Robust Low-Rank and Sparse Matrix Decomposition: Applications in Image and Video Processing	T. Bouwmans N. S. Aybat E. Zahzah	CRC Press		2016
	A Mathematical Introduction to Compressive Sensing	Simon Foucart	Birkhäuser Basel		2013
	Sparse Optimization Theory and Methods	Yunbin Zhao	CRC	2	2018
	Sparse and Redundant Representations: From Theory to Applications in Signal and Image Processing	Michel Elad	Springer	1	2010

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：