

## 1. 机器学习中的优化算法（80421534）

### 一、课程简介（概述课程教学内容和预期达成的教学目标，500 字以内）

本课程基于机器学习，介绍其中一些典型的最优化问题的建模，最优化理论，以及最新的优化算法。主要讲授（1）机器学习中的优化模型：LASSO 及变形、基追踪问题、低秩矩阵恢复、逻辑回归、图像恢复等；（2）最优化基础-凸分析：共轭函数、次梯度、适当闭函数性质等；（3）各种机器学习优化模型的最优性理论：不可微无约束优化、非凸约束优化、复合优化等问题的最优性理论；（4）无约束优化算法及收敛性分析：次梯度算法、有限内存 BFGS 等等；（5）约束优化算法及收敛性分析：LASSO 问题的二次罚函数法、基追踪问题的增广拉格朗日函数法；（6）复合优化算法及收敛性分析：LASSO 问题的近似点梯度法、Nesterov 加速算法、近似点算法、对偶近似点梯度法、ADMM，逻辑回归的随机梯度下降算法等。

本课程的教学目标是使学生能掌握机器学习的一些典型的最优化问题的最优性理论和算法、可以灵活运用所讲授的算法和理论求解一些非标准的优化问题，并锻炼对将实际问题建立合适最优化模型、选择合适的现有软件包和算法、遇到没有现成算法自己实现简单算法等能力。

### 二、学分

4

### 三、学时

64

### 四、授课语言

中文

### 五、适用对象（列举课程适用的学科、学位项目、研究生类型等）

本课程是面向数学优化、统计学、运筹学、计算数学、机器学习、人工智能、计算机科学和数据科学等专业的博士生、学术和专业硕士生、高年级本科生

### 六、师资要求（概述对课程负责人和任课教师的基本要求，包括学科专业背景、研究领域和专长、教学经验、行业实践经验、组织协调能力、英文教学能力等）

具有数学优化专业背景和优化算法相应研究领域的科研和教学经验，具有宽广的学术视野和行业实践经验，具有组织协调能力和课堂组织教学的能力。

### 七、教学方式（列举课程采用的教学方式，包括课堂讲授、分组研讨、案例教学、实验实践、慕课自学等）

本课程以课堂讲授为主，同时布置自学任务（包括作业、慕课自学）、安排算法实现和研讨。

### 八、教学内容大纲与主要教学设计（教学内容大纲列至二级目录，并对应大纲简介研究性教学、课程思政等教学设计）

#### 第 1 章 机器学习中的优化模型

- 1.1 最优化问题基本概念
- 1.2 稀疏优化模型
- 1.3 LASSO 问题
- 1.4 线性回归模型
- 1.5 逻辑回归模型
- 1.6 机器学习中的典型问题
- 1.7 低秩矩阵恢复模型

**课程思政 1:** 探讨机器学习中的主要优化模型及其应用背景（基于实际应用背景，如何利用优化技巧建立适当的优化模型，锻炼对将实际问题建立合适优化模型的能力）

第2章 凸分析 2.1 向量范数和矩阵范数 2.2 凸集和凸函数 2.3 共轭函数 2.4 次梯度	<b>研究性教学 1:</b> 深层的凸分析理论基础(从理论推导和实践含义两个角度探讨基于凸分析基础知识, 预计课外时间投入 1:5)
第3章 最优性理论 3.1 最优化问题解的存在性 3.2 不可微无约束优化的最优性理论 3.3 对偶理论 3.4 凸优化的最优性理论 3.5 约束优化的最优性理论 3.6 复合优化的最优性理论	<b>研究性教学 2:</b> 深层的最优性理论, 基于分析和凸分析基础, 以及对偶理论, 研究机器学习中各种优化模型的最优性条件(从理论推导和实践含义两个角度探讨优化模型的最优性条件, 这是算法分析的基础, 预计课外时间投入 1:7)
第4章 无约束优化算法 4.1 引言 4.2 次梯度算法 4.3 牛顿类算法 4.4 拟牛顿类算法 4.5 信赖域算法 4.6 非线性最小二乘问题算法 4.7 应用举例	<b>课程思政 2:</b> 从不同算法的特点体会不同的搜索方向的意义(从次梯度算法、牛顿算法和最小二乘算法以及参数的选择理解递推算法的收敛性及应用背景)
第5章 约束优化算法 5.1 引言 5.2 二次罚函数法及应用举例 5.3 约束优化的增广拉格朗日函数法 5.4 凸优化的增广拉格朗日函数法 5.5 基追踪问题的增广拉格朗日函数法 5.6 半定规划问题的增广拉格朗日函数法	<b>研究性教学 3:</b> 多种算法比较研究(在课堂学习或自学多种多样的算法形式基础上, 针对实际问题, 例如图像恢复, 进行数值实验并提交实验报告, 预期课内外时间投入 1:10)
第6章 复合优化算法 6.1 近似点梯度法及应用举例 6.2 Nesterov 加速算法及应用举例 6.3 近似点算法及应用举例 6.4 对偶近似点梯度法及应用举例 6.5 交替方向乘子法及应用举例 6.6 随机梯度算法及应用举例	<b>研究性教学 4:</b> 机器学习中优化模型求解算法研究(在课堂学习或自学多种多样的算法形式基础上, 针对实际问题设计适当算法, 分析收敛性, 锻炼对不同的优化模型选择适当软件包和现有算法, 若没有现成算法自己能实现简单算法的能力, 预期课内外时间投入 1:10)
<b>九、考核要求</b> (简介课程考核方式和要求、成绩构成等) 总评成绩 = 平时作业 20% + 期中考试(闭卷) 40% + 期末算法实现两个大作业 40% + 课外扩展研究报告 5% (额外加分) 注: 额外 5% 的拓展研究报告是为了激励同学自主拓展学习, 同时也兼顾	

本学期不作期中考试, 共设四次作业 60分

部分学有余力的优秀学生，鼓励他们自主探索。
<b>十、课程教材</b> （应经院系教学委员会审查通过方可列入） 最优化：建模、算法与理论. 刘浩洋、户将、李勇锋、文再文编著. 高等教育出版社, 2020
<b>十一、先修课程要求</b> （说明先修课程要求以及与相关本科生课程的衔接关系等） 最好先修过数学规划，或者运筹学与优化相关的基础课程。