

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	张量计算及应用	课程编号			
课程英文名称	Tensor Computations and Applications	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	徐海勇、张莉楠		
适用学科/专业	计算数学，人工智能	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、运筹与控制专业开设的数学基础课程,旨在培养学生掌握张量计算相关的基本概念,基本理论与基本方法。内容包括张量的基本概念,张量分解,低秩张量恢复,鲁棒张量主成分分析,张量线性回归及应用,张量素描。通过本课程的学习,使学生形成一个严谨的张量理论系统知识结构,掌握张量计算和分解中一些经典问题的基本概念、数值方法以及理论分析能力,为后续科研问题打下良好的张量理论及应用基础。

三、课程英文简介

《Tensor Computation and Applications》is a basic mathematical course for the major of computational mathematics, artificial intelligence, aiming to help students to master the basic concepts, theories and methods related to tensor computation. The content includes basic tensor concepts, tensor decompositions, low-rank tensor recovery, tensor robust principal component analysis, tensor linear regression and application, tensor sketch. Through the study of this course, students can form a rigorous knowledge structure of tensor theory system, master the basic concepts, numerical methods and theoretical analysis ability of some classical problems in tensor calculation and decomposition, and lay a good foundation of tensor theory and application for subsequent research problems.

四、教学目标

张量计算与应用是计算数学和运筹与控制专业研究生的一门非常重要的后续基础课程，该内容在管理决策，人工智能等热门领域都有着广泛的应用。通过学习《张量计算与应用》的理论和数值算法，到达本课程如下目标：

课程目标(1)：掌握张量计算的基本方法，常用定理，以及各种常见的张量分解方法，了解张量分解与矩阵分解的不同；

课程目标(2)：学习如何利用张量计算和分解的知识进行更高维数据的数值分析。

课程目标(3)：了解近年来中国在张量科学计算上的发展历程与取得的重大进展，培养学生吃苦耐劳，坚持不懈的科研精神。

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 张量的基本概念

主要内容：张量的各种符号；常用的算子，包括 KR 积，mode-n 积，kronecker 积；张量的矩阵化方法，包括 unfold, refold 算子等。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求学生理解张量相关的基本概念和相关常用定理。

重点：KR 积、mode-n 积、矩阵化方法

难点：KR 积、mode-n 积

第二章 张量分解

主要内容：常用常用的几种张量分解方法，包括 CP 分解，Tucker 分解，Tensor-train 分解，T-SVD。了解不同方法的之间的差异与利弊，激发学生科研探索精神。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求学生掌握以上几种常见的张量分解的具体形式，以及 code 编程实现。

重点：CP 分解、Tucker 分解、Tensor-train 分解、T-SVD

难点：CP 分解、Tucker 分解、Tensor-train 分解、T-SVD

第三章 低秩张量填充

主要内容：了解低秩张量分解问题的背景及具体实际应用；掌握基于张量秩最小化和基于张量分解填充这两种方法的简单模型，并进行算法代码实现；了解几种常见的低秩逼近方法；了解低秩张量填充相比较于低秩矩阵填充的优势与劣势。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求掌握张量低秩填充的基本框架，培养学生对于具体问题的全面分析，加强对事物的全面学习的能力。

重点：张量秩最小化、张量分解填充、代码实现

难点：代码实现

第四章 鲁棒张量主成分分析

主要内容：了解鲁棒张量主成分分析的相关背景和应用。学习一些基于张量秩最小化的鲁棒主成分分析方法，基于 CP, Tucker, TT, T-SVD 分解的主成分分析模型；求解相关此问题的算法包括 ADMM 算法，认识低秩张量鲁棒主成分相比较于低秩方法的优势与劣势。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求学生掌握鲁棒张量中主成分分析相关背景，要求学生代码实现相关应用包括前后背景分离，人脸阴影分离，引起学生兴趣，激发其学习热情。

重点：鲁棒主成分分析的相关应用、常用模型、ADMM 算法

难点：常用模型、ADMM 算法

第五章 张量线性回归及应用

主要内容：掌握张量线性回归相关应用，包括人脸识别和交通流数据回归；掌握基本的人脸识别和交通流数据回归的张量回归模型；代码实现。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求学生掌握张量线性回归的基本内容和应用。介绍回归问题在人工智能发展中的重要应用。

重点：线性回归基本模型、人脸识别回归模型

难点：人脸识别回归模型

第六章 张量素描

主要内容：高等概率论相关内容，包括常见的几种不等式，高维分布的期望计算；基于第二张不同张量分解的素描方法；实现张量素描在图像压缩上的应用；比较其与矩阵素描的优势和劣势。

教学方法与要求：使用课堂授课和讨论法，要求学生掌握几种常用的张量素描方法，并代码实现。介绍张量素描在高维数据统计中的应用，激发学生的学习热情，使其认知到数学在实际应用中的关键作用，提升数学自信。

重点：不同张量分解的素描方法、集中不等式、高维分布的期望计算

难点：不同张量分解的素描方法、集中不等式、高维分布的期望计算

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	张量的基本概念	矩阵的概念和性质	5				
2	张量分解	CP, Tucker, TT, T-SVD	8	2			
3	低秩张量填充	基于张量秩最小化和张量分解框架的地址张量填充模型	8		1		
4	张量鲁棒主成分分析	基于张量秩最小化和张量分解框架的地址张量主成分分析模型	6	3	1		
5	张量线性回归及应用	张量线性回归的背景及其在人脸识别和交通流数据预测上的应用	6	3	1		
6	张量素描	高等概率论相关知识，常用的素描方法	7	1	1		
小计			41	9	4		

六、考核方式及成绩评定方法

1. 考核方式：采取课程论文与课堂讨论的方式
2. 成绩评定：总成绩=课堂讨论(30%) + 课程论文(70%)
3. 考核标准及要求：需提交完整的课程论文，包括摘要，介绍，主要内容，结论和参考文献。

七、本课程创新点（内容、方法等）

本课程是计算数学和运筹与控制专业研究生的基础课程，主要涉及张量计算中的经典分解内容及其应用，加强学生的思维想象力，使得其在对矩阵的理解上，进一步提升学生在处

理高维数据时的能力和想法。

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	Tensor Analysis for Data Analysis	Yipeng Liu, Jiani Liu, Zhen Long, Ce Zhu	Springer	1st	2022
	Theory and Computation of Tensors: Multi-Dimensional Arrays	Yimin Wei, Weiyang Ding	Elsevier	1st	2016
参考书	Tensor Eigenvalues and Their Applications	Liqun Qi Haibin Chen, Yannan Chen	Springer	1th	2018
	Tensors in Image Processing and Computer Vision	L. Cammoun et al	Springer	1st	2009
	Theory and Computation of Complex Tensors and its Applications	Maolin Che, Yiming Wei	Springer	1st	2020

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：