

剑桥学术课程线下项目方案

人工智能中的数学方法

Cambridge Academic Programme 2025

Mathematical Methods & Artificial Intelligence

第一部分 项目背景

一、剑桥大学及学科优势

剑桥大学 (University of Cambridge) 是一所世界顶尖的公立研究型大学，采用书院联邦制，是英语世界中第二古老的大学。其在众多领域拥有崇高学术地位及广泛影响力，被公认为当今世界最顶尖的高等教育机构之一。八百多年的校史汇聚了艾萨克·牛顿、开尔文、麦克斯韦、玻尔、玻恩、狄拉克、奥本海默、霍金、达尔文、沃森、克里克、马尔萨斯、马歇尔、凯恩斯、图灵、怀尔斯、华罗庚等科学巨匠，众多文学大师，125名诺贝尔奖得主以及15位英国首相。在国际众多排行榜中，均处于全球十强之列，以2025年QS世界大学排名为例，其位于全球第五的位置。



(图：剑桥大学国王学院)



(图：剑桥大学康河风光)

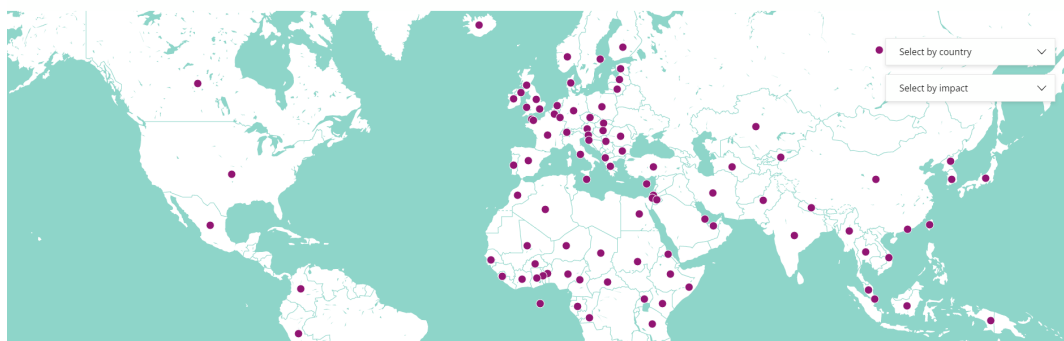
剑桥大学数学系

Faculty of Mathematics, University of Cambridge

剑桥大学数学系是世界著名的数学教育和研究机构之一，包括纯数学和数学统计系（DPMMS）和应用数学和理论物理系（DAMTP）。数学系成立于19世纪初，是世界上第一批成立的数学系之一，也是英国最古老的数学系之一。剑桥大学数学系培养了众多杰出的数学家，包括伽罗瓦、斯托克斯、韦伯恩、霍奇、霍尔等，教学和研究领域涉及纯数学和应用数学等多个方面。在2024年度世界QS大学学科排名中，剑桥大学的数学系在英国大学中排名第一，在世界排名位列第二。

Explore our global impact

From the Arctic to Zambia, explore how research carried out by Cambridge and its partners is having a positive impact around the world.



(图: Cambridge: Research with impact in more than 70 countries is listed under worldwide)

剑桥大学数学系与前沿应用

剑桥大学数学学院在数学、人工智能与机器学习的前沿研究中发挥着重要作用。通过将数学优化与强化学习相结合，学院不仅推动了复杂决策和动态系统的创新解决方案，还在医疗健康、大数据分析等多个领域取得了重要进展。剑桥数学学院的跨学科合作，汇集了计算机科学、医学、生物学等多个领域的专家，推动了AI技术在现实世界中的高效应用。这些研究成果不仅推动了学术创新，也为全球科技与产业发展提供了强大的动力。

1. 数学驱动与医疗AI

剑桥数学学院的应用数学与理论物理系（DAMTP）与剑桥大学血液学系及多个国际医疗研究机构（如英国基因组学中心、英国生物库等）合作，致力于利用大数据和人工智能解决医疗健康领域的重大挑战，特别是在基因组学、个性化医疗、癌症、心血管疾病等公共卫生问题中。同时，剑桥数学与信息健康中心（CMIH）作为跨学科合作的典范，汇集了数学、计算机科学与医学领域的专家，推动新的数学方法在医学中的应用。

2. 大数据与强化学习优化

剑桥大学数学学院与剑桥大学计算机科学与技术系部(Department of Computer Science and Technology)积极开展合作，致力于将数学优化与强化学习相结合，解决复杂决策和动态系统中的挑战。研究者们通过大数据分析工具和强化学习方法，提升AI系统在不确定性和复杂环境中的自适应能力，特别是在自动化和自适应系统中的优化

控制策略与决策模型的应用。此外，剑桥大学数学学院的Cantab Capital数学信息研究所(CCIMI)开发的数学工具广泛应用于金融、生命科学等领域，为AI系统在大数据分析中的高效决策提供了坚实基础。

3. 跨学科的机器学习应用

剑桥大学数学学院通过与计算机科学、神经科学、生物学等多个学科的合作，推动了机器学习技术在医疗影像、语言理解和人机交互中的应用。特别是在医疗影像和自然语言处理领域，研究者通过运用数学方法改进算法性能，如在图像处理中的噪声去除与增强，或通过优化模型提高语言理解的准确性。这些合作使得AI系统在分析复杂数据、进行模式识别及生成决策时更加高效。

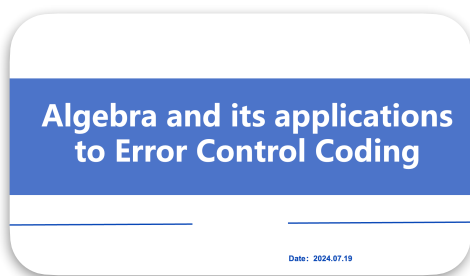
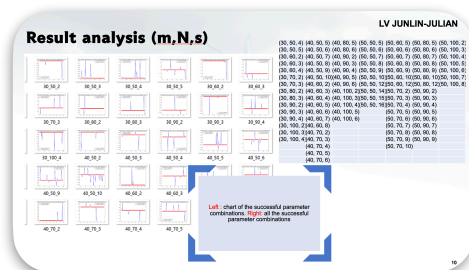
第二部分 项目介绍

一、「人工智能中的数学方法」课程项目介绍

数学方法是科学与技术的基础，尤其在物理学和人工智能中，数学为复杂系统提供了理论支持和解决方案。在物理系统中，变分法和优化方法帮助我们解决经典力学和波动方程中的最优化问题。在智能系统领域，数学方法则成为深度学习、算法优化和数据分析的核心工具，推动了智能技术的快速发展。

本课程旨在通过学习数学方法在物理系统与智能系统中的应用，帮助学生深入理解经典物理和现代智能技术的核心理论，并培养学生在数学建模、优化、算法设计等方面的专业技能。

本课程分为两个循序渐进、互为补充的模块。第一模块专注于物理系统中的变分法应用，帮助学生掌握如何通过数学方法（如欧拉-拉格朗日方程和哈密顿原理）分析经典物理问题。第二模块则引导学生学习如何将数学方法应用于智能系统，特别是在深度学习和算法优化中。通过这两个模块，学生不仅能够掌握物理问题中的数学工具，还能够将数学方法迁移到智能系统的实际应用中，从而形成跨学科的数学视角。这种对数学方法在不同领域应用的深刻理解，将增强学生的创新能力和知识迁移能力，帮助学生在未来的工作和学习中运用数学方法建立数学模型，解决实际问题，开拓研究思路。



(图：往期学生科研课题列举)

二、「人工智能中的数学方法」课程授课模块

模块一 - 从经典力学到波动方程——变分法的实际应用

模块介绍：

本课程将结合数学理论，深入探讨变分法和偏微分方程的应用，特别是在经典力学和物理系统中的优化问题。学生将学习如何使用欧拉-拉格朗日方程、哈密顿方程和变分法的基本工具，解决与物理系统演化、波动方程、弹性振动等问题相关的变分问题。通过理论学习与实际应用，学生将掌握如何通过数学方法处理复杂的物理模型，并理解变分法在优化和最小化问题中的关键作用。

核心授课主题：

1.变分法与欧拉-拉格朗日方程

介绍变分法的基础概念，推导欧拉-拉格朗日方程，探讨如何应用此方程求解经典物理系统中的最优轨迹与最小化问题。

2.哈密顿原理与哈密顿方程

讲解哈密顿原理和哈密顿方程，讨论如何使用哈密顿形式化描述物理系统，特别是在经典力学中的应用，帮助学生理解物理系统演化的数学描述。

3.偏微分方程与波动问题的求解

研究变分法在偏微分方程中的应用，重点讲解波动方程、弹性振动问题的数学处理方法，并通过分离变量法等经典方法求解具体物理问题。

4.拉格朗日乘数法与约束优化问题

介绍拉格朗日乘数法，分析如何在变分问题中处理约束条件，解决与约束优化相关的数学问题，特别是在物理系统中的约束处理。

5.经典物理问题中的变分法应用

结合经典力学中的具体例子，如最短路径问题、最小面积问题等，探讨如何通过变分法解决实际物理优化问题，如求解光线路径、最小表面积等。

模块二 - 数学视角下的人工智能应用与挑战

模块介绍：

本课程将结合数学理论，深入探讨人工智能（AI）技术的数学基础及其局限性，特别是在深度学习中的优化方法、算法稳定性与不稳定性（如“幻觉”现象）。学生将学习AI系统中的核心数学模型，分析AI算法在处理复杂问题中的稳定性、可信性和可解释性。课程将涵盖线性代数、优化理论、深度神经网络的数学原理以及AI模型在实际应用中的挑战，帮助学生理解AI技术在理论和实践中的互动，特别是其在解决实际问题时可能遇到的数学难题。

核心授课主题：

1.AI的数学基础与深度学习

介绍深度学习的数学原理，重点讲解神经网络的基本结构、反向传播算法以及梯度下降法的优化原理，帮助学生理解深度学习模型的训练过程。

2.深度学习的不稳定性与“幻觉”现象

探讨AI在处理复杂任务时的稳定性问题，特别是“幻觉”现象及其数学原因，分析深度神经网络在图像重建和分类任务中的失败案例。

3.AI中的优化挑战：非凸优化与局部最小值

通过优化理论研究深度学习中的非凸优化问题，分析如何克服局部最小值的问题以及提高模型的训练稳定性和泛化能力。

4.AI的可解释性与可信性：从理论到应用

讨论AI模型的可解释性问题，通过数学建模和算法分析，研究如何增强AI系统的透明度和可信度，确保其在实际应用中的可靠性。

5.AI的算法与数据安全性

研究在AI系统中如何保护数据隐私与安全，重点讲解加密算法、数据保护方法以及如何在AI应用中防止恶意攻击和数据泄露。

三、「物理系统与智能系统中的数学方法」课程信息

课程时长：总计46课时

1 课时=1 小时

模块	内容	授课人员	课时
专业核心课程	Lecture, Workshop, Evaluation	剑桥大学教授	21小时
小组项目工作坊	Group Study	剑桥大学学生	6小时
大师讲座	Guest Seminar	剑桥大学讲师	6小时
实验室探访	Field Visit	-	2小时
剑桥友契文化	Fellow Seminar and culture seminar, Fellow Activity	剑桥大学学生	11小时

***剑桥大学数学学院探访Field Visit:** 探访活动旨在为项目学生提供深入了解剑桥大学数学学院的机会。学生将参观学院的各类设施，如实验室和研究中心，亲身感受剑桥数学教育和研究环境。此外，学生将有机会与剑桥数学学院师生互动，了解他们的剑桥学习与研究生活。此次活动不仅帮助学生拓宽学术视野，还将为未来的学术发展和职业规划提供重要的参考和启发。

核心课程授课教授:



Dr. Sergei Taraskin

谢尔盖·塔拉斯金博士

Sir Harvey McGrath College Lecturer, University of Cambridge

Director of Studies in Computer Science, Mathematics for Natural Scientists, and Physical Natural Sciences, St.

Catherine's College, University of Cambridge

Fellow, St. Catherine's College, University of Cambridge

Cambridge

Sir Harvey McGrath 爵士资深讲师

剑桥大学圣凯瑟琳学院教学主任(计算机、数学及自然科学物理)

剑桥大学圣凯瑟琳学院院士

Professor Anders Hansen

安德斯·汉森教授

Professor of mathematics at the University of Cambridge

Professor of Mathematics at the University of Oslo

Royal Society University Research Fellow

Head of the Applied Functional and Harmonic Analysis research group

英国剑桥大学数学系教授

奥斯陆大学数学教授

皇家学会大学研究员

英国剑桥大学应用函数与谐波分析研究组负责人



四、「人工智能中的数学方法」课程项目收获

考核方式: 小组讲演汇报

课程证书: 项目官方证书 (授课教授签名)

项目成绩报告: 学生顺利完成课程并通过答辩后, 将获得课程报告, 由英国学术委员会认证并通过英美大学申请系统匹配提交。

第三部分 参考日程安排

*日程表有可能根据客观情况进行调整

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	
8:00	Arrival Day	College Breakfast				Full Day Excursion London	Free Day	
8:30								
9:00		Ice-Breaking	Core Module Lecture	Core Module Lecture	Core Module Workshop			
9:30								
10:00								
10:30								
11:00								
11:30		College Lunch & Break						
12:00								
13:00		Opening Ceremony	Cultural Activity	Group Study	Group Study			
14:00								
14:30								
15:00								
15:30		Fellow's Activity		Fellow's Activity	Fellow's Activity			
16:00								
16:30								
17:00		College Dinner						Self Dinner
17:30								
18:00								
18:30								
19:00		Free Time	Fellow Seminar	Free Time	London Info Session			
19:30								
20:00								
20:30								
21:00								



	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
8:00	College Breakfast					Free Time	Departure
8:30							
9:00	Core Module Lecture	Core Module Workshop	Core Module Lecture	Core Module Workshop	Final Evaluation	Graduation Ceremony	
9:30							
10:00							
10:30							
11:00							
11:30							
12:00	College Lunch & Break						
13:00							
14:00	Group Study	Group Study	Fellow's Activity	Free Time	Fellow's Activity	Free Time	
14:30							
15:00							
15:30							
16:00	Fellow's Activity		Group Study	Group Study	Cambridge Discovery		
16:30							
17:00							
17:30	College Dinner		Self Dinner	College Dinner			
18:00							
18:30							
19:00	Free Time	Fellow Seminar	Free Time	Fellow's Activity	Free Time	Formal Dinner	
19:30							
20:00							
20:30							
21:00							

第四部分 项目费用与申请要求

一、项目费用

具体项目费用请咨询学院相关老师

- 费用包含：

项目期内线上及线下课程费、课程材料费、剑桥大学学生宿舍住宿费、学院餐饮费、文化活动费、英国境内接送机费、行程内交通费，覆盖标准项目日期的英国境内保险等

- 费用不包含:

中英往返机票费、签证相关费用、自由活动餐费(抵达日及周末不含全餐，周三周五不含晚餐)、自由活动消费及其他费用 (以付费文件说明为准)

二、申请要求

- 家庭经济条件允许，并且有家长同意及授权方可报名参加
- 英语能力达到IELTS 6.0 / TOEFL 80分，如未参加如上考试，可提交CET4-6成绩/高考英文成绩作为参考
- 有自主学习意愿，按照项目学术要求完成项目课程及考核
- 遵纪守法，项目期间听从学校和项目组安排。