

剑桥大学 & 哈佛大学 “Learning X” “机器学习中的数学原理” 线上科研项目

学校简介 Introduction

剑桥大学是一所世界顶尖的公立研究型大学，与牛津大学并称为牛剑，被誉为“金三角名校”和“G5 超级精英大学”。2020-21 年度位居世界大学学术排名第 3，QS 世界大学排名第 7。截止 2020 年 10 月，共有 121 位诺贝尔获奖者、15 位英国首相、11 位菲尔兹奖得主、7 位图灵奖得主曾为此校的师生、校友或研究人员。

哈佛大学是享誉世界的私立研究型大学，在文学、医学、法学、商学等多个领域拥有崇高的学术地位及广泛的影响力。截至 2019 年 10 月，哈佛大学共培养了包括富兰克林·罗斯福、贝拉克·奥巴马在内的 8 位美利坚合众国总统，而哈佛的校友、教授及研究人员中共产生了 160 位诺贝尔奖得主（世界第一）、18 位菲尔兹奖得主（世界第一）、14 位图灵奖得主（世界第四）。2019-20 年，哈佛大学位列 THE 世界大学声誉排名世界第一。2020-21 年，大学位列 U.S. News 世界大学排名世界第一、QS 世界大学排名世界第三。

哈佛学院的使命是教育我们社会的公民和公民领袖。我们通过致力于实现文理教育的变革力量来做到这一点。

项目背景 Program Background

机器学习已经在许多学科（如物理、化学、生物、工程、经济等）中取得了巨大的成功，在许多传统方法无法解决的应用问题上，机器学习提供了一系列新的方法与思路。然而，机器学习的许多底层数学原理尚未被研究透彻，这正是当前应用数学领域一个蓬勃发展的研究方向。本课程旨在从数学的视角剖析机器学习，介绍相关模型、算法与理论。

导师介绍 Instructor Introduction

- **剑桥大学计算机科学与技术系终身教授**

导师目前为欧洲学习和智能系统实验室主任（Ellis；欧洲大型跨国人工智能研究所，目前拥有千位全球顶尖计算机工程师、数学家和其他领域科学家，旨在重构欧洲人工智能前沿研究）、剑桥大学大数据研究指导委员会委员。导师的研究兴趣为人工智能图神经网络建模，在国际知名学术期刊发表论文多篇，曾荣获欧盟委员会未来与新兴技术（FET；迄今欧盟规模最大、资助力度最强的科研资助项目之一）会展三等奖。

- **哈佛博士生**

项目由多位哈佛博士生指导，每位博士的背景均与数学与机器学习相关，对该领域的科研和应用有深刻的理解，在国际知名学术期刊发表多篇论文。

项目介绍 Program Description

与传统机器学习课程不同，本课程是侧重点是机器学习与数学、应用数学、计算数学的交叉。课程内容将大致分为三个模块：机器学习中的常见问题与模型，机器学习相关的数值算法，机器学习理论研究前沿。其中前两个模块涉及机器学习与计算数学中一些基础内容，而第三个模块是一些当前非常活跃的科研专题选讲，希望学生可以通过学习，对机器学习拥有从基础到前沿、从模型到算法再到理论的全方位理解。

线上课程将使用 Canvas 在线课程平台与 QQ 实时交流平台相结合的形式，实现专业的课程信息发布、课程资料共享、课程进度跟踪和及时的学生答疑。

课程项目（Group project）：

- 以小组（每组 3-4 人）为单位进行课程项目。
- 第一周：组队报名提交项目计划（一页纸）
- 第二、三周：实施项目
- 第四周：课堂口头展示

课程评分标准（Grading policy）：

- 签到（20%）：按时参加每次课程。
- 课程作业（20%）：根据作业质量评分。
- 课程小组项目（60%）：
 - 项目计划（15%）
 - 课堂展示（45%）
 - 若小组的课程项目项目优秀，将由 MIT 博士生导师指导写成写成论文，并尝试投稿（额外加 20% 分数）。
- 额外奖励（Bonus, 5%）：上课积极回答问题与互动，课后提问等。

项目大纲 Syllabus

1. 机器学习中的常见问题与模型

1. **机器学习简介**：分类问题，回归问题，监督学习，非监督学习，训练集/测试集，过拟合/欠拟合。
2. **常见模型简介**：线性回归，正则项（ridge regression 和 lasso），逻辑回归，主成分分析（PCA），支持向量机（SVM），全联接神经网络，卷积神经网络（CNN），循环神经网络（RNN）等。

3. **机器学习中的概率/统计模型**：集成学习，bootstrap，boosting，随机森林，贝叶斯公式，贝叶斯线性回归，贝叶斯神经网络。
4. **强化学习简介**：马尔可夫决策过程，最优控制，动态规划，贝尔曼方程，Q-learning，policy optimization 等。

2. 机器学习相关的数值算法

1. **光滑优化算法简介**：梯度下降法及其收敛性分析，一些常见模型（线性回归、逻辑回归、神经网络）的梯度计算方法，随机梯度下降法、条件数，牛顿法、拟牛顿法。
2. **非光滑优化算法简介**：次梯度法，近似点算子，近似点梯度法及其收敛性分析，lasso 的优化。
3. **抽样算法简介**：蒙特卡洛方法，importance sampling，metropolis 方法，马尔可夫链，马尔可夫链蒙特卡洛方法。

3. 机器学习理论研究前沿


1. **非凸优化算法的收敛性分析**：动力系统，稳定性分析，stable/unstable manifold，非随机优化算法全局收敛性；随机动力系统，multiplicative ergodic theorem，随机优化算法全局收敛性。
2. **神经网络逼近论**：Stone-Weierstrass 定理，universal approximation，维数灾难，Barron 空间，神经网络逼近 Barron 函数的复杂度分析。
3. **机器学习与高维偏微分方程**：椭圆偏微分方程，薛定谔方程，变分问题，deep Ritz 方法，神经网络逼近高维椭圆偏微分方程的复杂度，薛定谔方程在 Barron 空间中的正则性理论。
4. **图神经网络与组合优化**：图神经网络的结构与表达能力，组合优化，混合整数规划，图神经网络在混合整数规划中的应用。

项目成果 Achievement

- **推荐信**：由剑桥大学教授与哈佛大学导师亲笔签名的私人学术推荐信；提高保研和留学申请的软实力。
- **结业证书**：包含个人名字和教授签名

- **成绩单：**包含个人名字、详细的课程各部分评分、课程介绍等。
- **优秀小组奖状：**授予课程项目最出色的小组，包含个人名字和教授签名。

项目报名 Application

- **时间：**每年 1 月、2 月或者 7 月、8 月（具体时间待定）
 - **费用：**9980 元/学生
 - **抵扣券：**完成线上科研项目后，可获得9980元MIT未来精英训练营线下项目的抵扣券，仅限本人使用。
 - **班级人数：**40 人/班
 - **专业要求：**本课程适合数学、应用数学、计算数学、统计学、理论计算机等专业对机器学习理论感兴趣的学生。先修要求：数学分析/微积分，线性代数，概率论（如果有实变函数/测度论的基础会有帮助，但不是必须）。
 - **报名步骤**
 - 第一步：扫码在线填写报名信息
- A square QR code with a blue square icon in the center containing a white right-pointing arrow. The QR code is used for online registration.
- 第二步：缴纳项目费用，签署项目协议
 - 第三步：等待项目组开课通知
 - **联系方式**
 - 李老师手机号码：17186457932
 - 李老师 QQ 号：1814958113