

《随机过程理论》研究型教学

一、授课对象

北斗实验班是电子信息工程学院在第 4 学期选拔组建，在自愿报名的基础上，以课程成绩为基本依据，面试时主要考察其思维能力、专业特长、业务爱好、进取心等。本课程采取研究型教学与探究性大作业。

二、课程组织

课前预习：前一节课程布置下一次课主要内容，要求同学们预习，将预习中遇到的困惑、难以理解的概念，提出问题。对于不同同学的问题进行归类，然后选择讨论的起点。

课程安排：第一次探究经验初步交流、第二次探究成果初步展示，教师引导讨论与点评，第三次探究成果正式展示。其他课程，教师采取问题驱动、师生互动的研究型教学。

挖掘科学史的教育价值，研究概率、统计与随机过程理论的发展历史，如“彼得堡数学学派”、陈希孺的数理统计学简史，再现随机过程概念的形成过程。分析通信工程、信号处理、集成电路等学科，形成随机过程理论专业应用案例，尤其是最新热点研究问题，体现随机过程理论在电子信息类专业课程体系中的重要性。

随机过程概念的导入，以工程背景、历史发展，与概率中的大数定律、中心极限定理以及数理统计中矩量估计方法相比，面临非独立、同分布情形，如何处理？随机过程可以看成是大数定律、中心极限定律的推广。

设计教学情境，让学生来“发明”随机过程的定义与定理。从电路中的热噪声、图像中的云雾、信号传播路径中信道噪声，通信系统中随机到达的呼叫、生活中的报童模型等。类比信号与系统，随机信号如何描述？如何通过线性系统？从大数定律出发，热力学中的各态历经性概念的物理意义，布朗运动，然后通过分析获得各态历经性定理等。其次离散事件描述，类比引入泊松过程、马尔科夫链等，从泊松定理推广到泊松过程，采取简洁直观的方法进行推导。

概念导入、定理推导后，在将其结论返回到生活、工程中，诠释其现代工程中的意义。进一步推广，如窄带信号的低通等效，可以带出压缩感知等前沿科学问题。维纳辛钦公式带出维纳滤波，进一步拓展到卡尔曼滤波及其图像中的应用。随机过程与机器学习、人工智能。马尔科夫链，可以与网页搜索算法 PageRank 联系起来。随机游走、布朗运动模型，与现代金融联系起来。这样经典原理让学生感觉到其现代应用价值。

讲授“**各态历经**”，引入**科技史**-如玻尔兹曼“各态历经”、艾伦菲斯特的“准各态历经”到随机过程的“各态历经”；结合猎豹追捕野牛、导弹跟踪飞机（彩图描述）等案例中随机过程的预测问题，形象直观；从**先前课程**概率论中的“大数定律”、数理统计中的“一致估计”等，如何推广到随机过程中“各态历经”，课后将其作为探究性作业，从统计热力学到随机过程，探寻交叉学科的意义。

讲授“**维纳-辛钦公式**”，联系信号系统课程中的傅里叶变换、数学分析课程中的傅里叶级数，适当提及电路分析中“相量法”、冲击响应方法等，来理解新的概念及其应用价值。

从**经典问题**的讨论中，引出**学科前沿**概念，如从窄带随机过程的“**低通等效**”，提出多窄带随机过程如何实现低通等效，引出学科前沿“**压缩感知**”等等。

课堂讨论：以学生问题为起点，展开讨论，从学生身边事物开始、逐步引导解决问题、进一步引向深入——体验知识发现的过程；课程主要内容，在讨论中自然带出来，同时留出部分内容让学生自学。

如**自相关系数**为什么用协方差函数而不用自相关函数来定义，这是同学预习中常见的问题，从这里开始逐步讨论自相关函数、协方差函数的定义以及各自的价值，如通信、雷达等过程应用中的相关接收，需要用自相关函数。协方差函数在应用中的局限性，协方差大小并不能很好的反映随机过程相邻之间的关系，因为方差大小将影响协方差，然后引入自相关系数。

如“泊松过程”，从生活排队等待服务、微信中的“点赞”，流星雨中流星的描述，探索二项式分别的极限就是泊松过程（复杂到极点就是简单-至繁至简），然后变限区间就走向泊松过程。

如“马尔可夫链”，与网页排名算法，人工智能的关系；“马尔可夫过程”相关的隐马尔可夫过程，与卡尔曼滤波的关系以及在语音识别中的应用。

三、探究性作业

见附件 《随机过程理论—研讨问题 2020》

四、成绩分配

闭卷考试占 50%，平时成绩占 20%，探究性作业占 30%。

闭卷考试：传统的考试、基本概念的理解还是必要的，适度考虑现行评价规则的公平性。随机过程理论闭卷考试，目前全年级试卷统一。有利于不同教学模式之间的对比，改革后是否影响基本概念的掌握。这部分占总成绩 50%

平时成绩：不只是课后练习题，还兼顾上课互动时问答的质量。平时作业，由于习题解答、网络上可下载答案等因素，错的合理，也认可其成绩，强调自己思考。这部分占总成绩 20%

探究性作业：个性化非常强，没有固定的答案，重在学生开展探究性学习思考与实践。由教师直接指导、评阅，核心是否有新的理解，是否突破自身的学习模式等，跳出课程、跳出专业的思考。这部分占总成绩 30%