

Research on the Teaching Reform of Probability Theory and Mathematical Statistics Based on Mathematical Modeling

Anmei Xie Renhai Wang* Yunshun Wu Ying Xiao

School of Mathematical Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou, 550025, China

Abstract

Probability Theory and Mathematical Statistics is a fundamental mathematics course with strong theoretical and practical aspects in colleges and universities. This paper explores the teaching reform path of this course from the perspective of cultivating mathematical modeling ability in response to the problems of the disconnection between theory and practice and the insufficiency of students' application ability in traditional teaching. The research adopts a method combining literature analysis, case design, and teaching practice to systematically analyze the characteristics and teaching status of the course, and constructs a "theory + modeling + practice" three-in-one teaching model. The reform effect is verified through actual teaching. The practice shows that integrating mathematical modeling ideas can effectively enhance students' data analysis and problem-solving abilities, providing a reference for the cultivation of applied talents.

Keywords

probability theory and mathematical statistics; mathematical modeling; teaching reform; ability cultivation; practical teaching

基于数学建模的概率论与数理统计教学改革研究

谢安梅 王仁海* 吴云顺 肖英

贵州师范大学数学科学学院, 中国·贵州 贵阳 550025

摘要

概率论与数理统计是高校具有较强理论性与应用性的数学基础课,对于传统概率论与数理统计课程教学中理论与实践脱节、学生应用能力不足等问题,本文基于数学建模能力培养视角,探索该课程的教学改革路径。研究采用文献分析、案例设计与教学实践相结合的方法,系统分析课程特点与教学现状,构建“理论+建模+实践”三位一体的教学模式,并通过实际教学验证改革效果。实践表明,融入数学建模思想能有效提升学生数据分析与问题解决能力,为应用型人才培养提供参考。

关键词

概率论与数理统计; 数学建模; 教学改革; 能力培养; 实践教学

1 引言

高等教育普及化背景下,培养具有创新意识和实际问题解决能力的应用型人才逐渐成为教育改革的核心议题。我国自1992年举办全国大学生数学建模竞赛以来,其涉及面之广、参与规模之大,充分证明了数学建模是培养创新人才的有效途径,是开启数学应用大门的金钥匙^[1]。然而,概率论与数理统计课程教学普遍面临内容抽象、应用脱节、学生获得感不足等困境,教师因课时压力而偏重理论推导,忽视数学背景与建模过程的展现。

概率论与数理统计作为研究随机现象数量规律的基础课程,其知识体系本身源于对实际问题的建模需求,天然具备与数学建模深度融合的学科优势。将数学建模能力系统融入课程教学,不仅契合“以学生为中心、以项目为驱动”的现代教育理念,更能通过真实案例实现知识传授与能力生成的统一^[2]。本研究旨在聚焦数学建模能力培养这一核心目标,探索课程在目标重构、内容重组与方法创新等方面的系统实

践路径,为应用型数学人才培养提供教学改革方案。

2 课程教学现状与改革必要性分析

2.1 传统教学模式的主要问题

2.1.1 内容组织:从抽象概念到现实应用的割裂

概率论与数理统计课程长期以来面临多重教学困境,制约着学生数学建模能力的生成与发展。在内容组织层面,传统教学沿袭“概念-定理-例题”的线性演绎模式,知识呈现高度抽象化,概率分布、假设检验等核心内容缺乏现实问题的源头牵引,学生难以建立随机思维与真实情境的有效关联,更无法体会概率统计知识源于实践又归于实践的学科本质^[3]。

2.1.2 学习方式:被动接受与主动探究的失衡

大班授课环境下教师主导的单向灌输仍占主流,学生被动接受公式推导,缺乏主动探究与小组协作的机会。部分学生因基础薄弱得不到及时关注而丧失信心,部分学有余力

者因缺乏拓展空间而失去兴趣,课堂参与度不高,学习内动力严重不足。

2.1.3 能力培养: 解题训练与建模实践的脱节

教学重心局限于计算技巧训练,忽视从实际问题抽象出概率模型、借助软件求解并阐释结果的完整建模链条。学生解完习题却不懂应用,知识停留于表层未能内化,更难以形成“识别问题-建立模型-求解验证”的建模能力结构。

2.2 数字建模能力培养的特殊价值

2.2.1 契合概率统计学科本质

概率论与数理统计源于对赌博、人口统计等实际问题的研究,其发展历程本身就是一部数学建模史。从帕斯卡解决赌金分配问题到高斯构建正态分布模型,学科知识一如既往地“实际问题-数学抽象-模型求解-实践检验”的循环中演进。以建模能力培养为主线,可将这一历史脉络还原于教学过程,使学生亲历知识创生的完整过程,而非仅接受现有的结论。

2.2.2 适配课程知识特点

概率统计的核心内容天然适配建模流程——随机现象识别对应问题分析,分布选择对应模型假设,参数估计与假设检验对应模型验证,预测与决策对应结果应用。这种结构同构性使得建模实践能够贯穿课程始终,每个知识节点均可锚定具体案例,形成“做中学、学中做”的良性循环。

2.2.3 贴合学生发展需求

建模能力培养回应了学生从解题到解决问题的能力诉求,从“学数学”到“用数学”。通过真实情境中的团队协作与自主探究,学生不仅掌握统计工具的操作,更形成“识

别随机性-量化不确定性-基于数据决策”的思维模式。这种能力结构具有强迁移性,可延伸至专业研究、数学建模竞赛及未来职业发展,实现课程育人的长效价值^[4]。

3 教学改革理论框架与设计原则

3.1 理论依据

3.1.1 建构主义学习理论: 知识在问题解决中主动建构

学习并非外部知识的被动接收,而是学习者在真实情境中基于已有经验的意义建构过程。概率统计中的分布、估计等抽象概念,只有通过学生自主参与的建模活动,才能从符号形式转化为心理图式,实现深度理解与灵活迁移。

3.1.2 情境认知理论: 学习嵌入真实活动情境

知识具有情境依赖性,脱离实践场域的传授易导致惰性知识。将金融风控、医学诊断等真实案例引入课堂,使学生在贴近真实场景的实践参与中习得统计思维,疏通学科知识与现实问题的内在关联。

3.1.3 OBE 成果导向教育模式: 能力达成的反向设计

以“学生中心、产出导向、持续改进”为核心理念,从期望的建模能力目标反向推演课程结构,确保每个教学环节对准能力生成的可观测证据,形成目标-活动-评价的一致性闭环^[5]。

3.2 设计原则

3.2.1 项目统领原则

以贯穿全程的锚定项目统领离散知识点,打破“章节目录”的 rigid 结构,使随机变量、假设检验等内容在项目子问题的求解中自然涌现。

3.2.2 梯度递进原则

问题复杂度与认知负荷同步调控: 从确定型情境到单随机因素,再到多变量综合优化,形成“脚手架”式的能力发展路径。

3.2.3 做中学原则

建模实践作为知识习得与能力生成的核心机制,替代“先学后用”的传统序列,让学生在“尝试-犯错-修正”的循环中内化建模程序性知识。

3.2.4 数智融合原则

将 Python、R 等工具嵌入建模全流程,培养学生运用计算思维处理大数据、进行模拟仿真的现代数据科学素养,回应智能时代的人才需求^[6]。

4 教学改革的实施路径

4.1 课程目标重构: 三维目标体系

超越单一知识传授,构建“知识-能力-素质”目标。知识目标聚焦概率分布、统计推断等核心概念的深度理解,非公式记忆;能力目标强调整建模能力的系统生成,涵盖问题识别、模型假设、求解验证、结果阐释的全流程;素质目标指向数据驱动的决策思维、批判性反思意识与团队协作精神,回应人工智能时代对复合型人才的需求^[7]。

【基金项目】2025 年度贵州省高等学校本科教学内容和课程体系改革项目“基于数学建模能力培养的《概率论与数理统计》教学改革的研究与实践”(项目编号: GZJG2025091); 教育部产学研合作协同育人项目“数学建模赋能师生科研创新能力一体化培养模式研究”(项目编号: 251104171143056); 贵州师范大学“大思政课”建设项目《“大思政课”背景下“概率论与数理统计”教学创新的研究与实践》(项目编号: 2024DSZK01); 贵州师范大学本科重大教学研究课题“思政引领混合式课程教学的理论探索和实践创新”(项目编号: 2024-XZD-QZ-14); 2026 年贵州省高校“人工智能通识教育改革研究”专项课题: 高校人工智能实践教学改革研究(项目编号: PX-22639)。

【作者简介】谢安梅(2003-),女,中国贵州黔西人,在读硕士,从事学科教学(数学)研究。

【通讯作者】王仁海(1993-),男,中国贵州黔南人,博士,副教授,从事基础数学理论与应用研究。

4.2 内容结构重组：项目驱动的模块化设计

打破“概念-定理-例题”的线性结构，以贯穿全课程的核心项目整合知识模块。选取“公交车车门优化设计”或“开水房排队系统优化”等真实情境作为载体，将其拆解为以下与教学进度匹配的子问题链：

模块一：“随机现象识别与概率模型建立”对应概率论基础，从乘客身高的不确定性引出随机事件与概率计算。

模块二：“随机变量刻画与分布选择”对应一维/多维随机变量，将身高数据抽象为连续型随机变量并拟合分布。

模块三：“数据特征提取与参数估计”对应数字特征与估计理论，利用样本确定分布参数。

模块四：“模型验证与决策优化”对应假设检验与回归分析，验证模型合理性并给出最优设计方案。

难度梯度遵循“确定型→单随机因素→多随机因素→综合优化”的认知规律，实现知识建构与能力发展的同步进阶。

4.3 教学方法创新：三阶递进式教学组织

重构教学时空结构，形成课前-课中-课后连贯的能力训练条。课前阶段发布项目背景与数据收集任务，学生调研激活先备经验，形成认知冲突；课中阶段采用“问题驱动+小组协作”模式，教师引导子问题拆解，学生借助 Python/R/SPSS 即时验证假设，实现“做中学”的深度融合；课后阶段提交子项目报告，组间互评促进反思，梳理知识网络并探索跨情境迁移。

4.4 技术环境支撑

构建“软件实训+在线协作+资源赋能”的技术支持体系。将统计软件操作常态化融入教学流程，学生从数据清洗、可视化到模拟仿真全程动手实践；利用在线协作平台支持小组异步研讨与成果共享，突破大班授课的时空限制；建设开发出分层分类的案例库与项目资源库，涵盖金融风控、医学统计、工程可靠性等多领域情境，支持个性化学习路径选择^[8]。

5 数学建模能力培养的教学实施与案例设计

5.1 创设真实情境，以案例带动建模思维养成

5.1.1 案例 1：公交车车门优化设计

这个案例贯穿概率论乃至数理统计全过程。课程初始呈现设计矛盾：车门过高则材料浪费，过低则乘客碰头风险增加，由此激发学生界定问题、收集数据的动力。教学推进中，子问题与知识点精准对接——从“给定身高区间计算不碰头概率”引出随机事件与概率运算；从“身高不确定性刻画”引出随机变量与分布选择；从“样本数据推断总体规律”引出参数估计与假设检验；最终综合形成“保证 90% 乘客不碰头的最优高度”决策方案。

5.1.2 案例 2：开水房排队优化

该案例聚焦二项分布向正态分布的极限过渡，学生通

过实地调研获取到达率、服务时间等数据，建立伯努利概型，体会化繁为简的数学智慧^[9]。

思路：（1）数据的收集与整理：学生实地调研获取傍晚打水学生总数 n 、现有水龙头数 m 及单人次平均占用时间，建立数据档案。

（2）问题分析和模型建立：将每位学生“占用水龙头”视为独立伯努利试验，设用水人数为 X ，则 $X \sim B(n, p)$ ，建立二项分布模型。

（3）模型求解：因 N 较大直接计算困难，引导学生借助棣莫佛中心极限定理，以正态分布近似二项分布，化繁为简求得最优水龙头配置方案。该案例既深化了对极限定理的理解，又培养了“精确模型-近似求解”的建模思维。

5.2 结合数学实验，以软件操作强化建模实践能力

建模能力的生成离不开计算工具的熟练运用。将 Python、R 软件融入教学全流程，替代传统计算，使学生聚焦模型构建与结果阐释等高阶思维活动^[10]。实验设计遵循层次：随机模拟实验对应大数定律，学生通过蒙特卡洛模拟感受频率稳定性；参数估计实验对应最大似然估计，学生利用真实数据完成模型拟合；假设检验实验对应 t 检验、卡方检验等方法，学生自主设计方案并解释 P 值含义。

5.3 建立多元教学反馈体系，以动态优化提升培养质量

教学改进依赖及时、多维的过程性证据。构建“课堂-阶段-期末”三级反馈机制，即课堂层面利用雨课堂实时采集数据，诊断理解偏差；阶段层面组织小组作品路演，组间互评与教师点评结合；期末层面综合建模报告、软件考核与理论笔试，全面评估能力达成度^[11]。同步建立学习档案，持续记录能力提升过程。

6 结论与反思

通过对概率统计课程的教学改革，研究深刻认识到数学建模的重要性，本研究针对该课程“内容抽象、应用脱节、学生获得感不足”的困境，构建了以数学建模能力培养为核心的教学改革路径^[12]。改革仍存在现实制约，未来需进一步探索智能化教学平台对差异化学习的支持机制，并强化跨课程建模项目的整体构建，持续提升人才培养质量。

参考文献

- [1] 李大潜.数学建模是开启数学大门的金钥匙[J].数学建模及其应用,2020(01):1-8.
- [2] 陈丽娜.基于数学建模的概率论与数理统计课程教学改革[J].内江科技,2024(06):107-108+111.
- [3] 梁振英,孙俊涛,刘宣江,张艳平,刘霞.创新思维与数学建模思想深度融合的课堂教学模式研究——以概率论与数理统计课堂教学为例[J].高教学刊,2025(30):71-74.DOI:10.19980/j.CN23-1593/G4.2025.30.017.
- [4] 王立本,李伯忍,黄香香,张丽芳.数学类公共基础课程教学改革与实践——以“概率论与数理统计”为例[J].教育教学论坛,2023

(44):87-90.

- [5] 张爱华,杨冬香.数学建模思想融入“概率论与数理统计”的教学改革研究[J].科教文汇(中旬刊),2019(08):80-81. DOI:10.16871/j.cnki.kjwhb.2019.03.038.
- [6] 席进华.数学建模方法在概率论与数理统计教学中的应用[J].黑龙江科学,2020(23):52-53.
- [7] 胡俊红.基于数学建模思想的概率论与数理统计课程教学创新研究[J].延边教育学院学报,2021(04):147-149.
- [8] 张红梅,王文婷,史诗洁.基于数学建模思想的“概率论与数理统计”课程教学探索[J].教育教学论坛,2022(28):119-122.
- [9] 汉巍.数学建模思想在概率论与数理统计课程教学改革中的应用[J].兰州工业学院学报,2023(06):156-159.
- [10] 叶香蕊.基于数学建模《概率论与数理统计》的教学探究[J].办公自动化,2024(14):35-37+41.
- [11] 田东红,李玲娜,谢祥俊.一流专业建设背景下数学课程的教学改革与实践——以“概率论与数理统计”为例[J].教育教学论坛,2023(39):57-60.
- [12] 王宏军.数学建模思想渗透于概率论与数理统计教学的实践[J].黑河学院学报,2020(04):100-102.