

融合 Shiny 与大语言模型的数理统计教学创新研究

赖廷煜¹, 胡志明^{2*}

1. 广西师范大学 数学与统计学院, 广西 桂林 541006

2. 上海财经大学浙江学院, 浙江 金华 321013

DOI:10.61369/ASDS.2025070014

摘 要 : 本文针对传统数理统计教学存在理论抽象、学生被动及与实践脱节等问题, 提出一种融合编程技术 (R 语言与 Shiny 库) 与大语言模型的创新教学框架。该框架通过交互式可视化工具将抽象理论转化为动态应用, 支持学生以“观察 – 猜想 – 验证”路径主动构建统计思维; 同时采用项目驱动 (PBL) 教学法, 依托大语言模型提供个性化项目设计及全过程辅助支持, 降低学习难度, 促进理论与实践深度融合, 旨在提升教学效果, 培养符合时代需求的数据分析人才。

关 键 词 : 数理统计; 教学改革; R 语言; Shiny; 大模型; 项目驱动学习

Innovative Teaching of Mathematical Statistics Integrating Shiny and Large Language Models

Lai Tingyu¹, Hu Zhiming^{2*}

1.School of Mathematics and Statistics, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541006

2.Zhejiang College, Shanghai University of Finance and Economics, Jinhua, Zhejiang 321013

Abstract : This paper addresses issues in traditional mathematical statistics education—such as abstract theory, passive learning, and disconnection from practice—by proposing an innovative teaching framework that integrates programming technology (R language and Shiny library) with large language models. The framework transforms abstract statistical theories into interactive and dynamic visual applications, enabling students to actively develop statistical thinking through an "observe–hypothesize–verify" inquiry–based learning process. Furthermore, a project–based learning (PBL) approach is adopted, supported by large language models to assist instructors in designing personalized multi–level projects and providing students with scaffolding support—including code assistance, idea generation, and problem debugging—throughout project implementation. This reduces the difficulty of project–based learning and fosters deep integration of theory and practice. The study aims to enhance teaching effectiveness and cultivate versatile data analysis talents suited to contemporary demands.

Keywords : mathematical statistics; teaching reform; R language; Shiny; large language model; project–based learning

引言

随着大数据和人工智能的快速发展, 统计学已逐渐成为推动科学研究和社会应用的重要方法论工具。作为统计学中的核心课程, 数理统计的教学目标不仅在于传授公式定理, 更在于帮助学生理解其中的逻辑关系, 并培养其分析与解决实际问题的能力。然而, 目前国内多数高校仍沿用传统的“讲授–练习”教学模式, 过度强调推导与记忆。这种方式使学生难以真正理解抽象概念, 也削弱了学习主动性。同时, 教材与考试内容多依赖简化和理想化的数据, 与现实中嘈杂、不完整且结构复杂的数据差距显著, 导致学生在面对实际问题时常常无所适从。正因如此, 推动数理统计教学改革已成为学界持续关注的重要议题。

近年来, 开源统计软件的广泛应用为教学改革提供了新的技术契机。其中, R 语言因其在统计建模与可视化方面的强大功能, 逐渐被引入课堂教学。郭林祥等^[1]提出在实验教学中使用 R 语言, 以帮助学生更直观地理解核心定理, 并同时提升编程能力。宋述芳等^[2]指

基金项目: 广西自然科学基金项目 (2025GXNSFAA069336); 广西自然科学基金项目 (2025GXNSFAA069453); 2024 年度人工智能与先进制造中外人文交流研究院项目 (CCIPERGZN202439); 2023 年度上海财经大学浙江学院发展基金 (23YJC630054)。

作者简介: 赖廷煜, 广西师范大学数学与统计学院, 博士, 研究方向为函数型数据分析, 非参数检验。

通讯作者: 胡志明, 上海财经大学浙江学院, 副教授, 研究方向为数理统计及应用。

出，R 语言不仅能够改善学习效果，还能为跨学科研究提供支持。刘钰等^[3]则展示了 R 在空间统计课程中的可视化优势，使学生能够更直观地把握复杂的空间数据关系。与此同时，汪浩等^[4]在大数据与人工智能背景下建议将 R 贯穿于课程全过程，以提升 IT 专业学生的实践能力和综合素养。这些研究结果共同表明，将 R 引入教学不仅能弥补传统教学的不足，还能在理论与实践之间建立有效的连接。

作为 R 语言的重要扩展工具，Shiny 能够将统计理论转化为交互式、动态化的演示。相关研究已证明其在医学和公共卫生等领域的成功应用。王思娜等^[5]基于 R-Shiny 开发了临床试验分配误差系统，使统计推断更具可操作性。崔怡丹等^[6]利用 Shiny 构建了临床数据分析平台，展示了交互式系统在实际数据处理中的应用潜力。胡晓雯等^[7]则在传染病数据可视化研究中验证了 Shiny 的扩展性和适用性。总体而言，Shiny 在缓解数理统计中抽象性强、直观性不足等问题方面效果显著，同时能够提升学生的学习兴趣与课堂参与度。

除了编程与可视化工具外，教学方法的创新同样至关重要。李倩^[8]指出，项目驱动学习（Project-Based Learning, PBL）能够显著提升应用型课程的实践效果，并增强学生的自主性。金鑫等^[9]基于 BOPPPS 模型提出了一种新的教学设计，强调课堂结构化与学生主动参与的重要性。宋丽娟等^[10]在贝叶斯公式的教学中引入研究型方法，验证了探究式学习在促进概念理解方面的有效性。王泽龙等^[11]则主张通过个性化教学模式培养学生的创新思维。张慧星等^[12]结合新工科背景推动数理统计的实践改革，突出了理论知识与工程应用的结合价值。同时，杨晓丽^[13]与闫兰香^[14]从国家战略和“新文科”建设的角度出发，强调统计学课程改革应服务于社会发展和时代需求。

近年，人工智能在数学与统计教育中的应用受到关注。García-López 等在芬兰的实证研究显示^[15]，GenAI 的“有用性”对学生使用意向影响最大，“愉悦感”能增强对“有用性”和“易用性”的感知，而加入“兼容性”后，模型解释力显著提升，突出了教育环境差异的重要性。Setälä 等^[16]基于技术接受模型（TAM）研究发现，学生对生成式 AI 工具的接受度主要取决于其“有用性”、“易用性”和“兼容性”，若工具能降低使用门槛并嵌入课程，学习积极性与参与度将显著提升。这些最新研究表明，人工智能，尤其是大语言模型，正在成为推动高等教育教学模式转型的重要力量。

综观现有研究，数理统计教学改革已在 R 语言的引入、Shiny 的应用和 PBL 方法等方面取得了明显进展，但仍存在一些不足：第一，多数研究侧重单一工具或方法，缺乏系统整合；第二，教学成效评估多以短期实验为主，缺乏长期与量化分析；第三，虽然人工智能工具已逐渐进入教育领域，但如何与统计课程有机结合尚缺乏深入研究。本文利用 Shiny 和大语言模型（LLM）创造性地解决上述问题。具体来说，利用 Shiny 提升学生对抽象理论的理解，同时可以提高编程实践能力；利用大语言模型（LLM）的自然语言处理与代码生成能力，推动个性化与项目化学习的实施；进一步，建立科学的评估体系，从多维度检验教学改革的效果与可持续性。本文所提出的 Shiny 与 LLM 融合创新框架，旨在为培养符合时代需求的复合型数据分析人才提供新的思路。

一、传统数理统计教学方法的弊端分析

传统教学模式在长期的实践中形成了一套成熟的知识传授体系，但其固有的弊端在当前强调能力和创新的教育背景下日益凸显。

（一）理论的抽象性与学习的被动性

数理统计的理论体系建立在严格的数学基础之上，其核心概念，如概率分布、抽样分布、统计量等，都具有高度的抽象性。例如，中心极限定理是数理统计的灵魂，它阐述了“大量随机变量之和的分布近似于正态分布”这一深刻规律。在传统课堂上，教师通常通过黑板板书，一步步进行严格的数学证明。学生在课堂上忙于抄录笔记，课后则需要花费大量时间去理解和消化这些复杂的推导过程。由于缺乏直观的体验，学生很难理解该定理的适用条件、收敛速度及其在实践中的巨大威力。学习变成了单向的知识灌输，学生始终处于被动接收的地位，缺乏主动探究的欲望和机会。当他们面对“为何样本均值的抽样分布是正态的”这类根本性问题时，往往只能复述定理的结论，却无法形成深刻的、基于直觉的理解。

（二）知识与实践的脱节

传统教学的另一个显著弊端是理论与实践的割裂。教学内容严格遵循教材的章节体系，从概率论基础到参数估计，再到假设检验，线性的知识结构固然清晰，但也导致了知识的碎片化。学生学习了大量理论，却不知道这些理论的应用场景是什么。课后的习题大多是为了巩固课堂所学的公式计算，例如给定数据求期望、方差，或进行指定的 T 检验、F 检验等。这些习题的设计目标是训练计算能力，而非解决问题的能力。学生很少有机会接触到数据分析的全流程，包括如何提出问题、收集数据、清洗数据、探索性分析、模型选择、结果解释和报告撰写。这种“纸上谈兵”式的学习，使其在未来的工作和科研中难以适应真实、复杂的数据分析任务。

（三）评估方式的单一性

与教学模式相对应，传统的评估方式也极为单一，通常以期中、期末的闭卷考试为主。考试内容侧重于对概念的记忆和公式的熟练应用，能够有效考察学生对知识点的掌握程度，但却无法衡量其统计思维、编程能力和解决复杂问题的综合能力。这种评估方式向学生传递了一种导向：学习的目标就是为了通过考试。

因此，学生可能会采取应试驱动的策略，如考前突击背诵、刷题等，而忽略了对知识内涵的深入理解和能力的长期培养。

二、基于 R Shiny 的数理统计可视化教学设计

为了克服理论的抽象性，我们引入了 R 语言及其 Shiny 框架，旨在将静态的、抽象的统计理论转化为动态的、可交互的可视化应用，构建一种“观察－猜想－验证”的探究式学习模式。

（一）为何选择 R 和 Shiny

R 语言是专为统计计算和图形显示而设计的编程语言，被誉为“统计学家的通用语”。它拥有极其丰富的统计分析函数库和世界领先的可视化工具（如 ggplot2），是数理统计教学与实践的理想平台。Shiny 是 R 语言的一个扩展包，它允许开发者仅用 R 代码就能快速构建功能强大的交互式 Web 应用，而无需掌握 HTML、CSS 和 JavaScript 等前端技术。这极大地降低了教师开发教学工具的技术门槛。教师可以轻松地将一个统计模拟过程封装成一个带有滑动条、下拉菜单、复选框等控件的网页应用，学生通过操作这些控件，可以实时地观察参数变化对统计结果的影响。

（二）“观察－猜想－验证”的探究式学习模式

我们设计的教学模式颠覆了传统的“理论先行”路径，倡导一种由具体到抽象的认知过程：

1. 观察（Observe）：学生首先接触的不是冰冷的公式，而是一个精心设计的 Shiny 应用。他们可以像玩游戏一样，自由拖动滑块，改变参数，观察图形的实时变化。这个过程充满了趣味性和探索性，能够瞬间抓住学生的注意力。

2. 猜想（Conjecture）：在反复的互动操作中，学生会逐渐发现一些稳定的模式和规律。例如，在中心极限定理的演示中，他们会发现，无论原始总体是什么分布（均匀分布、指数分布甚至是偏态分布），只要样本量 n 足够大，样本均值的分布形态总是趋向于对称的钟形。基于这些观察，学生会自然地提出自己的猜想或假设。

3. 验证（Verify）：带着观察得出的猜想和疑问，学生被激发了强烈的求知欲，主动回到课本中去寻求理论解释。此时，学习数学证明不再是被动的任务，而是为了验证自己发现的内在驱动。教师的角色也从知识的灌输者转变为学生探究过程的引导者和启发者。

（三）教学案例

1. 案例一：中心极限定理（Central Limit Theorem）

我们设计一个 Shiny 应用，界面包含以下控件：

总体分布选择：一个下拉菜单，允许学生选择不同的总体分布，如正态分布、均匀分布、指数分布、泊松分布等。

样本容量（ n ）：一个滑动条，允许从 2 到 500 之间动态调整每次抽取的样本大小。

模拟次数：一个输入框，设定重复抽样的次数（如

10000 次）。

应用的核心展示区会实时绘制出样本均值的抽样分布直方图，并叠加一条理论上的正态分布密度曲线，见图 1，左边对应样本容量 5，右边样本容量 363。

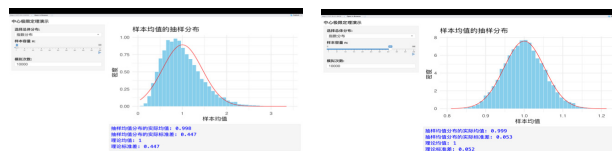


图 1. 中心极限定理的 shiny 实现

学生通过操作可以发现：当 n 很小时，抽样分布的形状与总体分布相似。

随着 n 的增大，无论总体分布是什么，抽样分布都迅速地趋向正态分布逼近。抽样分布的中心始终稳定在总体均值附近，且其离散程度（方差）随着 n 的增大而减小。通过这个应用，中心极限定理的深刻内涵——“均值的正态化”和“方差的缩减”——变得一目了然。

2. 案例二：置信区间的理解（Confidence Intervals）

置信区间是数理统计中最容易被误解的概念之一。学生常常错误地认为“95% 置信区间意味着总体参数有 95% 的概率落在这个区间内”。为了澄清这个概念，我们设计了一个模拟应用：

设定一个已知的总体均值 μ （例如 $\mu=10$ ）。可以设置置信水平（如 90%, 95%, 99%）和样本量 n 。点击“抽样”按钮，应用会从总体中随机抽取 100 个样本，并为每个样本计算出一个置信区间，然后将这 100 个置信区间可视化地绘制出来。

那些成功“捕获”了真实总体均值 μ 的区间用绿色表示，未捕获的用红色表示。



图 2. 置信区间的 shiny 实现

学生会清晰地看到，当置信水平为 95% 时，100 个区间中大约有 95 个是绿色的，5 个是红色的。通过多次重复这个实验，他们会深刻理解到，“95%”描述的是构造区间这个“方法”的长期成功率，而非某一个具体区间的属性。同时会观察到几乎每次实验的结果都不相同，而且每次的覆盖率几乎不会等于理论值，图 2 是置信区间的 shiny 实现，左边对应样本容量为 30，右边对应样本容量为 300。可以看到置信区间的长度随着样本容量增加减小。

三、基于大模型的项目驱动学习方案设计

通过 Shiny 应用，学生建立了对统计理论的直观理解，但这还不足以培养他们解决实际问题的能力。为此，我们引入了以大

语言模型（LLM）为辅助的项目驱动学习（PBL）方案。

（一）项目驱动学习的挑战

PBL 是一种有效的教学方法，但其实施难度很大。首先，教师难以设计出数量充足、难度适中、且能覆盖不同知识点的项目，尤其要兼顾不同专业背景学生的兴趣。其次，学生在面对一个开放性的真实问题时，往往会因为缺乏经验而感到迷茫，容易在数据清洗、特征工程、模型选择等环节“卡壳”，从而产生挫败感，甚至放弃。

（二）大模型在 PBL 中的“脚手架”作用

大语言模型强大的自然语言理解、代码生成和知识整合能力，使其成为 PBL 理想的辅助工具。它可以在整个项目周期中，为学生提供“脚手架”（Scaffolding）式的支持。下面是一般步骤。

1. 项目生成与个性化

教师可以利用 LLM 快速生成丰富的项目创意。例如，教师可以输入指令：“请为金融专业的本科生设计一个关于回归分析的期末项目，要求使用真实的股票数据，分析影响某公司股价的因素。” LLM 可以迅速生成一份详细的项目方案，包括项目背景、目标、建议数据集（甚至提供获取数据的 API 或网站）、关键分析步骤和成果要求。

2. 搭建学习支架

当学生在项目中遇到困难时，LLM 可以扮演一个全天候的智能导师。与直接给出答案不同，LLM 可以被引导提供启发式的问题或提示。

3. 任务分解

学生可以问：“我拿到了一份销售数据，想分析季节性趋势，该怎么开始？” LLM 可以引导他将任务分解为：数据导入 -> 时间序列格式转换 -> 数据可视化（绘制月度销售额折线图）-> 移动平均或季节分解 -> 结果解释。

4. 思路启发

学生问：“我的回归模型 R^2 很低怎么办？” LLM 可以提供一系列可能性供其探索，如“是否遗漏了重要的自变量？”“是否需要考虑变量间的交互效应？”“数据中是否存在异常值？”“是否可以尝试非线性模型？”。

5. 代码辅助与调试

学生在编程过程中，可以向 LLM 求助。例如，“请用 R 语言的 ggplot2 包，画一张散点图，并添加一条回归线。” LLM 可以直接生成可执行的代码。当遇到代码报错时，学生可以将错误信息粘贴给 LLM，它通常能准确地定位问题所在，并给出修改建议，这极大地提高了学习效率。

6. 结果解释与报告生成

LLM 可以帮助学生理解复杂的统计输出。学生可以将模型的结果摘要（如 `summary(lm_model)` 的输出）发给 LLM，并提问：“这里的 p 值小于 0.05 说明了什么？” LLM 可以用通俗的语言解

释其统计学意义。在项目收尾阶段，LLM 还可以帮助学生梳理报告结构，润色语言，使其更专业、更具可读性。

（三）实施策略与注意事项

在使用 LLM 辅助 PBL 时，必须明确其定位是一个“工具”而非“枪手”。教师需要制定明确的学术诚信规范，要求学生在报告中注明 LLM 的使用情况，并说明其在哪些环节提供了帮助。教师的角色也相应转变，从知识的权威变为学习的促进者和项目管理者，其工作重点是引导学生提出有价值的问题，批判性地评估 LLM 给出的建议，并对项目的最终成果进行专业把关。

四、教学实践与效果评估

本教学方法的实践效果，理想情形可通过对比实验进行评估。取两个水平接近的班级，一个实验班采用本研究提出的新教学框架，一个对照班采用传统教学模式。但这样的评估方法存在一些问题，比如难以找到两个条件接近的班级，老师的水平不齐（不同的老师采用相同的教学策略，效果也可能不同）。下面是一些评价方法，由于前面提及的问题，对结果需要深入思考和分析。

（一）评估方法

1. 量化评估

量化评估可以考虑课程成绩，项目质量，问卷调查。具体来说比较两班学生的期末考试成绩，特别是那些考察概念理解和分析的题目。对实验班的项目报告，从问题定义的清晰度、数据处理的规范性、模型选择的合理性、结果解释的深度等维度进行评分。在课程前后，通过问卷调查学生对数理统计的兴趣、学习自信心、以及对核心概念的自我评估。

2. 质性评估

这块可以选择学生访谈和学习行为分析。随机抽取两班学生进行深度访谈，了解他们对不同教学模式的体验和看法。通过在线学习平台的后台数据，分析实验班学生与 Shiny 应用的交互频率、在 PBL 项目中与 LLM 的互动模式等。

（二）预期效果

一是有更深的理论理解：通过可视化交互，学生能更好地建立统计直觉，死记硬背的现象将显著减少。二是更强的实践能力：通过完整的项目锻炼，学生的数据分析全流程能力将得到显著提升。三是更高的学习投入度：探究式的学习和项目挑战能有效激发学生的内在动机和学习兴趣。最后，更优的批判性思维：在与 LLM 的互动中，学生需要不断思考和判断，其问题定义和解决问题的能力将得到锻炼。

五、结论与展望

本文针对传统数理统计教学中存在的理论抽象、学习被动和

实践脱节等核心问题，提出了一种基于 R Shiny 编程和大型语言模型的整合式教学改革方案。该方案利用 R Shiny 将抽象理论可视化，通过“观察－猜想－验证”模式深化学生的理论认知；利用大模型辅助的项目驱动学习，为学生提供个性化、低门槛的实践锻炼平台，培养其解决真实问题的综合能力。这一教学模式将

教师的角色从知识的灌输者转变为学习的引导者和促进者，将学生的角色从被动的接收者转变为主动的探究者。当然，该教学模式的推广也面临一些挑战，如需要教师具备一定的编程能力和对新技术的开放心态，学校需要提供相应的计算资源支持，以及如何建立有效防止 LLM 滥用的学术诚信机制等。

参考文献

[1] 郭林祥, 兰彩霞, 翟尚宇. 基于 R 语言实现数理统计课程的实验教学 [J]. 中国多媒体与网络教学学报 (上旬刊), 2023, (10):17-20.

[2] 宋述芳, 迟乃荣, 吕震宙. R 语言在数理统计教学中的应用及延伸 [J]. 教育教学论坛, 2019, (09):231-233.

[3] 刘钰, 余卓芮, 刘岱宁. R 语言可视化的优势及其在空间统计教学中的应用 [J]. 高教论坛, 2020, (05):30-33.

[4] 汪浩, 李莹. 大数据 / 人工智能背景下 IT 专业基于 R 的概率论与数理统计教学改革 [J]. 计算机教育, 2021, (03):180-184.

[5] 王思娜, 陆梦依, 尤东方, 等. 基于 R-Shiny 实现临床试验 I 类错误分配及其可视化系统 [J]. 中国卫生统计, 2025, 42(04):622-625.

[6] 崔怡丹, 魏婷, 孔伟名, 等. 基于 R-shiny 的临床数据分析应用 [J]. 中国卫生统计, 2022, 39(01):149-152.

[7] 胡晓雯, 薛铭琰, 张枫, 等. 基于 R shiny 的法定传染病可视化分析系统的设计和初步应用 [J]. 南京医科大学学报 (自然科学版), 2021, 41(03):444-449+459.

[8] 李倩. 基于项目驱动法的应用型本科《工程概预算》课程教学改革研究与实践 [J]. 价值工程, 2017, 36(06):210-211.

[9] 金鑫, 李良军, 杜静, 等. 基于 BOPPS 模型的教学创新设计——以“机械设计”课程为例 [J]. 高等工程教育研究, 2022, (06):19-24.

[10] 宋丽娟, 罗万春, 马翠, 等. 贝叶斯公式研究型教学设计探讨 [J]. 高等数学研究, 2025, 28(04):1-4+53.

[11] 王泽龙, 刘吉英, 余奇. 面向创新能力培养的个性化教学模式研究——以“概率论与数理统计”为例 [J]. 教育教学论坛, 2025, (09):52-55.

[12] 张慧星, 姚香娟, 许盈盈. 新工科背景下概率论与数理统计实践教学改革 [J]. 高等数学研究, 2024, 27(05):64-68.

[13] 杨晓丽. “一带一路”背景下统计学教学改革研究 [J]. 课程教育研究, 2019, (44):40.

[14] 闫兰香. 新文科视域下高校统计学课程教学改革探索与实践 [J]. 河北师范大学学报 (教育科学版), 2022, 24(04):121-124.

[15] Garc í a-L ó pez I M, Ram í rez-Montoya M S, Molina-Espinosa J M. Generative artificial intelligence in education: a systematic analysis of opportunities, challenges, and responses[J]. Interactive Learning Environments, 2025: 1-24.

[16] Setälä M, Heilala V, Sikström P, et al. The Use of Generative Artificial Intelligence for Upper Secondary Mathematics Education Through the Lens of Technology Acceptance[C] Proceedings of the 40th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing. 2025: 74-82.