

Matlab软件在概率与数理统计教学中的应用

苟弘媛

成都大学计算机学院, 四川 成都

收稿日期: 2025年6月16日; 录用日期: 2025年7月16日; 发布日期: 2025年7月25日

摘 要

Matlab软件是一款功能强大的科学计算软件, 具备高效的数据处理、图形绘制以及算法实现能力。本文旨在探究Matlab软件在概率与数理统计教学过程中的应用, 利用Matlab进行概率分布的可视化、统计数据处理与分析、随机模拟实验等, 帮助学生更直观地理解抽象的概率统计概念, 提高教学效果, 增强学生运用概率统计知识解决实际问题的能力。

关键词

概率与数理统计, Matlab软件, 可视化, 教学应用

The Application of Matlab Software in the Teaching of Probability and Mathematical Statistics

Hongyuan Gou

School of Computer Science, Chengdu University, Chengdu Sichuan

Received: Jun. 16th, 2025; accepted: Jul. 16th, 2025; published: Jul. 25th, 2025

Abstract

Matlab software is a powerful scientific computing software with efficient data processing, graphics drawing, and algorithm implementation capabilities. The main purpose of this paper is to explore the application of Matlab software in the teaching process of probability and mathematical statistics. By using Matlab for probability distribution visualization, statistical data processing and analysis, and stochastic simulation experiments, it helps students more intuitively understand abstract probability and statistics concepts, improves teaching effectiveness, and enhances students' ability to use probability and statistics knowledge to solve practical problems.

Keywords

Probability and Mathematical Statistics, Matlab Software, Visualization, Teaching Application

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

概率与数理统计作为一门兼具理论深度与实践价值的学科，在现代社会各领域发挥着关键作用。在自然科学中，其应用涵盖物理学的粒子运动轨迹分析、生物学的种群数量研究；工程技术领域，信号处理、控制系统设计及质量控制均依赖概率统计的理论支撑；社会科学与经济管理中，市场调研、风险评估和经济预测等工作也以该学科为基础[1] [2]。

然而，传统概率与数理统计教学面临诸多挑战。课程核心概念如概率分布、随机变量、参数估计、假设检验等具有高度抽象性。以概率分布为例，学生仅通过公式和文字学习正态分布、二项分布、泊松分布时，难以构建清晰的分布形态，也难以理解不同分布的实际应用差异。随机变量概念涉及对随机现象的数学量化，这种从实际到模型的抽象过程，易使初学者产生理解障碍。

同时，传统教学中复杂的计算过程严重影响效率。讲解参数估计、假设检验时，大量数值计算和公式推导耗时且易让学生因繁琐运算丧失兴趣。例如，手动计算样本均值、方差及假设检验统计量时，不仅易出错，还占用课堂时间，导致教师无法深入讲解理论与实际案例。

随着计算机技术发展，引入专业计算软件成为教学改革的必然趋势。Matlab 软件以其强大功能为解决教学难题提供有效途径：它能将抽象的概率统计理论转化为直观的图形与数据，帮助学生通过可视化方式理解概念；其高效计算能力可快速完成复杂数值运算，节省教学时间，使教师更专注于理论讲解与应用分析，从而提升教学质量，激发学生的学习积极性，适应现代教育改革需求[3]-[5]。

2. Matlab 软件的发展历程与教学应用价值

Matlab [6]是美国 MathWorks 公司开发的高效数值计算与可视化工具。其发展起源可回溯至 20 世纪 70 年代，最初由 Cleve Moler 博士为解决线性代数中的矩阵运算问题而设计。在早期科学研究与工程计算中，矩阵运算占据重要地位，但传统计算方法存在效率低、易出错的局限。历经多年发展，Matlab 已演进为功能全面的综合性软件平台。

在发展初期，Matlab 凭借简洁语法与强大的矩阵运算能力，在学术界和科研机构中备受青睐。随后，MathWorks 公司持续对其优化升级，通过扩充工具箱与函数库，推动应用领域持续扩展。如今，Matlab 已广泛运用于科学研究、工程设计、金融分析、生物医学等领域，成为科研人员、工程师及学生的重要工具。

在技术性能方面，Matlab 不仅能高效执行基础算术运算与矩阵运算，还支持数值积分、微分、方程求解等复杂算法。数据可视化层面，其提供多样化的绘图函数库，可绘制二维/三维图形、等高线图、散点图等，以直观美观的方式呈现数据特征。算法开发方面，Matlab 以简洁的编程语言与强大的调试工具，助力用户快速实现算法并优化。此外，其丰富的工具箱(如统计与机器学习工具箱、信号处理工具箱、优化工具箱等)面向各领域应用需求，提供专业函数与算法，大幅提升工作效率。

在教育场景中，Matlab 在数学、物理、工程等学科教学中扮演着关键角色。诸多学者将其融入高等

数学、线性代数等课程教学, 收获了显著的教学成效[7]-[9]。例如, 在高等数学中借助 Matlab 绘制函数图像, 帮助学生直观理解函数性质; 在线性代数中通过矩阵运算与线性方程组求解, 强化学生对基础概念的掌握。然而, 在概率与数理统计教学领域, 尽管已有相关研究探讨 Matlab 的应用, 但在概率分布动态展示、复杂统计模型构建分析等方面的深度应用研究仍显不足。本文将聚焦 Matlab 在概率与数理统计教学中的具体实践, 以提升教学的直观性与实用性, 充分释放其在概率统计教学中的优势。

3. 利用 Matlab 实现概率分布可视化

概率分布是概率论计算的核心内容之一, 深入理解不同概率分布的特征对于掌握该课程知识至关重要。概率分布描述了随机变量取值的概率规律, 不同的概率分布在实际应用中有着不同的适用场景。Matlab 软件提供了丰富的函数, 可方便地绘制各种概率分布的图形, 帮助学生直观地感受概率分布的形态和性质, 从可视化的角度加深对概率分布概念的理解。

例 1 (正态分布概率密度函数) (1) 正态分布, 也称为高斯分布, 在实际应用中非常广泛。其概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

其中, μ 为均值, 决定了分布的中心位置; σ 为标准差, 反映了分布的离散程度。在 Matlab 中, 假设均值 $\mu = 0$, 标准差 $\sigma = 1$, 可得到标准正态分布概率密度函数曲线, 如图 1(a) 所示。通过修改程序中的均值和标准差参数, 还可以绘制不同形态的正态分布曲线, 帮助学生理解均值和标准差对正态分布的影响。相应的画图程序如下:

```
x = -3:0.01:3;
y = normpdf(x,0,1);
plot(x,y,'LineWidth',1.5);
xlabel('x');
ylabel('概率密度 f(x)');
```

运行上述程序后, 在 Matlab 的绘图窗口中, 将呈现出一条优美的钟形曲线, 这便是标准正态分布的概率密度函数曲线。该曲线以 $x = 0$ 为对称轴, 左右对称, 在 $x = 0$ 处达到峰值, 随着 x 向两侧远离, 曲线逐渐下降并趋近于 x 轴, 但永远不会与 x 轴相交。通过观察这条曲线, 学生可以直观地感受到标准正态分布的对称性和集中趋势。为了让学生更深入地理解均值和标准差对正态分布的影响, 我们可以修改程序中的参数。例如, 将均值 μ 改为 2, 标准差 σ 改为 0.5, 运行修改后的程序得到的结果如图 1(b) 所示, 通过观察很容易发现曲线的中心位置移动到了 $x = 2$ 处, 并且曲线变得更加陡峭, 这是因为标准差变小, 数据更加集中在均值附近。通过对比不同参数下的正态分布曲线, 学生能够更清晰地认识到均值和标准差在正态分布中的作用, 从而更好地理解正态分布的性质。

(2) 二维正态分布, 若二维随机变量 (X, Y) 具有概率密度:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left[\left(\frac{x-\mu_1}{\sigma_1}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{x-\mu_1}{\sigma_1}\right)\left(\frac{y-\mu_2}{\sigma_2}\right) + \left(\frac{y-\mu_2}{\sigma_2}\right)^2\right]}.$$

其中, $\mu_1, \mu_2, \sigma_1, \sigma_2, \rho$ 均为常数, 且 $\sigma_1 > 0, \sigma_2 > 0$, 相关系数 $|\rho| < 1$, 则称 (X, Y) 服从参数为 $\mu_1, \mu_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2, \rho$ 的二维正态分布, 记为 $(X, Y) \sim N(\mu_1, \mu_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2, \rho)$ 。当 $\rho = 0$ 时, X 与 Y 独立, 密度函数可分解为两个一

元正态密度的乘积；曲面以 μ_1, μ_2 为中心，呈“钟形”曲面， ρ 决定曲面在 xOy 平面的投影椭圆的扁率（相关性越强，椭圆越狭长）。

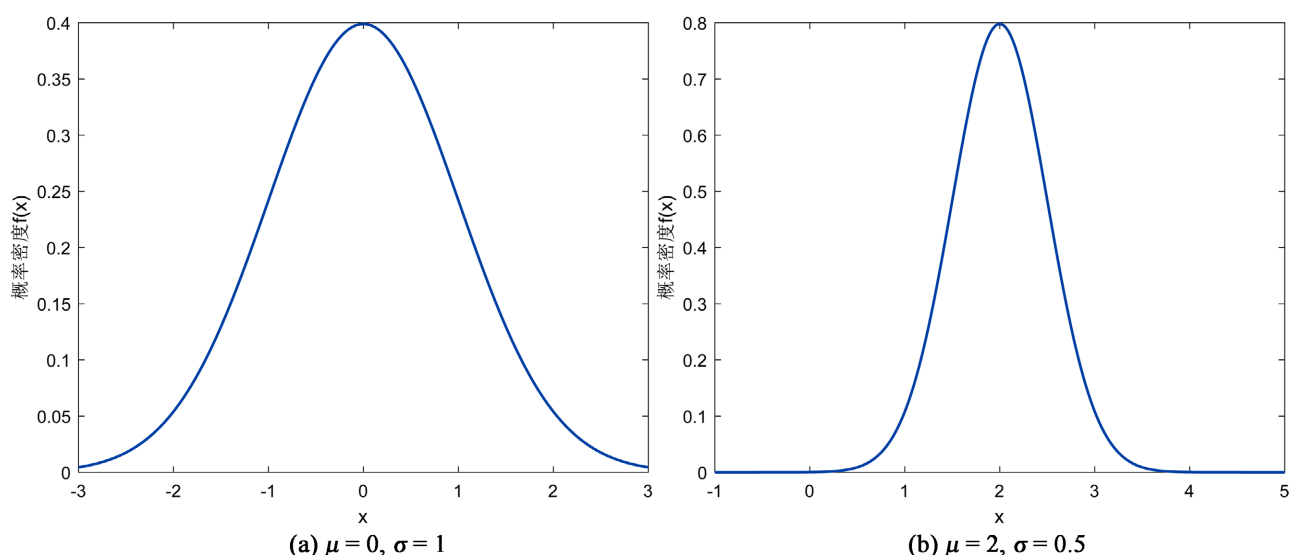


Figure 1. Probability density function curve of normal distribution

图 1. 正态分布概率密度函数曲线

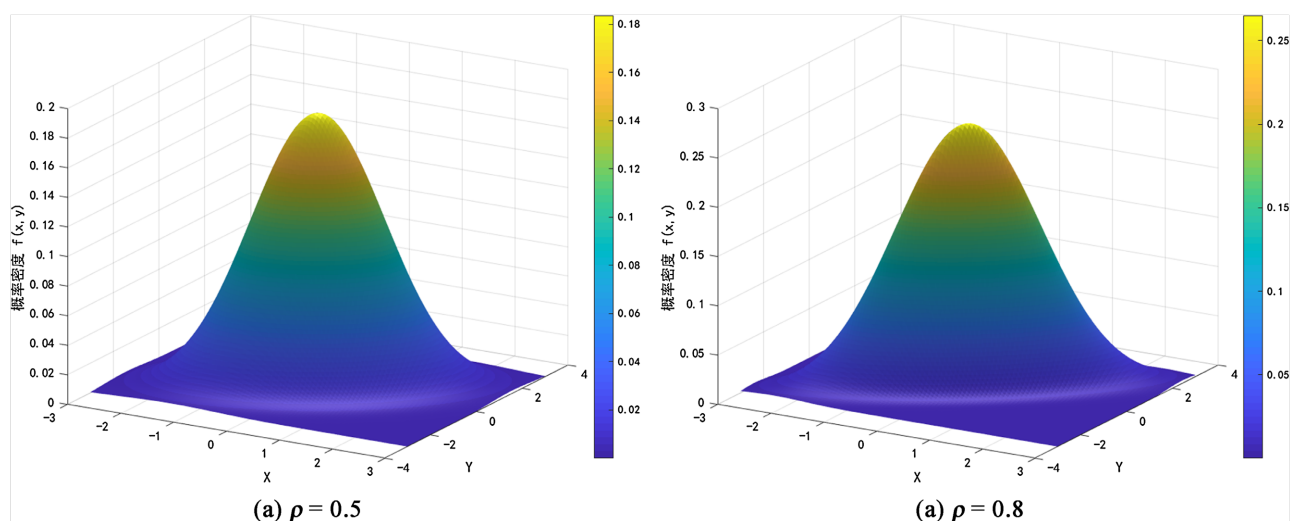


Figure 2. Probability density surface of bivariate normal distribution

图 2. 二维正态分布概率密度曲面

通过选取不同的 ρ 值，绘制相应的二维正态分布概率密度曲面图，这里以 $\rho = 0.5, 0.8$ 为例对比相关性影响，如图 2 所示。对比不同相关系数的分布形态，通过三维密度图的可视化，将抽象的多维概率分布转化为直观的几何形态，帮助学生理解联合分布、相关性等复杂概念。教学中可结合动态演示(如参数滑动条)，让学生自主探索参数变化对分布形态的影响，提升对概率统计理论的直观认知。

例 2 (绘制二项分布的概率质量函数图形)二项分布用于描述 n 次独立重复试验中成功的次数，其概率质量函数为： $P(X = k) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k}$ 。假设 $n = 10$ ， $p = 0.3$ ，在 Matlab 中绘制其概率质量函数图形，结果如 2 所示。相应的画图程序如下：

```

n = 10;
p = 0.3;
k = 0:n;
y = binopdf(k,n,p);
stem(k,y,'filled');
xlabel('k');
ylabel('P(X = k)');

```

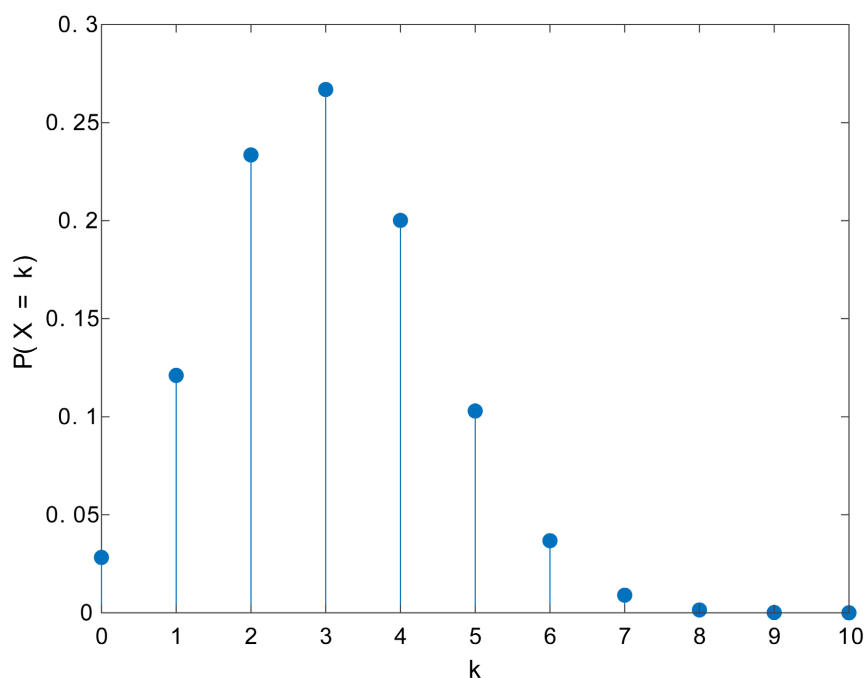


Figure 3. Probability mass function of binomial distribution

图 3. 二项分布的概率质量函数图

通过这些图形的绘制，学生能够更清晰地认识不同概率分布的特点，如正态分布的对称性、二项分布随着试验次数和成功概率变化的规律等，从而加深对概率分布概念的理解。

4. Matlab 在统计数据处理与分析中的应用

在概率与数理统计教学中，数据处理与分析是重要环节。Matlab 软件具备强大的数据处理功能，能够快速准确地完成数据的描述性统计、参数估计、假设检验等任务。

例 3(数据的描述性统计)假设有一组学生的考试成绩数据：78、85、92、65、70、88、90、76、82、80，利用 Matlab 可以快速计算均值、中位数、标准差等描述性统计量。例如计算均值为：80.6，中位数为：81，标准差为：8.682。相应的计算程序如下：

```

data = [78, 85, 92, 65, 70, 88, 90, 76, 82, 80];
mean_value = mean(data);
median_value = median(data);
std_value = std(data);
disp(['均值为: ', num2str(mean_value)]);

```

```
disp(['中位数为: ',num2str(median_value)]);
```

```
disp(['标准差为: ',num2str(std_value)]);
```

通过 Matlab 工具的计算,可快速得到该组数据的均值、中位数和标准差,帮助学生理解数据的集中趋势和离散程度。

例 4 (参数估计)设总体服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 已知样本数据 12.3, 11.8, 13.0, 12.5, 12.1, 在 Matlab 中利用程序进行参数 μ 和 σ^2 的点估计, 可得到结果: 均值 μ 的点估计为: 12.34, 方差 σ^2 的点估计为: 0.203。相应的运算程序如下:

```
sample = [12.3, 11.8, 13.0, 12.5, 12.1];
```

```
mu_hat = mean(sample);
```

```
sigma2_hat = var(sample);
```

```
disp(['均值  $\mu$  的点估计为: ',num2str(mu_hat)]);
```

```
disp(['方差  $\sigma^2$  的点估计为: ',num2str(sigma2_hat)]);
```

此外, Matlab 还可进行假设检验等复杂统计分析。例如, 对于单样本 t 检验, 可使用 ttest 函数进行操作。通过这些实际的数据处理案例, 学生能够掌握运用 Matlab 进行统计分析的方法, 提高解决实际问题的能力。

5. Matlab 在随机模拟实验中的应用

随机模拟实验是理解概率统计概念和验证理论结果的有效手段。Matlab 软件可以方便地生成各种随机数, 进行随机模拟实验。

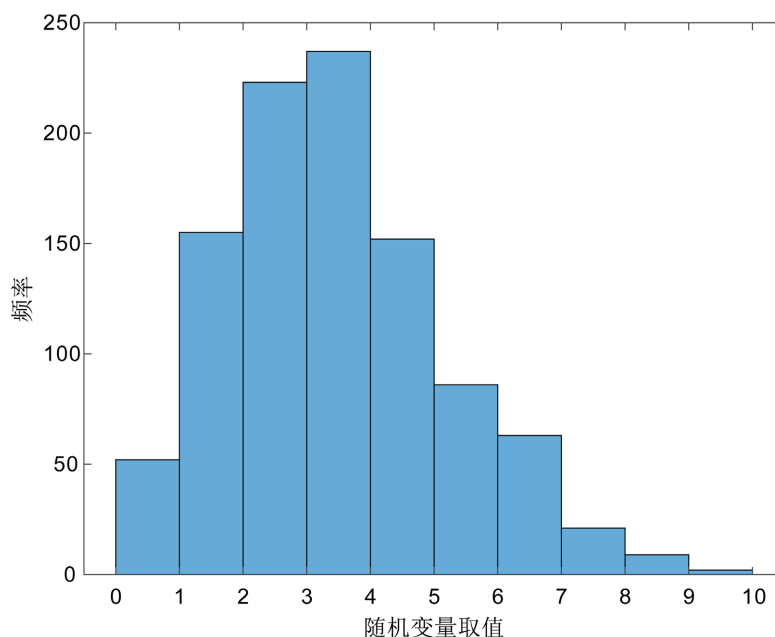


Figure 4. Simulated frequency histogram of poisson distributed random variables

图 4. 泊松分布随机变量模拟频率直方图

例 5 (利用蒙特卡罗方法估计 π 的值)蒙特卡罗方法是一种基于随机模拟的数值计算方法。通过在单位正方形内随机生成大量的点, 并统计落在单位圆内的点的数量, 可近似计算 π 的值。计算程序如下:

```
N = 100000; %生成点的数量
```

```

x = rand(N,1);
y = rand(N,1);
inside_circle = sum(x.^2 + y.^2 <= 1);
pi_estimate = 4 * inside_circle / N;
disp(['\pi 的估计值为: ', num2str(pi_estimate)]);

```

通过多次运行程序, 改变生成点的数量, 学生可以观察到随着点的数量增加, π 的估计值越来越接近真实值, 从而深刻理解概率与统计在随机模拟中的应用。

例 6 (模拟随机变量的分布特性)以泊松分布为例, 设 $\lambda = 3$, 模拟生成 1000 个服从泊松分布的随机数, 并绘制其频率直方图, 观察其分布特性。

通过随机模拟实验, 将抽象的概率统计理论转化为直观的实验现象, 有助于学生理解概率统计的本质, 提高学习兴趣和实践能力。

6. 总结

本文通过多个实例展示了 Matlab 软件在概率与数理统计教学中的应用, 包括概率分布可视化、统计数据处理与分析、随机模拟实验等方面。利用 Matlab 软件, 能够将抽象的概率统计概念以直观的图形和数据呈现出来, 帮助学生更好地理解和掌握课程知识; 同时, 通过实际的数据处理和模拟实验, 增强了学生运用概率统计知识解决实际问题的能力, 激发了学生的学习兴趣。在概率与数理统计教学中引入 Matlab 软件具有重要意义, 对于提高教学质量、培养学生的综合素养具有积极的推动作用。在未来的教学中, 可以进一步探索 Matlab 软件在概率与数理统计教学中的更多应用场景, 充分发挥其优势, 促进教学改革与创新。

参考文献

- [1] 吴赣昌. 概率论与数理统计[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2017.
- [2] 茆诗松, 程依明, 濮晓龙. 概率论与数理统计教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [3] Moler, C.B. (2004) Numerical Computing with Matlab. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [4] 李娜, 仁庆道尔吉. MATLAB 在高等数学教学中的应用研究[J]. 大学教育, 2012(11): 66-67, 74.
- [5] 杨威, 高淑萍, 韩冰, 等. 基于 MATLAB 的线性代数应用案例[J]. 应用数学进展, 2019, 8(3): 424-429.
- [6] 张志涌, 杨祖樱. Matlab 教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2015.
- [7] 李培伦, 程桂芳. Matlab 软件在高等数学教学中的应用路径[J]. 中国新通信, 2023, 25(12): 113-115.
- [8] 杨晓波. Matlab 软件在高等数学定积分教学中的应用[J]. 教育现代化, 2020, 3(20): 1-4.
- [9] 张颖. MATLAB 在线性代数教学中的若干应用[J]. 数学学习与研究, 2016(9): 17-18.