

# 探索模块化教学在多元统计分析课程中的应用

亢方圆

北京信息科技大学理学院, 北京

收稿日期: 2023年7月23日; 录用日期: 2023年8月23日; 发布日期: 2023年8月30日

## 摘要

为了培养符合时代发展的应用统计专业人才, 文章探讨了多元统计分析模块化教学方案。按照模块化理论和教学大纲制定出教学模块。在教学中, 融入课前自主学习, 小组学习, 因材施教, 案例教学等环节。在考核中, 从多方面综合评价学生。通过模块化教学, 希望提高学生的学习积极性, 统计思维水平, 实践创新能力和团队合作能力。最终培养出既具有扎实理论基础, 又能解决实际问题的统计专业人才。

## 关键词

模块化教学, 因材施教, 案例教学, 统计思维

# Exploring the Application of Modules of Employable Skills in Multivariate Statistical Analysis Course

Fangyuan Kang

School of Applied Science, Beijing Information Science and Technology University, Beijing

Received: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2023; published: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to cultivate applied statistics professionals in line with the development of the times, the modules of employable skills scheme of multivariate statistical analysis were discussed. Teaching module was formulated according to modules theory and syllabus. Independent learning, group discussion, teaching students in accordance with their aptitude and case analysis were integrated

during teaching. Students were assessed from various aspects. It is hoped to improve students' learning enthusiasm, statistical thinking level, practical innovation ability and teamwork ability. Finally, statistical professionals with a solid theoretical foundation and practical problems will be cultivated.

## Keywords

Modules of Employable Skills, Teaching Students in Accordance with Their Aptitude, Case Analysis Teaching, Statistical Thinking

Copyright © 2023 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

### 1.1. 研究背景

多元统计分析是应用统计专业的专业核心课程之一，提供了处理多个样本，多个变量之间复杂关系的一套统计分析方法。在自然科学和社会科学的许多方面应用广泛，如生物医学，气象学，环境科学，人工智能，农业和食品领域，经济金融领域等等。在当前社会高速发展背景下，我们遇到的数据具有体量大，指标多，数据类型多样，指标之间和样本之间的关系复杂等特点，且随着计算机科学技术的进步，对数据分析的要求也越来越高，如何讲授好多元统计分析理论和方法，培养适应时代和社会发展的统计专业人才是需要教师进行深入思考和实践的。

在大部分理科课程中，传统的教学模式是“数学概念和知识 + 例子说明 + 例题讲解 + 课堂课后练习”，多元统计分析也是如此。这种教学方式可以使学生学习到多元统计的核心理论，但是我校应用统计专业的大多数学生的数理基础处于一般水平，过多的理论灌输和计算使学生产生畏难情绪，打消了学生的学习积极性。因此，需要针对具体情况探索适合我校学生的教学模式。

### 1.2. 模块化教学的理论基础

模块理论是心理学中的研究成果之一，由美国的 Michael Gazzaniga 教授于 1976 年率先提出，他认为：“脑是由在神经系统的各个水平上进行活动的子系统以模块的形式组织在一起。”此后，美国认知心理学家 Jerry A. Fodor (1983) 从理论计算机科学和人工智能研究角度，提出了智能模块性，他将心 - 脑划分成“输入系统”和“中心系统”两部分，他认为输入系统是知觉系统和语言系统的综合，具有模块性。而中心系统则是专司演绎推理、思维等的高级处理系统，不具有模块性。

模块化教学(MES)理论的思想是整体优化理论，该思想基于美国贝塔朗菲提出的系统论的观点“整体功能大于部分功能之和”。模块化教学是将一门学科或多门学科中具有同类功能的知识点或能力项组合成知识模块或能力模块，使得教学的整体功能大于部分功能之和。通俗地说，模块化教学就是将所讲课程由上而下逐层分解，使其成为若干个模块，分块对学生进行讲解。学生根据自身爱好及需求学习，达到更好的学习效率。

### 1.3. 多元统计课程教学研究现状

国内教育工作者对《多元统计分析》教学改革展开了大量研究。例如，马艳梅等人[1]针对经管学院

的《多元统计分析》课程提出了一些教学想法，从学以致用为教学目的，案例为教学导向，统计思想为教学中心，多媒体为教学手段，实验课程为依托五个方面调动学生学习积极性，增加学生学习的主观能动性。张战国等人[2]提出基于自主学习的多元统计教学模式，增加学生学习主动性，激发学生的探索精神，通过案例教学，软件实验，拓展阅读多方面提高学生的学习能力和科技论文写作能力。骆建文，罗青林[3]提出设置多元统计教学模块的三个原则：提高学生积极性；夯实基础并提高创新能力；对应用和创新方面的内容进行精讲。基于这三个原则将课程分为基础理论模块，工具方法模块，实践应用模块。

基于以上学者们提出的教育理念，结合教材[4] [5] [6] [7] [8]构建多元统计课程模块，融入来自大气环境，气象，植物学，农业，科技创新，国民经济发展等各领域的案例开展教学探索，同时通过课前任务发放，课中组织小组学习、讨论，课后布置模块化作业，阅读科技文献，综合考核评价等举措力求将教师进行知识灌输的教学方式改为学生主动探索的学习方式，创设一个使学生既习得扎实理论基础，又能解决实践问题的教学氛围。

## 2. 多元统计分析教学中面临的主要问题

多元统计分析是兼具理论性和实用性的一门课程，在培养应用统计专业学生时，我们既需要教会学生应用多元统计基本方法解决实际问题，也需要加强对学生的数理基础训练，让学生做到知其然并知其所以然，还需要紧跟科技发展和专业理论的发展速度，这样遇到实际情景中的复杂问题，才能有更多的思路和更加高效的方法去解决问题。在以往的实际教学中我校应用统计专业学生的学习存在以下三个方面的问题。

第一，学生的学习兴趣低下，缺乏自主学习意识。多元统计中有很多计算，和公式推导，涉及到高等数学，矩阵代数，概率论基础和统计基础理论，有的学生对这些知识掌握不扎实，在听课过程中一步听不懂，导致后面全部听不懂，产生畏难情绪，学习积极性受到打击。此外，填鸭式的教学使得学生很难理解多元统计中的理论，无法真正融入课堂和参与课堂，更做不到举一反三和学以致用。

第二，学生不能正确使用统计软件，特别不能正确解释软件运行结果。比如在主成分分析时，用 SPSS 软件运行出的结果是因子载荷矩阵和因子得分，但是大多数同学把它当作主成分系数和主成分得分，导致分析结果不准确。

第三，不会综合应用多种多元统计方法解决实际问题。对于各领域实际数据，变量之间往往高度相关，同时需要验证统计分析的准确性，经常需要综合使用多种多元统计分析方法进行比较和检验。但是由于学生对统计原理认识的不深刻、软件实操的不娴熟以及统计思维的缺乏，使得他们不能有意地调用学过的统计方法，不能综合运用多种多元统计分析的方法和工具去分析并解决实际问题。

针对以上问题，我们将模块化教学应用于多元统计分析课程中，希望能有效解决学生在学习中遇到的各种问题，提高教学效率。

## 3. 多元统计分析中模块化教学的应用

### 3.1. 教学模块的设计原则

模块化教学具有以下一些特色：以学生为中心；尊重学生个体差异；高效灵活性和实践操作性。设计教学模块时，本着模块化教学特点对教材[4]每一章的教学内容和教学目的进行归纳，分层，总结，分析不同章节之间的联系，差异，同时又不局限于教材，结合学生个体差异和学情分析，对使用的教材进行整合，划分模块，在教学过程中根据学生的接受知识情况进行适时动态调整。

### 3.2. 教学模块的划分

按照教学大纲要求，多元统计分析教学内容主要有以下四个方面的内容：多元数据描述性分析，数学和统计基础理论，多元统计方法，统计软件应用(见图 1)，这样得到四个教学模块，其中统计软件应用又穿插在其余几个模块。在教学过程中，根据不同模块特点进行教学，形成系统的模块教学体系。下面介绍每个教学模块的特点。

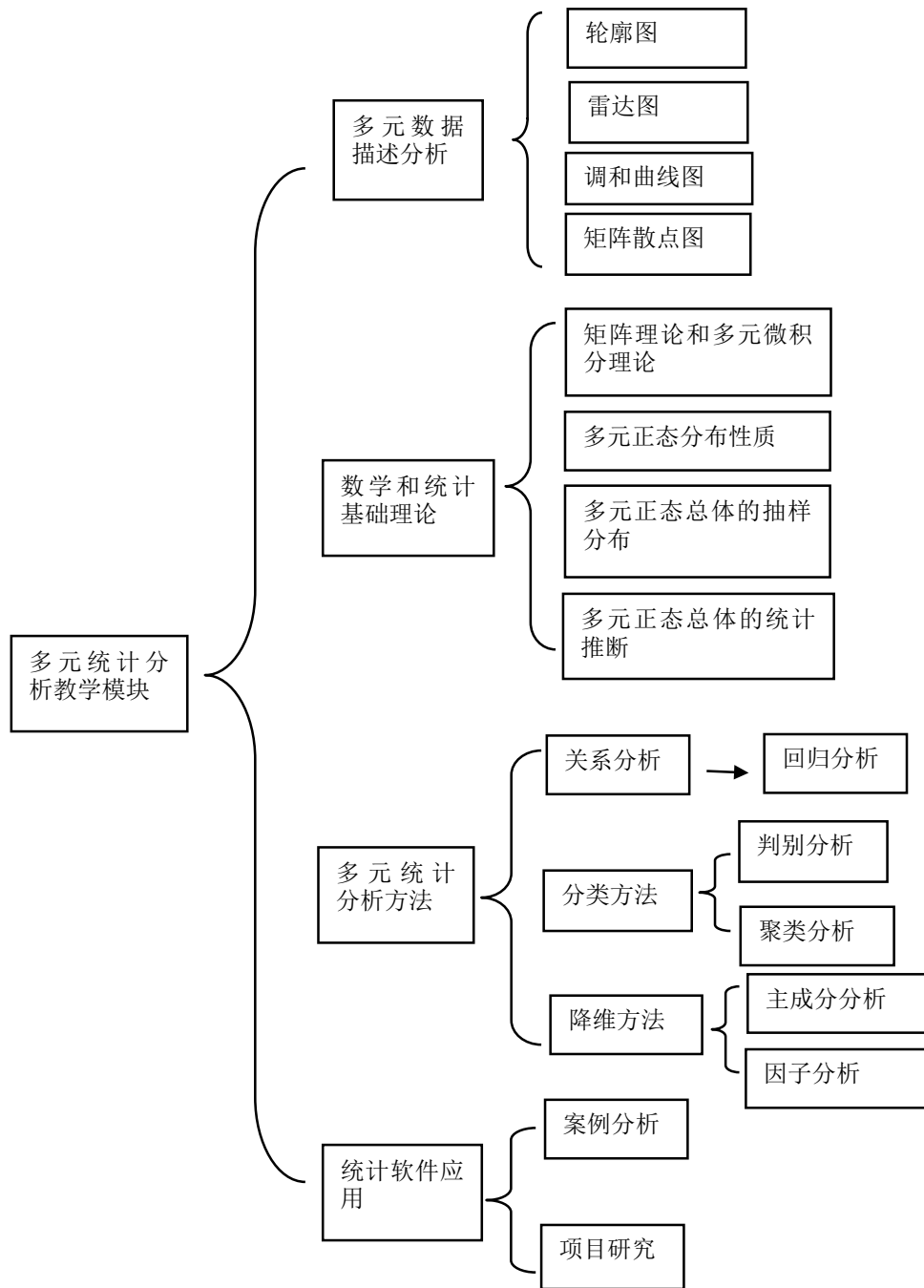


Figure1. Multivariate statistical analysis modules design diagram

图 1. 多元统计分析模块设计图

### (一) 描述性分析模块

本模块中, 介绍描述多元数据的轮廓图, 雷达图, 调和曲线图, 矩阵散点图的含义, 基于一些实际数据, 展示如何应用 Excel, SPSS, Matlab 做图, 培养学生软件操作能力和矩阵编程能力。对得到的图像进行分析, 解释各样本, 各指标之间的差异, 以及各个指标的变化情况, 本模块主要培养学生的统计思维和理解、分析数据的能力。

### (二) 基础理论模块

在基础理论模块, 进一步细化成以下一些模块: 矩阵代数和多元微积分模块, 多元正态分布, 多元正态总体抽样分布, 统计推断模块。这个模块是方法模块的理论基石。本模块的学习以理论推导和计算为主, 会涉及到少量实际问题, 应用统计软件辅助计算。本模块培养学生的数理逻辑思维和科学计算能力。

### (三) 多元统计方法模块

方法模块包括关系分析, 分类方法和降维方法三个子模块。本模块的特点是理论和方法都很丰富。一方面对上一模块中的代数知识和统计推断理论加以应用, 比如回归分析中估计量的渐近理论, 聚类分析中距离的应用, 判别分析中判别效果的检验, 主成分的计算, 他们是代数和统计推断在多元统计方法中的应用。另一方面本模块也提出一些新的理论与方法, 比如多元回归分析的最小二乘估计理论, 系统聚类法和快速聚类法, 贝叶斯判别法和 Fisher 判别法, 主成分提取方法, 因子模型的估计方法。此外三类方法经常交叉使用, 如主成分分析和回归分析, 主成分分析和聚类分析判别分析, 聚类分析和判别分析的综合应用。本模块大多数的学习要借助统计软件完成, 培养学生统计思维, 数据分析能力, 应用理论和方法解决实际问题的综合能力。

### (四) 统计软件模块

本模块主要介绍一些统计软件的使用方法, 包括 matlab, SAS, SPSS 软件的使用。本模块包括案例分析和项目研究两个子模块。在描述性分析, 假设检验和多元方差分析, 多元统计方法模块中会给出许多案例, 如何应用软件进行相应案例分析是本模块的一个任务, 另一方面引导学生基于所学理论, 利用统计软件完成一个完整的项目研究。在本模块学习中, 将培养学生应用所学知识分析解决实际问题的能力, 科技创新能力, 实践操作能力和团队合作精神, 为今后从事数据分析工作打下良好的基础。

## 3.3. 教学模块的应用

笔者力求在各个教学模块中融入模块化教学理念: 以学生为中心, 因材施教, 注重实践。

### (1) 以学生为中心

基于超星学习通课程教学平台, 在多元统计课程教学过程中坚持“以学生为中心、持续改进”的工程教育理念, 构建涵盖课前、课中、课后的全阶段动态教学模式。在课前准备阶段, 创设问题情景, 与知识点巧妙结合起来, 通过学习通平台和知识图谱技巧发放任务单, 要求学生通过问题学习相关知识, 完成任务单。在这个过程中, 学生获得了成就感和喜悦感, 也了解了专业知识。教师查看学习通平台中学生的反馈, 了解学生的基础和学习能力。在授课过程中, 围绕预习任务单展开教学, 指导学生归纳知识要点, 引导学生讨论预习中遇到的难点和疑点, 积极思考, 提升学生课堂参与感。在课后巩固阶段, 复盘预习中遇到的问题, 并完成专题练习, 实践调查数据分析, 和专题讨论, 使学生达到强化课程内容的复习和实践应用的目的。

### (2) 因材施教

在每个教学模块中, 根据学生的爱好, 兴趣和学习能力, 进行差异化教学。一种途径是科学合理划分学习小组, 一般选取 3~5 人为一个小组, 划分小组时可以参考学生之前学期的学习成绩, 本课程前面

几节课的学习情况和学生的思想表现，性格爱好。尽量使得每个小组里的成员达到互补的效果，使同一组成员相互取长补短，共同进步。另外一种途径是利用学习通发布大量作业资源，分成不同的模块，可以分为三个模块：围绕教材基础内容的练习题和一些简单的数据分析案例；高于教材的比较灵活的题目和一些案例分析；提供最新相关文献供学有余力的学生学习，完成文献综述，归纳文献中涉及到的知识和方法。学生按照自己的兴趣和能力选择不同类型和不同难度的作业。这样，既能满足学习能力强基础好的学生的求知欲，进一步提高他们的综合技能，也保护了学习成绩较差的同学的学习兴趣，保证他们学到最基本的理论，掌握数据分析基础工具。

### (3) 案例教学

在每一个教学模块，引入一些领域的案例数据，如空气质量数据，气象数据，宏观经济数据，农产品数据，医学数据。借助 Matlab, SPSS, SAS 软件演示描述性分析，假设检验，多元方差分析，回归分析，判别分析，聚类分析，主成分分析和因子分析等方法在这些案例中的应用，并正确阅读软件的运行结果。在授课过程中，着重培养学生综合使用多种方法分析数据的能力。鼓励学生通过讨论，交流，展示来参与课堂中的案例分析，引导学生从多角度思考和解决问题。另外笔者会讲解一些已发表的文献的研究内容，如[9] [10]，并剖析以往的统计建模大赛获奖论文[11]，为学生展示完成一个完整项目需要考虑的问题。最后，要求每个学习小组选择感兴趣的社会问题，通过数据收集，文献学习，方法实践和团队合作完成一个完整项目，并写成课程小论文，在课堂中进行展示和汇报。鼓励项目完成度较好的小组参加全国大学生统计建模大赛和市场调查大赛，在社会实践中进一步提高自己的综合能力。

## 3.4. 模块化教学考核

按照模块化教学设计，建立科学的模块评价系统。教师对学生知识的掌握程度和知识运用能力都要进行科学分析，采取模块评价和综合评价相结合的形式对学生的专业知识进行定量考核和定性考核，做出全面的评价。基于这些原则，将考核分为三部分：期末考试，过程考核，实践作业。期末考试包含 70% 基础题目，20% 的中等难度题目，10% 的高难度题目。过程考核包括每个模块中的课前预习情况，课中学生参与例题讲解、案例分析展示和汇报情况，课后作业完成情况。实践作业由小组合作完成一个完整项目，包括：收集数据，应用正确的多元统计理论方法解决问题，正确使用统计软件进行数据分析，小组汇报展示。对学生这三部分的表现给出全面合理的评价。

## 4. 模块化教学实例分析

本节以多元正态总体的抽样分布为例，给出模块化教学实例。

课前利用超星学习通构建整章的知识图谱，见图 2。将知识点内置其中，作为预习任务单进行发放，并辅以一定量的练习题，督促学生课前自主学习红色节点部分，完成预习习题，了解学生之间的学习水平的差异。学生在这个过程中初步了解课程主要内容，并对以前的知识进行回顾，培养学生自主学习能力。

在课中讲解一元正态总体的抽样分布，二次型与卡方分布的关系，以及多元正态分布的抽样分布的理论知识。通过理论讲解，让学生掌握以下内容：(1) 各个抽样分布的概念与应用场景，卡方分布用于描述样本方差的统计规律，也用于方差的检验，t 分布用于描述均值的统计规律，用来检验均值有无变化，或者是否显著等于某个常数，F 分布用来做方差分析，方差齐性检验等。(2) 通过变换可以得到服从卡方分布的二次型。(3) 掌握多元正态总体下 Wishart 分布，Hotelling T<sup>2</sup> 分布，Wilks 分布的定义及性质。

在本模块设置两个讨论环节，一个是抽样分布的应用，另一个是一元正态总体的抽样分布与多元正态总体的抽样分布之间的联系与区别。要求学生按照小组讨论，然后进行口头汇报。鼓励学生课后继续

自行查阅相关文献，了解这些分布在业界的应用。这样做能够使学生充分理解 6 个分布的含义，并进行主动探索，归纳和总结，提高学生的学习积极性，激发学生的主观能动性。

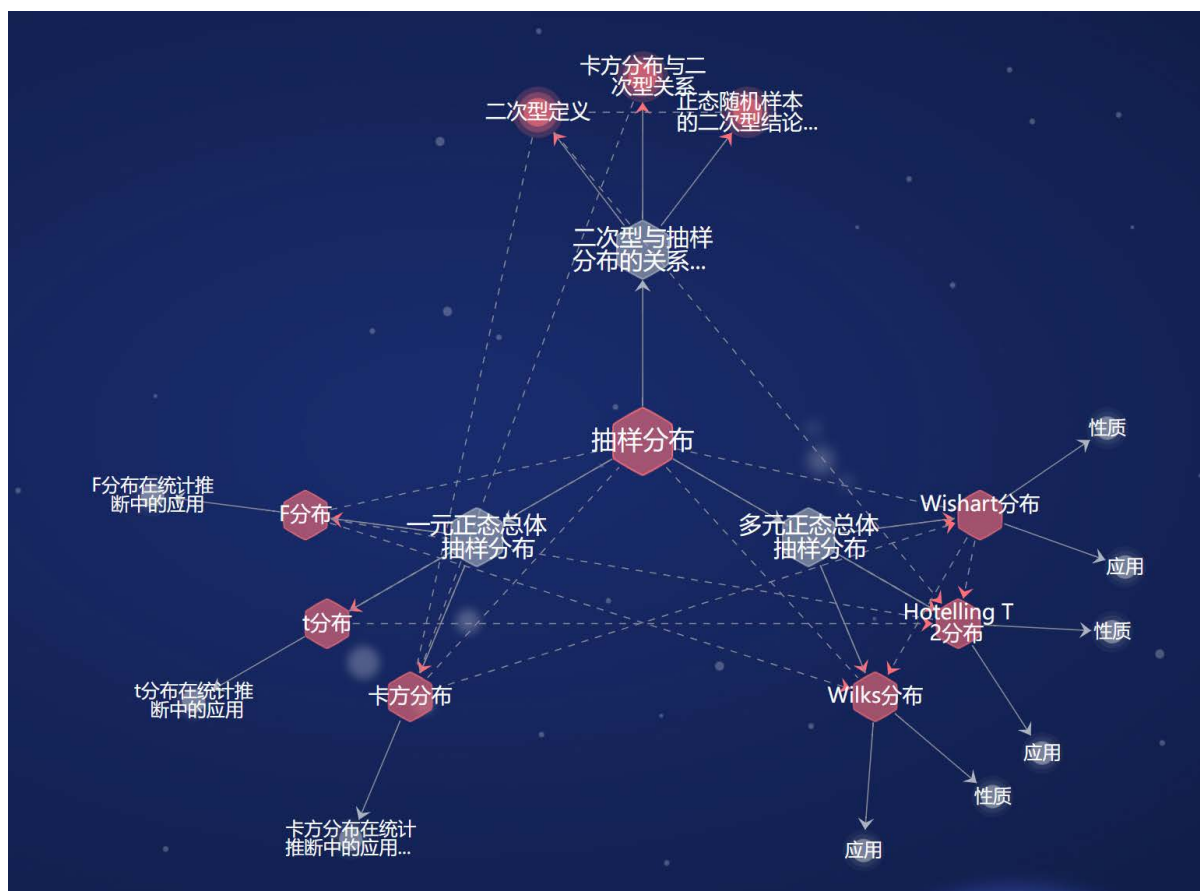


Figure 2. Knowledge graph of sampling distribution

图 2. 抽样分布知识图谱

在讨论完抽样分布统计量的应用时，给出一些实际数据，如空气质量数据，宏观经济数据，演示应用统计软件进行检验的方法，在这个过程中培养学生在实践中提出问题，分析问题和解决问题的能力。

课后发布围绕本模块知识点的基础练习，案例分析作业和科技文献阅读作业，其中案例分析和科技文献阅读属于拓展训练部分，扩展部分需要小组合作完成一个案例分析和阅读一系列文献，最后进行汇报和讲解。在这个阶段，学生巩固了基础知识，提高了动手操作能力，解决实际问题能力与团队合作能力，学会了查阅、阅读、总结文献，对所学课程有了更多的了解，学生在这个过程中获得了学习带来的成就感。

### 5. 结论

在多元统计教学过程中使用模块教学的方式，首先分析多元统计课程的特点，按照模块化理论，教学大纲和学生特点将教学内容进行分离整合，划分成不同的教学模块，再围绕模块化教学理念，本着以学生为中心，因材施教和注重实践的原则组织课程教学，激发学生的学习兴趣，完成学习任务。最后再通过系统的评价机制对学生进行评价。在本文最后，笔者以“多元正态总体的抽样分布”这一章为例，给出了一个模块化教学实例，对模块化教学进行了分析。这种教学模式比较符合当前社会高校人才的培

养方案，为培养具有扎实理论，熟练技能和创新能力的应用型人才奠定了坚实的基础。

## 基金项目

北京信息科技大学 2023 年校级教学改革项目(5112310826)。

## 参考文献

- [1] 马艳梅, 汪冬华. 经济管理类专业多元统计分析教学探讨[J]. 教学研究, 2013, 36(5): 79-83.
- [2] 张战国, 孟军, 傅丽芳. 基于自主学习的多元统计分析课程教学模式的研究[J]. 黑龙江教育学院学报, 2013, 32(7): 47-48.
- [3] 骆建文, 罗青林. 基于模块化教学的“多元统计分析”教学改革研究[J]. 高等理科教育, 2020(5): 81-86.
- [4] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [5] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [6] Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (2008) Applied Multivariate Statistical Analysis. Tsinghua University Press, Beijing.
- [7] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.
- [8] 李高荣, 吴密霞. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [9] 朱建平, 王德青, 方匡南. 中国区域创新能力静态分析——基于自适应赋权主成分聚类模型[J]. 数理统计与管理, 2013, 32(5): 761-768.
- [10] 吕岩威, 李平. 一种加权主成分距离的聚类分析方法[J]. 统计研究, 2016, 33(11): 102-108.
- [11] 从数据到模型——全国大学生统计建模大赛获奖论文选[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.