

# 复变函数教学改革的多维分析

## ——基于SPSS聚类与多维尺度方法的知识图谱构建

王冬月, 王 辉\*

伊犁师范大学数学与统计学院, 新疆 伊宁

收稿日期: 2024年9月13日; 录用日期: 2024年11月7日; 发布日期: 2024年11月18日

### 摘要

本研究利用SPSS软件对复变函数教学改革领域的高频关键词进行聚类分析和多维尺度分析, 构建了知识图谱, 旨在揭示教学方法、内容和改革策略之间的内在联系。研究结果表明, 我国近20年间对复变函数教学改革主要集中于关于高等数学中复变函数教学方法与成效在教学内容可视化教学改革中的研究、关于分析实变函数和复变函数应用和类比研究、以课程思政为导向, 对函数进行研究性教学研究, 同时也指出课程思政和研究性教学将会成为未来热点问题。

### 关键词

复变函数, 教学改革, 聚类分析, 多维尺度分析, 知识图谱

# Multidimensional Analysis of Teaching Reform of Complex Variable Functions

—Construction of Knowledge Graph Based on SPSS Clustering and Multidimensional Scaling Methods

Dongyue Wang, Hui Wang\*

School of Mathematics and Statistics, Yili Normal University, Yining Xinjiang

Received: Sep. 13<sup>th</sup>, 2024; accepted: Nov. 7<sup>th</sup>, 2024; published: Nov. 18<sup>th</sup>, 2024

### Abstract

In this study, SPSS software was used to conduct cluster analysis and multidimensional scaling analysis on high-frequency keywords in the field of complex function teaching reform, and a knowledge

\*通讯作者。

graph was constructed to reveal the internal relationship between teaching methods, content and reform strategies. The research results show that in the past two decades, China's teaching reform of complex functions mainly focuses on the research of teaching methods and effects of complex functions in teaching content visualization, teaching reform of higher mathematics, the analysis of real function and complex function application and analogy research, and on the research teaching of function with curriculum ideology and politics as the guidance. At the same time, it also points out that curriculum ideology, politics, and teaching research will become hot issues in the future.

## Keywords

**Complex Functions, Teaching Reform, Cluster Analysis, Multidimensional Scale Analysis, Knowledge Graph**

Copyright © 2024 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

复变函数作为高等数学的一个重要分支,不仅在数学理论体系中占有举足轻重的地位,而且在工程应用和科学技术领域中具有广泛的应用前景[1]-[4]。随着教育改革的不断深入,传统的复变函数教学模式已难以满足现代教育的需求,教学改革势在必行。本文旨在探讨复变函数教学改革的多维路径,通过构建知识图谱,揭示教学方法、教学内容和教学改革策略之间的内在联系和发展趋势。

教学改革是一个复杂的系统工程,涉及教育理念、教学方法、教学内容和评价机制等多个方面。在复变函数教学领域,如何将抽象的数学理论与实际应用相结合,如何激发学生的学习兴趣和创新思维,如何培养适应社会发展需求的高素质人才,是教育工作者面临的重要课题[5]-[7]。

本研究采用 SPSS 软件,对复变函数教学领域的高频关键词进行聚类分析和多维尺度分析,旨在构建一个全面、直观的知识图谱。通过这种方法,我们可以识别教学改革的核心要素,探索不同教学策略的相互关系,以及它们在教学实践中的运用效果。聚类分析作为一种统计方法,能够有效地对大量数据进行分类和归纳,揭示数据背后的模式和结构。多维尺度分析则能够在低维空间中展示高维数据的内在联系,为理解复杂现象提供直观的视角。结合这两种方法,本文将对复变函数教学改革的各个方面进行深入地分析和探讨。

通过对复变函数教学改革的多维分析,本文期望为教育工作者提供有益的参考和启示,为推动数学教育的发展贡献力量。

## 2. 研究过程

首先,通过使用知识图谱法[8]进行分析,将“复变函数”及“教学”作为检索词汇,在中国知网数据库中进行高级检索,将时间限定为“2001-01-01”至“2022-12-31”,通过检索得到文献共 448 篇,通过逐一检查并阅读,在剔除非数学专业相关的复变函数、积分变换及数学物理方程等内容之后,我们专注于数学与应用数学专业的复变函数课程教学研究,最终得到有效论文 271 篇,逐一选中引用并下载。

其次,通过使用共词分析软件 Bicomb 2.0,对 271 篇关键词为“复变函数”的有效文献进行分析。第一步,将文献进行整体导入,并对文献的关键词进行提取;第二步,通过对导入文献的关键词进行分析,将词义相近或相同的关键词进行合并[9];第三步,为了使分析更为准确,故在软件中设定关键词的

最低频次为 6, 只保留占总频次 40% 的关键词, 并对这些高频关键词进行分析, 继而得到这 271 篇文献的高频关键词的词篇矩阵[10]。

再次, 通过使用软件 SPSS 26.0 对词篇矩阵进行聚类分析处理, 得到“复变函数”高频关键词之间的近似值矩阵, 然后对近似值矩阵进行多维尺度化分析处理, 继而得到我国复变函数课程教学研究热点分布的知识图谱。

最后, 通过对知识图谱进行分析, 得到我国近 20 年来复变函数课程教学研究热点构成及研究领域的分布。

### 3. 研究结果与分析

#### 3.1. 高频词统计与分析

对 271 篇文章中的 2980 个关键词进行词频统计, 文章抽取了词频大于 5 的 25 个高频关键词, 其具体排序结果请见表 1。

从表可以看出, 位于前 10 位的高频关键词分别是: 复变函数(165)、教学改革(30)、教学方法(22)、教学(18)、类比(14)、复变函数论(13)、高等数学(13)、解析函数(13)、教学内容(12)、可视化(9)。通过此数据, 可以初步了解到近些年来, 复变函数教育研究领域的热点主要集中在复变函数及其教学、教学改革与教学方法、教学内容与策略、数学教育与高等数学的联系以及教学技术的创新与应用等方面。这些研究热点体现了数学教育改革的方向和趋势, 有助于推动复变函数教学的进一步发展和完善。

**Table 1.** Ranking table of high frequency key words in complex functions teaching reform in the past two decades

**表 1.** 近 20 年间复变函数教学改革高频关键词排序表

序号	关键字段	出现频次	序号	关键字段	出现频次	序号	关键字段	出现频次
1	复变函数	153	12	应用	8	23	研究性教学	5
2	教学改革	29	13	实变函数	8	24	课程思政	5
3	教学方法	21	14	函数教学	8	25	比较法	4
4	复变函数论	20	15	数学分析	8	26	留数	4
5	教学	18	16	MATLAB	8	27	素质教育	4
6	类比	14	17	积分	7	28	解析	4
7	解析函数	13	18	留数定理	6	29	复积分	4
8	教学内容	12	19	GeoGebra	6	30	教学质量	4
9	高等数学	11	20	教学效果	5			
10	可视化	9	21	多值函数	5			
11	幂级数	8	22	改革	5		合计	416

#### 3.2. 关键词 Ochiai 系数矩阵

为探究不同高频关键词之间的内在联系, 我们对这 29 个关键词进行处理, 进而生成 Ochiai 系数相异矩阵, 在 Ochiai 系数矩阵中, 其数值越接近于 0, 代表两关键词之间距离越近, 即相似度越大。

首先, 对于关键词“复变函数”而言, 其他关键词对他的距离由近到远依次为“教学改革”(0.67)、“教学”(0.70)、“高等数学”(0.76)、“教学方法”(0.77)、“教学内容”(0.81)、“类比”(0.83)、“解析函数”(0.87)、“解析函数”(0.87)、复变函数论(1.0)。结果表明复变函数与教学改革、教学进行组合研究

的概率大于与其他 5 种关键词。同时在表 2 中, 有 5 对关键词之间的距离较为相近, 分别为“教学改革”与“复变函数”(0.67)、“教学方法”与“复变函数”(0.77)、“教学”与“复变函数”(0.70)、“教学方法”和“教学内容”(0.50)、“类比”和“解析函数”(0.78), 表明这 5 对关键词经常进行组合研究(表 2)。

**Table 2.** High-frequency keyword dissimilarity matrix**表 2.** 高频关键词相异矩阵

关键词	复变函数	教学改革	教学方法	复变函数论	教学	类比	解析函数	教学内容	高等数学
复变函数	0.00	0.67	0.77	1.00	0.70	0.83	0.87	0.81	0.76
教学改革	0.67	0.00	0.92	0.96	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
教学方法	0.77	0.92	0.00	0.95	1.00	0.94	1.00	0.50	0.87
复变函数论	1.00	0.96	0.95	0.00	0.89	0.94	1.00	0.93	1.00
教学	0.70	1.00	1.00	0.89	0.00	1.00	1.00	1.00	0.93
类比	0.83	0.95	0.94	0.94	1.00	0.00	0.78	1.00	0.84
解析函数	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.00	1.00	1.00
教学内容	0.81	1.00	0.50	0.93	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
高等数学	0.76	1.00	0.87	1.00	0.93	0.84	1.00	1.00	0.00

### 3.3. 根据高频词谱系图进行分析

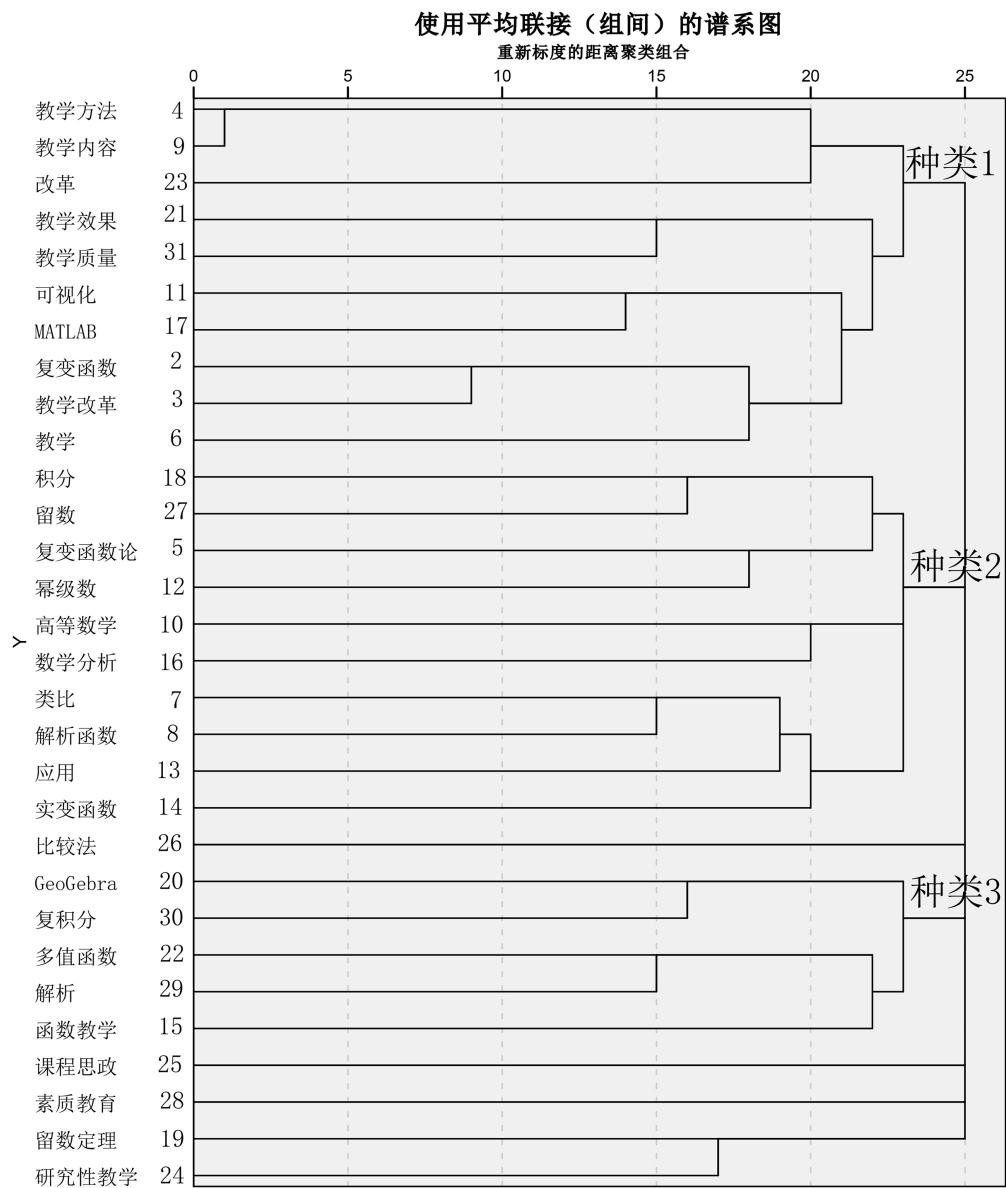
近 20 年复变函数教学改革研究热点主要集中于这三个方面, 分别为关于高等数学中复变函数教学方法与成效在教学内容可视化教学改革中的研究、关于分析实变函数和复变函数应用和类比研究、以课程思政为导向, 对函数进行研究性教学研究(表 3, 图 1)。

**Table 3.** Keywords clustering results analysis**表 3.** 关键词聚类结果分析

种类	名称	关键词
1	关于高等数学中复变函数教学方法与成效在教学内容可视化教学改革中的研究	教学方法、教学内容、改革、教学效果、教学质量、可视化、MATLAB、复变函数、教学改革、教学
2	关于分析实变函数和复变函数应用和类比研究	积分、留数、复变函数论、幂级数、高等数学、数学分析、类比、解析函数、应用、实变函数、比较法
3	以课程思政为导向, 对函数进行研究性教学研究	GeoGebra、复积分、多值函数、解析、函数教学、课程思政、素质教育、留数定理、研究性学习

基于关于高等数学中复变函数教学方法与成效在教学内容可视化教学改革中的研究由“教学方法”、“教学内容”、“改革”、“教学效果”、“教学质量”、“可视化”、“MATLAB”、“复变函数”、“教学改革”、“教学”这 10 个关键词构成。对于这 10 个关键词, 我们又可以细分为两类, 一类为基于教学改革内容的可视化研究, 由“改革”、“可视化”、“教学效果”、“教学”“教学内容” 5 个关键词构成, 这表明, 在过去二十年间, 我国的教学改革推动了教育信息化、智能化的快速发展。相较于传统教学模式, 可视化教学能够为学生构建直观的知识环境, 提升学生的感性认识。对于那些抽象思维能力较弱的学生, 通过绘制思维导图、概念图等手段, 能够逐步培养其思维能力, 促进知识的深入理解和内化。另一类是高等数学中复变函数教学方法研究, 由“教学方法”、“复变函数”、“MATLAB”、

“高等数学”、“教学改革”、“教学质量”组成, 揭示了复变函数在高等数学的重要地位和研究热度, 随着 MATLAB 等各类可视化仿真建模软件的发展, 复变函数的分析和应用也随之快速发展。



**Figure 1.** The pedigree diagram of teaching keywords of complex functions

**图 1. 复变函数教学关键词谱系图**

关于分析实变函数和复变函数应用和类比研究由“积分”、“留数”、“复变函数论”、“幂级数”、“高等数学”、“数学分析”、“类比”、“解析函数”、“应用”、“实变函数”、“比较法”这 11 个关键词构成, 这表明, 在过去二十年间, 数学分析、实变函数、复变函数论、幂级数、解析函数依然研究复变函数的研究基础, 可以通过类比的研究方法将其他函数的研究方法带入到复变函数的研究中。

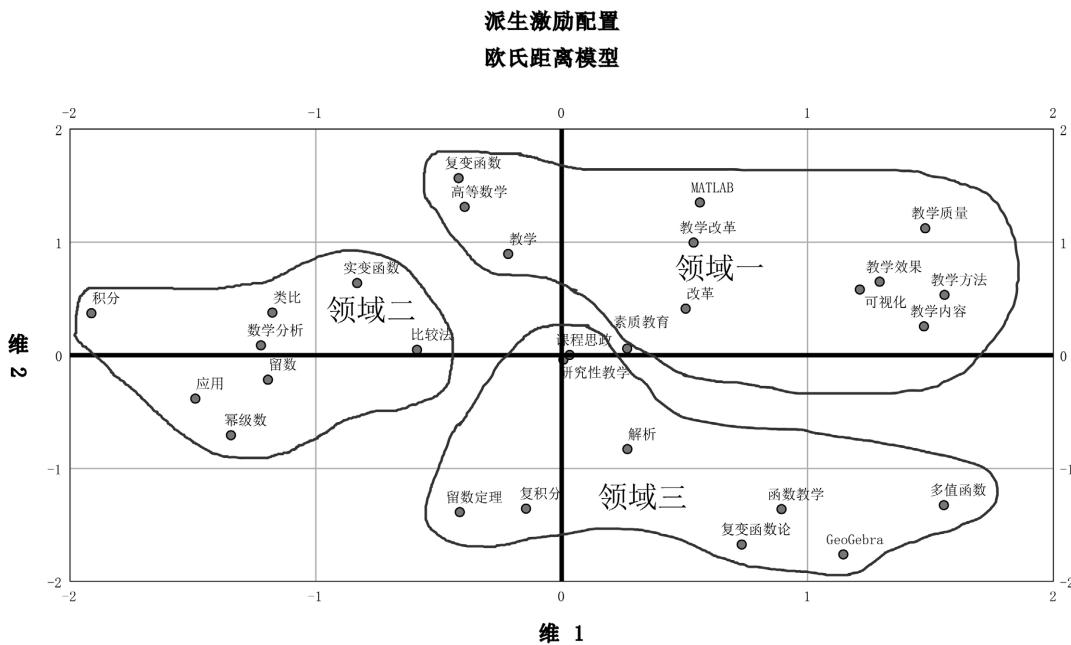
以课程思政为导向, 对函数进行研究性教学研究由“GeoGebra”、“复积分”、“多值函数”、“解析”、“函数教学”、“课程思政”、“素质教育”、“留数定理”、“研究性学习”、这 9 个关键词构

成, 这表明, 在过去二十年间, 越来越多的学者开始重视课程思政, 这表明“课程思政”建设对高校坚持社会主义办学方向, 落实立德树人根本任务, 确保育人工作贯穿教育教学全过程具有重要意义。例如在函数的研究性教学中不应只单单讲授教材, 更应该通过课程体系建设, 挖掘所教授课程的价值, 始终将教书育人落到实处, 确保社会主义大学培养目标顺利实现。

### 3.4. 近 20 年复变函数教学研究热点及分析

为了进一步研究关键词之间的内在联系, 笔者利用 SPSS 对 25 个关键词构成的近似矩阵用 Z 得分标准化方法进行了多维尺度分析。根据分析结果并结合多维尺度分析图和聚类分析图, 绘制出了复变函数教育研究热点的知识图谱, 见图 2。

高频关键词的分布具有一定规律, 大致集中分布在四个方位。在图中, 每个关键词都用实心小圆点表示, 距离越近说明代表的关键词的联系越密切, 反之, 则关联度不强。位于派生图右上方, 跨越横轴的区域划分为领域一, 与之对应的是谱系图中的“关于高等数学中复变函数教学方法与成效在教学内容可视化教学改革中的研究”在二维坐标中主要位于第一象限中, 说明教育信息化、智能化的快速发展极大地推动教学改革, 可视化教学等各类新式教学热度不断上涨, 是近二十年复变函数教学改革的研究热点问题, 相关论文发文量最大, 说明该领域已有较多学者进行研究, 后续研究难度较大; 派生图左侧区域代表领域二(种类二), 与之对应的是谱系图中的“关于分析实变函数和复变函数应用和类比研究”, 在二维坐标中主要位于第二、三象限中, 说明近二十年间该领域研究热度不大, 有较大的研究空间, 学者可以针对此领域进行深度研究。最后, 领域三(种类三)与之对应的是谱系图中的“以课程思政为导向, 对函数进行研究性教学研究”在二维坐标中主要位于第三、四象限中, 说明该领域研究热度不够, 后续研究空间较大, 但课程思政和研究性教学在二维坐标中位于中心位置, 说明课程思政和研究性教学为研究的热点问题, 课程思政对确保全员、全过程、全方位育人要求的实现具有重要的推动作用, 研究性教学能较大地培养学生的创新精神、研究能力和实践能力。



**Figure 2.** The distribution chart of the kinds of the hot research in the teaching of complex functions  
**图 2.** 复变函数教学热点研究种类分布图

#### 4. 研究结果与分析

本研究通过 SPSS 软件的聚类分析和多维尺度分析, 构建了复变函数教学改革的知识图谱, 揭示了教学方法、内容和改革策略之间的内在联系。研究发现, 教学改革的热点集中在以下几个关键领域。

(1) 教学方法的创新 传统教学法正逐步向多媒体和互动式学习转变, 以提高学生的参与度和兴趣, 促进对复变函数理论与应用的深入理解。(2) 教学内容的优化强调对教学内容进行合理调整, 强化解析函数、复变函数积分等核心概念, 并结合实际应用, 如信号处理和电磁学。(3) 教学改革的实施 提倡以学生为中心的教学模式, 强调产出导向和持续改进, 同时融入课程思政元素, 培养学生的社会责任感和专业精神。(4) 可视化教学的应用探索使用数学软件, 将抽象的复变函数概念图形化, 提升学生的学习体验和认知效果。面向未来, 复变函数教学改革应进一步探索以下方向。(5) 深化教学方法创新持续探索和实验新的教学方法, 如项目式学习、翻转课堂等, 以适应不同学习风格和需求。(6) 强化教学内容与实际应用的结合加强与工程、物理等领域的交叉, 开发更多案例研究和实践项目, 增强课程的实用性和吸引力。(7) 完善教学改革的实施策略 基于专业认证标准, 制定更为详细和操作性的改革方案, 确保教学改革的有效性和持续性。(8) 扩展可视化教学的应用范围不仅限于复变函数, 还将可视化技术应用于其他数学领域, 提高学生对复杂概念的理解和掌握。(9) 建立综合评价体系 开发多元化的评价工具和方法, 全面评估教学效果, 包括学生学习成果、教师教学表现及课程设置的合理性。(10) 促进跨学科交流与合作 鼓励数学与其他学科的教师进行交流合作, 共同开发跨学科课程, 培养学生的综合素质和创新能力。

通过这些措施, 我们可以为复变函数教学改革提供坚实的理论和实践支持, 为学生的全面发展和未来的数学教育改革奠定基础。

#### 基金项目

自治区高校本科教育教学研究和改革项目(PT-2021055)。

#### 参考文献

- [1] 汤获, 王晓英. 国内三种《复变函数》教材的比较与分析[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2018, 34(11): 18-20.
- [2] 汤获, 王晓英, 王日栋. 应用型人才培养模式下《复变函数》课程对比化教学实践[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2017, 33(22): 9-10.
- [3] 原子霞. 数学专业《复变函数》研究型教学初探[J]. 教育教学论坛, 2017(49): 92-93.
- [4] 王泽龙, 谢美华. 可视化在《复变函数》教学中的运用[J]. 高等数学研究, 2016, 19(4): 56-57+60.
- [5] 麻桂英, 陈全新. 用 MATLAB 提高《复变函数》教学质量[J]. 阴山学刊(自然科学版), 2009, 23(2): 74-76.
- [6] 詹亮, 秦琴. 基于卓越工程师培养, 探讨“课程与课堂设计”对教学的影响——以《复变函数》为例[J]. 教育现代化, 2019, 6(9): 153-155.
- [7] 王日栋, 汤获, 李书海, 等. 应用型人才培养模式下《复变函数》课程可视化教学实现[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2017, 33(19): 4-7.
- [8] 胡泽文, 孙建军, 武夷山. 国内知识图谱应用研究综述[J]. 图书情报工作, 2013, 57(3): 84+131-137.
- [9] 张勤, 马费成. 国外知识管理研究范式——以共词分析为方法[J]. 管理科学学报, 2007, 10(6): 65-75.
- [10] 郭文斌, 俞树文. 我国远程教育研究热点知识图谱: 基于 3170 篇硕士及博士学位论文的关键词共词分析[J]. 电化教育研究, 2014, 35(2): 45-49, 67.