

中小学数形结合思想研究可视化分析与展望

林芝¹ 冯新磊² 李锦诚³ 邓凤君⁴

(乐山师范学院数理学院 四川乐山 614000)

摘要: 数形结合是一种将形象思维与数量分析有机融合的思想方法,在数学教育领域得到了广泛应用与持续完善。随着全球数字化技术的蓬勃发展,数形结合的数字化研究已成为一个重要领域。本文运用 CiteSpace 计量软件,对中国知网(CNKI)数据库中 2013 年 3 月至 2025 年 3 月近 13 年关于数形结合教育的 396 篇核心论文进行可视化分析,深入探讨了该领域近年来的研究发展趋势、重点主题以及未来发展前景。研究发现,数形结合的研究涉及数学教育、自然科学以及信息技术学科等多个领域,探寻数形结合的研究热点和发展规律可以为未来中小学数学教育创新发展研究提供重要依据,也为中小学数学教学实践提供新的建议。

关键词: CiteSpace; 数形结合; 跨学科融合; 创新发展; 数字化与可视化

1 引言

数形结合是数学研究和教学中的极为重要的方法。借助数形结合思想,学生能够更好地培养数学思维、提高抽象思维能力,增强灵活运用数学知识解决实际问题的能力。^[1]该思想在数学教育、人工智能、计算机科学等众多领域具有广泛应用。近年来,在全球数字化转型浪潮下,人类社会已迈入以数字经济为核心的新时代^[2]。中国政府相继颁布《教育信息化“十三五”规划》、《教育信息化行动计划》等一系列纲领性文件,为数字化教育的转型提供了坚实的政策支持和制度保障。数学作为教育体系中的基础学科,数字化的教育模型层出不穷,这不仅有助于促进教育公平,激发教育创新活力,还进一步夯实基础学科的理论根基。与此同时,人工智能技术的快速发展与广泛应用,推动了数形结合方法在跨学科研究中的深度融合。例如,数智教育、科学计算、可视化分析等研究方向相互交叉。

本研究利用 CiteSpace 计量可视化分析工具,挑选了中国知网(CNKI)数据库 2013 年 3 月—2025 年 3 月近 13 年收录关于数形结合教育相关的 396 篇文献进行可视化分析,旨在探讨中国数形结合思想研究的学术发展现状、预测未来发展趋势,梳理学者研究关键词之间内在联系,为相关领域的研究者提供参考。

CiteSpace 能够以直观形象的科学知识图谱,清晰地反映和揭示某一现实领域的本质与规律。^[3]通过 CiteSpace 对中国知网(CNKI)数据库的数形结合研究文献进行分析,可以绘制出关键词共现、突现词等可视化网络图,进而提取研究热点,把握其演化趋势,预测未来研究方向。

2 研究方法与数据来源

2.1 数据来源

本研究的数据来自中国知网(CNKI),在高级检索时,选择核心期刊、CSSCI 和博士学位论文数据库,检索时间范围设定为 2013 年 3 月至 2025 年 3 月,并通过主题检索,输入关键词“数形结合”“数学可视化”“数字化数学教育”三个检索词进行检索。

2.2 研究工具与方法

本研究采用 CiteSpace 进行文献可视化分析,主要包括三方面,共现分析:识别高频关键词,从而揭示研究热点;聚类分析:探讨不同研究方向的分类情况及演进过程;突现词分析:识别研究前沿及新兴主题热点。

3 利用 CiteSpace 分析

3.1 论文发表趋势

通过统计中国知网(CNKI)数据库的相关文献,利用中国知网(CNKI)的可视化功能绘制 2013 年 3 月—2025 年 3 月发表

量变化趋势图(如图 3-1),以此分析数形结合研究的发展阶段及关键转折点。

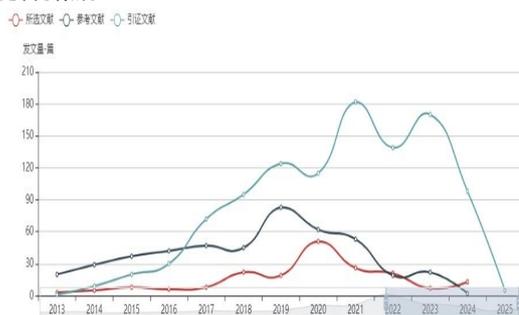


图 0-1

如^[4]可以看出 2013—2016 年,该领域的年发文量整体呈现平稳且逐年增加的态势,研究者对数形结合的研究处于积累和逐步发展阶段,研究力量逐步投入,2017—2021 年发文量波动增加,引证文章峰值达到 180 篇,此阶段研究进入快速发展期,吸引了众多研究者和学者的关注和参与,新的成果不断涌现,2022—至今发文量有所下降,可能是由于该领域前期发展迅速,该阶段进入到平缓期,在研究上遇到瓶颈,或是研究热点的转移,科研资源投入减少,导致论文产出大幅减少,但总体而言广大学者对数形结合这一话题仍保持较高的关注度,研究者兴趣浓厚。

3.2 关键词共现分析

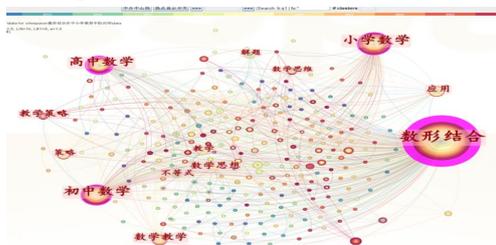


图 3-3

关键词是对论文核心内容的精炼。通过对中小学数形结合思想研究相关文献的关键词进行分析,有助于清晰明了地展示一定时期内该领域的研究方向。在 CiteSpace 中选择“关键词”选项,生成了节点数 296 个,连线数 735 条的关系脉络图(3-3)。关键词图谱中的每个节点代表一个关键词,节点之间的连接表示关键词之间的关联关系。圆圈状的年轮从外向里则代表时间由近及远,圆圈的半径大小则反映关键词出现次数高低,半径越大,表明该关键词的频次越高。由图 3-3 可知,“数形结合”出现频次最高,其次是“高中数学”“小学数学”“初中数学”“教

学策略”“数学教学”“数学思想”等关键词。由此可知数形结合思想的研究主要基于小学、初中、高中等教育体系的基础阶段的数学教学，且侧重于教学应用层面，通过“以形解数”的方法，能够提高教学的高阶性，帮助学生以更清晰的逻辑思维理解数学的抽象概念，培养其对抽象事物的理解和处理能力。

3.3 研究热点演化趋势

在所选文章在此基础上，提取并标准化了前9个高频中心性关键词，并进行模块化分析，将相关数据绘制成表格（如表3-4），以便明确分析和研究的重点及其鲜明特征。通过分析关键词的时间演进趋势，识别不同阶段的研究重点，进而探讨在该领域的发展脉络。在核心思想层面，“数形结合”在研究网络图中处于核心节点位置，这充分表明了数形结合在学习过程中是一种基础理论思想，具有重大的理论价值。在基础教育体系层面，“小学数学”“初中数学”“高中数学”表明了在中小学数学教育一直是广大研究员关注的核心领域，落实义务教育阶段的基础学科教育是教育者的重中之重，反映了核心素养对数学教育的基本要求，在理论应用层面“应用”“解题”较为突出，凸显了数形结合在应用和解题方面的优势所在，它能将复杂的题目要求化繁为简，是由抽象到具体的十分有效解题思路，在数学教育教学方面，数形结合在数学学科教育中发挥重要作用。通过图形和图像的辅助，能够将抽象的数学概念和问题转化为直观可视的形式。这种可视化的教学方式有助于降低学生的学习难度，促进学生之间的交流与合作。在图形和图像的帮助下，学生可以更清晰地表达自己的观点和解题思路，从而加深彼此的理解和沟通，有助于培养学生的团队合作精神和沟通能力。

表 3-0 高频词关键词频次、中心性排序表

序号	高频关键词	频次	中心性
1	数形结合	238	1.34
2	小学数学	81	0.14
3	初中数学	77	0.17
4	高中数学	53	0.21
5	应用	28	0.02
6	数学教学	26	0.03
7	教学策略	18	0.02
8	教学	17	0.02
9	数学思想	14	0.02
10	解题	13	0.01

3.4 关键词聚类图谱分析

为更深入地探索数形结合思想的高频关键词以及研究热点之间的内在联系，在396份样本文献的关键词共现图谱基础上采用LLR（对数似然算法）的形式，用于提取聚类标签词，进行关键词聚类分析，得到了有关数形结合思想研究的关键词聚类图谱（图3-5），从中发现有“数形结合思想(#0)、小学数学(#1)、初中数学(#2)、高中数学(#3)、数学教学(#4)、数学思想(#5)、不等式(#6)、解题(#7)、应用策略(#8)”等9个聚类标签。

基于9个聚类分析，数形结合（#0）、数学思想(#5)为核心聚类，主要蕴含数学学科体系中的核心思想，“以形助数”是思维可视化的基石，小学数学(#1)、初中数学(#2)、高中数学(#3)反映了数形结合主要的应用层面，有助于学生的理解抽象的思维，“以形解数”，不等式(#6)、解题(#7)、应用策略(#8)，充分地说明数形结合在解题应用中发挥的关键作用。通过数形结合的方式，学生可以更深入地理解数学的本质和规律，从而培养他们的逻辑思维、创新思维和批判性思维等高阶思维能力，提高主动探索和发现问题的能力，培养学生独立思考、合作探究

和创新创造精神。



图 3-5

图 3-6 是关于聚类分析与年份之间的关系图谱年份按照从左到右依次增加，颜色也随之加深，节点的大小往往与文献的引用频次相关，被引用频次越高节点越大，轴线上的节点曲线的连线代表两个关键词的引用关系，图 3-6 可以帮助分析不同时间段的研究热点。

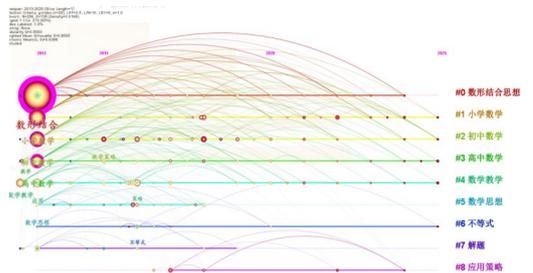


图 3-6

3.6 数形结合在中小学教育中的应用分析

数形结合作为一种重要的数学思维方式，在中小学数学教学中具有广泛的应用价值。通过文献分析，本研究发现数形结合在中小学教育中的应用主要体现在以下几个方面：

3.6.1 数形结合在中小学数学教学中的作用

①助力数学概念理解。许多抽象的数学概念，如函数、几何、等，通过数形结合的方法能够更直观地被学生理解。例如，函数图像可以清晰地展示函数的变化趋势，帮助学生理解变量之间的内在关系。

②培育数学思维能力。数形结合有助于培养学生的逻辑思维能力和空间想象力。张英（2019）^[5]认为，在解决问题的过程中，将算式形象化，指导学生建立数和形之间的关系，以形解数，是学生理解并掌握算理的有效手段。例如，利用几何图形分析代数方程，使学生能从多个角度思考问题，拓宽思维视野。

③推动解题能力的提升。在解题过程中，数形结合方法能有效转换问题表达，使问题更具直观性。^[6]例如，在解决二次函数的最值问题时，通过抛物线图像可以快速找到最值位置。雷正风（2019）^[7]指出，数形结合思想的应用能够帮助学生快速把握试题中的条件、问题和相关关系，从而简化问题，提高学习效率。

3.6.2 数形结合在不同数学内容中的应用

①代数教学中的应用

在函数教学中，利用直角坐标系绘制函数图像是最典型的应用。通过观察一次函数的直线图像、二次函数的抛物线图像，学生可以直观理解函数的性质。例如，通过图像分析二次函数的最值问题，比单纯代数推导更易被学生接受。

在方程求解方面，数轴和图像法提供了直观的解法。将方程的解转化为函数图像的交点，这种几何解释使抽象的方程根的概念变得具体可感。

②几何教学中的应用

平面几何教学中,坐标法的引入使几何证明更加严谨。通过建立坐标系,将几何问题转化为代数问题,再用代数方法进行推导,最后回归几何解释,这种过程体现了数学的严谨性。

立体几何教学中,三视图与立体图形的相互转换是重要内容。借助数形结合思想,学生可以更好地理解空间几何关系,培养空间想象能力。

③统计教学中的应用

在概率统计教学中,各种统计图表如直方图、折线图、饼图等都是数形结合的具体体现。通过这些可视化工具,学生能够更有效地分析和解释数据,培养数据分析观念。

3.6.3 数字化工具在中小学数学教育中的应用

罗增儒认为:“数学是一种信息的转换和加工,即通过抽象的数量关系解释图形的性质和实质,或者通过直观的图形”^[8]解释抽象的数量间的逻辑关系。这是从信息转化和加工方向来解释的。

随着数字化技术的发展,数形结合教学借助信息化手段更加高效。以下是一些常见的数字化工具及其应用:

几何画板等动态几何软件可以实时展示图形变化过程,使抽象的数学概念变得生动具体。例如,通过拖动函数参数观察图像变化,学生能深入理解参数的意义。

3.7 未来研究展望

随着数形结合研究的不断深入,以及现代社会对教育多元化需求的日益增长,中国学者在研究数形结合的热点领域基础上呈现出纵横拓展的发展趋势,如图 3-7,图中列出了 10 个关键词的热点发展趋势,标红的线条表示持续发展的阶段,目前,发展至今的热点主要凸显在应用策略、核心素养、课堂教学的应用层面,这与《义务教育数学课程标准(2022 年版)》的课程理念和教学要求相契合。

Top 10 Keywords with the Strongest Citation Bursts



图 3-7

3.7.1 构建数形结合的多模态共享的教学资源

目前,高校与研究机构在部分领域的合作比较集中,不过教育资源的共享程度还有提升空间。像视频、动画、虚拟实验这类多模态教学资源,在“数形结合”教育里的应用也需要进一步推广。对此基于我们四川乡村,我有两点建议:

第一,搭建开放的数形结合教学资源库。我们可以把数学、几何、计算机图形学等领域的研究成果整合起来,建立一个大家都能共享的教学资源库。这样一来,更多的老师和同学都能从中受益,也能让教育资源分配更公平。

第二,打造在线数学实验平台。这个平台可以支持同学们通过可视化编程和数学建模,在线开展数学实验。大家在这个过程中能提升动手能力和数学应用能力,还能培养实践创新精神。

3.7.2 强调实践导向,推动数形结合的项目式学习

通过研究发现,目前学术界的合作大多集中在理论研究领域,而实践应用方面的研究还比较少。这种情况导致数形结合的教育研究成果很难快速应用到实际教学中。针对这个问题,

我们两点具体的建议:

①在课程里增加数学建模和几何计算的实践内容。比如可以让我们学生用 GeoGebra、MATLAB 这些常用工具,亲自尝试数形结合的计算和可视化实验。通过动手操作,既能更直观地理解抽象的数学知识,也能实实在在提升解决实际问题的能力。

②加强“数学+工程”的案例教学,多挖掘现实中的应用实例。像桥梁结构计算时如何用数学方法优化设计,或者 AI 图像识别中几何算法如何提升识别精度这类案例,都能让我们清楚看到数学和几何在实际场景中的重要作用。通过分析这些真实案例,能帮助我们更好地培养数形结合的思维方式,明白课本知识是怎么转化为实际应用的。

3.7.3 灵活运用大数据分析优化教学策略

通过分析发现,学者们的合作模式和研究热点能帮我们优化数形结合的个性化教学策略。不过现在的教育模式主要还是依靠老师的传统教学经验,缺少根据大数据的个性化改进。针对这个问题,我们两点具体的想法:

①引入智能推荐系统。系统能根据每个同学的数学基础,比如是刚入门还是已经掌握得比较好,推送适合的数形结合学习资料,比如对应的例题、视频或者练习题。这样就不会像以前那样“一刀切”,每个人都能收到更适合自己的学习内容。

②用数据来优化教学策略。通过数据挖掘技术分析不同教学方法的效果,比如哪种讲解方式让我们理解得更快,哪种练习形式让我们掌握得更牢,然后根据这些分析结果调整教学策略,这样老师的教学质量肯定能提高。

总的来说,以后的数形结合教育可以朝着跨学科合作、用智能工具、多模态资源、实践导向学习和这些方向发展。如果能结合对学者合作网络和高校协作模式的分析,应该能进一步推动这个领域的研究和应用,让我们的数学思维 and 创新能力都能得到更好的培养。

3.8 研究挑战

①理论体系还不够完善。现在数形结合的数学建模和理论框架,尤其是在和物理、计算机这些学科交叉应用时,感觉缺乏扎实的底层理论支撑。比如我们学几何建模在实际工程中的应用时,老师经常提到“这个理论还在完善中”,这就导致很多跨学科的实际问题,我们没办法用现有的数形结合方法完全解决,限制了它在更多领域的应用。

②技术层面还有瓶颈。现在用数字化工具做数学可视化时,比如用 GeoGebra 画三维图形或者用 Python 做数据可视化,遇到复杂问题时经常无法运行。特别是大规模教学场景下,比如网课或者跨校区共享课堂,怎么让这些工具既流畅又能满足不同老师的教学风格、不同同学的学习需求,技术上还需要突破。有时候上课老师想演示一个动态模型,结果因为平台兼容性问题耽误时间,解决这些问题效率可以更高。

③教育资源分配不太均衡。像我们学校有专门的数字实验室和正版软件,但普遍偏远地区的学校,可能连基本的电脑设备都不具备,更别说使用虚拟实验平台这些资源了。这种差距让不同地区的同学接触数形结合教育的机会不一样,比如有些农村同学第一次接触几何画板可能是在高中,而城市同学初中就开始用了,这对教育公平是有影响的。

④同学们的适应程度不一样。身边有些同学特别擅长代数计算,一遇到“用图像法解题”就犯难,觉得“不如直接列公式快”,或者在建立数学模型时,很难把几何图形和代数方程对应起来。比如上次做数学建模作业,有的同学依赖纯数值计

(下转第 85 页)

(上接第5页)

算,而用数形结合方法的同学思路更开阔,但适应慢的同学就会觉得有压力。可能需要老师设计一些“过渡型”的练习题,比如先从简单的函数图像和解析式对照开始,慢慢引导我们习惯图文结合的解题方式。

不过换个角度想,这些挑战也指明了努力的方向。未来如果能在跨学科理论整合、智能工具优化、资源均衡分配和个性化教学方法上多下功夫,数形结合教育能让我们更好地理解抽象知识,提升解决实际问题的能力。作为学生,也希望能参与到这些改进中,比如通过学生社团推广优质学习资源,或者给老师提出我们在学习中的真实感受,一起推动数形结合教育变得更高效率、更有趣。

总结

本研究借助 CiteSpace 对中国知网中有关数形结合数字化研究的文献展开了可视化的剖析,较为清晰地呈现出了该领域的研究热点、学术合作模式以及前沿发展趋势。研究结果显示,近年来,数形结合研究发展迅猛,在数学教育、计算机科学、工程应用等多个领域展现出广阔的应用前景。

未来,数形结合的研究与实践应着重关注智能化发展,深度推进跨学科融合,探索高效可视化技术的创新应用,进一步挖掘其潜在价值。一方面,我们应该持续优化理论体系,突破技术瓶颈,确保其在各领域的应用更加科学、高效;另一方面,我们也应积极应对教育资源不均衡、教师培训不足、学生适应性差异等挑战,促进教育公平,提升教学质量。通过这些努力,推动数形结合方法在教育领域不断创新与发展,切实提升学生的数学思维能力和创新实践能力,为培养适应时代需求的

创新型人才奠定坚实基础。

参考文献:

[1]于冬梅.以数形结合提升学生数学思维能力[J].中国教育科学,2021(11):107.

[2]杨彦军,张胜歌.全球视野中的教育数字化转型战略研究——基于25份教育数字化转型政策文本的分析[J].电化教育研究,2024,45(6):41-49.

[3]陈悦,陈超美,刘则渊等.CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015(2):242-253.

[4]张英.数形结合思想在小学数学教学中的渗透研究.中国农村教育,2019(32):113-113.

[5]徐斌艳.信息化学习的机遇与挑战——访新加坡南洋理工大学陈蔼彦教授.全球教育展望,2003(2):3-4+27.

[6]雷正风.数形结合思想在小学数学教学中的应用策略[J].名师在线,2019(32):62-63.

[7]罗增儒.数形结合:一个解题案例的再分析(续一)[J].中学数学教学参考,2006(09):21-24.

项目基金:国家级大学生创新创业大赛项目“中小学数形结合思想可视化分析与展望”(30035);四川乡村教育发展研究中心项目“数形结合思想在乡村小学数学教学中的应用与实践”(SCXCJY2023B02)

作者简介:林芝,女,四川广安人,乐山师范学院数理学院本科生。

通讯作者:冯新磊,男,山东阳谷人,乐山师范学院数理学院教授,理学博士,研究方向:矩阵理论与应用,数学教育等。