

融合计算认知理论的离散数学课 建设探索与实践^{*}

刘兆英 马伟 同磊 张婷^{**} 全笑梅

北京工业大学计算机学院, 北京 100124

摘 要 随着人工智能与大数据等技术的快速发展, 作为计算机相关专业核心基础课程的“离散数学”越来越受到重视。然而, 传统的课程教学模式难以满足对于学生计算思维培养的高阶要求。针对离散数学课程教学中存在的理论知识难理解、实践环节缺乏、以及与科研和实际工程应用联系少等问题, 提出了融合计算认知理论的“离散数学”课程建设方案, 并开展了相关实践。通过结合虚拟教研室计算认知新理论、实践驱动新方法、以及平台驱动新手段, 充分利用高校虚拟教研室共享平台资源, 完善离散数学课程知识体系, 丰富优质教学资源, 对于提升课程教学质量、推动虚拟教研室与课程建设的协同发展具有重要意义。

关键字 离散数学, 课程建设, 高校虚拟教研室, 计算认知理论

Exploration and Practice of Discrete Mathematics Course Construction Integrated with Computational Cognitive Theory

Zhaoying Liu Wei Ma Lei Tong Ting Zhang^{**} Xiaomei Quan

College of Computer Science
Beijing University of Technology,
Beijing 100124, China;

Abstract—With the rapid development of technologies such as artificial intelligence and big data, "discrete mathematics" as a core foundational course in computer related majors is receiving increasing attention. However, traditional teaching models are unable to meet the high-level requirements for cultivating computational thinking. To deal with the problems of difficult understanding of theoretical knowledge, lack of practices, and insufficient connection with scientific research and practical applications, a construction plan for discrete mathematics courses integrating cognitive theory of computation has been proposed, and relevant practices have been carried out. By combining virtual teaching and research rooms with new theories of computational cognition, practice driven methods, and platform driven methods, fully utilizing the shared platform resources of virtual teaching and research rooms in universities, improving the knowledge system of discrete mathematics courses, enriching high-quality teaching resources, it is of great significance to improve the quality of course teaching and promote the coordinated development of virtual teaching and research rooms and course construction.

Keywords—Discrete Mathematics, Curriculum Development, Virtual teaching and researching classrooms; Computational Cognitive Theory

1 引 言

离散数学是理工科高等院校计算机、自动化、人工智能等专业必修的、重要的核心基础课程, 与计算机科学理论、应用技术有着密切的联系^[1], 通常涵盖集合论、图论、代数结构、数理逻辑等多个分支。该课程对于促进学生抽象思维、逻辑推理和概括归纳等

数学素养的养成, 以及解决复杂工程问题能力培养上具有重要作用。然而, 离散数学课程包含的内容繁杂, 概念多、公式多、理论性强, 学起来比较枯燥, 课程教学多注重理论知识的传授, 缺少对于课程中蕴含的计算思维、思政元素和数学之美的挖掘, 课程的育人作用发挥不充分^[2]。

此外, 教学模式比较单一, 仍然以教师讲授为主, 学生难以深入理解课程内容并学以致用。再者, 教学内容基本上是经典理论知识, 缺少与学科发展前沿技术(如智能优化算法、图神经网络等)以及实际工程应用联系(如5G网络建设、智能交通、智慧物流、社交网络分析等)不利于学生高阶思维和解决复杂问题

^{*} **基金资助:** 本文得到 2024 年北京工业大学教育教学研究课题“基于高校虚拟教研室的离散数学‘一流课程’建设”(ER2024KCB06)、2023 年北京工业大学研究生教育教学优秀成果培育项目“信息化背景下《信息安全》课程思政研究”(313000546322500)等资助。

^{**} **通讯作者:** 张婷, zhangting@bjut.edu.cn

能力的提升^[3]。

近年来,为了丰富离散数学课程的教学形式、提升课程教学质量,很多高校的授课教师从教学理念、教学模式、课程思政等多个方面开展了改革探索。如杨娟等^[1]基于 OBE 理念,以问题驱动为导向,以计算思维为核心,开展了离散数学课程教学设计,提升了教学效果;杜丽美等^[2]提出了 OBE(Outcome-based Education)教育理念和 PBL(Project-based Learning)教育模式相结合的教改思路;李伟漳等^[3]提出了一种研教融合的教学模式;吴楠等^[4]对离散数学课程思政教学体系建设进行了探讨;苏晓明等^[5]对结合 BOPPPS 教学模式的离散数学课程思政改革进行了探索实践;谭作文等^[6]探索了“案例+多层次实验”的实践教学模式;贾经冬等^[7]提出了基于计算思维面向能力培养的教学改革思想;何楚明等^[8]提出了计算思维与课程思政相融合的离散数学教学改革探索与实践;赵男男等^[9]探索了基于建构主义理论的离散数学课程学习模式,通过知识体系的构建促进学生知识目标与能力目标的同步达成。虽然这些改革探索在一定程度上促进了离散数学教学发展,然而,仍然难以满足新时代高等教育对于人才培养的要求。因此,在高等教育强国建设和人工智能技术大发展的背景下,有必要进一步开展离散数学课程教学的研究与实践。

虚拟教研室作为“智能+”时代的跨时空、跨学校、跨区域的新型基层教学组织,是教学研究领域的创新探索^[10]。通过共建共享优质的教学资源、教学平台、和学习工具、共同探讨创新教学模式、开展教学研究等,为促进教育教学高质量发展提供了有力支撑^[11]。我们于 2023 年参与了北京航空航天大学牵头的北京

市计算认知式理论课程教学改革研究虚拟教研室(以下简称虚拟教研室),成员来自北京航空航天大学、首都师范大学、北方工业大学、北京工业大学和信息科技大学 5 所高校,由国家万人计划教学名师马殿富教授牵头,定期开展教学内容安排、教学经验交流、教学资源共享等活动。

在此背景下,为解决目前离散数学课程教学过程中存在的问题,我们充分利用虚拟教研室共享平台资源,开展了相应的教学改革实践。

2 建设思路

虚拟教研室的改革主题包括三个方面:1)打造跨地域师资协作环境,通过“计算驱动”新理念,建立计算认知重构知识的教学模式;2)通过“实践驱动”新方法,培养学生的实践创新意识;3)通过“平台驱动”新手段,搭建理论与应用桥梁。

因此,结合虚拟教研室的改革主题,我们提出了融合计算认知理论的离散数学课程建设思路,如图 1 所示。

首先,引入计算驱动新理念,重塑教学目标,体现知识、能力、素质有机融合,以培养学生高阶思维能力和综合素养;其次,更新教学模式,增强学生的计算能力和问题抽象表达能力;然后,借助实践驱动新方法加强教学,通过教学科研融合,优化课程教学内容,培养学生的分析问题和解决复杂工程问题的能力;最后,依托虚拟教研室共享平台资源,构建课程知识图谱,挖掘课程思政元素,构建优质教学资源库和课程思政案例库,提升学生的自主学习能力,同时提升课程的育人效果。

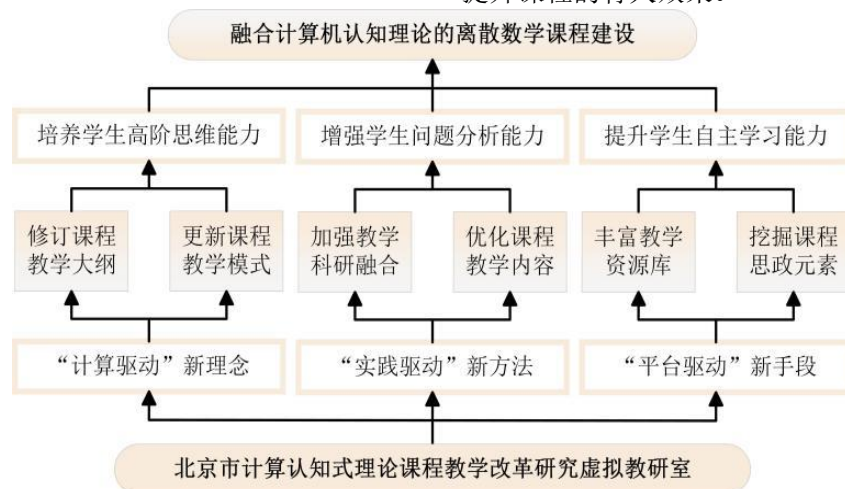


图 1 依托虚拟教研室的离散数学课程建设思路

3 课程建设方案及实践

基于上述建设思路,开展了如下工作。

(1) 重塑教学目标,提升学生综合素养

目前,离散数学课程的教学目标仍然是以教师为中心,强调理论知识的讲授,弱化了学生为主体的“学”,

以及计算思维的培养。为了提升学生高阶思维和综合素养,确立了知识传授、能力培养、价值塑造三位一体的课程目标,培养学生抽象思维和逻辑思维能力,通过抽象建模对实际问题进行分析和求解,提升学生解决复杂工程问题的能力,并在问题求解过程中引导学生树立正确的价值观。

①知识学习目标:掌握离散数学的基本概念、理论、算法、问题表示方法和逻辑推理思路,掌握离散系统的抽象描述与建模方法,为后续课程(数据结构、人工智能、计算机网络、数据库原理等)学习打下理论知识和方法基础;

②能力培养目标:运用离散数学的基本理论,通过观察、分析、综合、演绎、归纳、类比联想等方法培养学生的辩证思维和逻辑推理能力,并通过对实际问题进行分析、合理的抽象,建立相应的数学模型并进行求解,培养学生的抽象建模和求解问题的能力,为求解复杂工程问题夯实基础;

③价值塑造目标:通过在教学中引入数学史实、数学悖论、生活中的例子、科技前沿技术等,挖掘课程中的思政元素,引导学生关注社会需求,增强责任感和使命担当,激发学生的求知热情和探索精神,实现育人与育才的同向同行。

针对上述课程目标,在离散数学的教学中对课程教学模式也开展了相应的教学改革实践。首先,通过引入“计算驱动”新理念,将计算方法、程序验证、案例教学等融入理论教学,形成以计算为认知的教学理念,构建“知识+计算+实践”三维驱动的教学模式,加深学生对于知识的理解,提升学生的高阶思维能力,进而提升课程教学质量。其次,在掌握理论知识的基础上,结合 Python 编程融入计算实践,让概念、性质、推理等通过计算机程序体现出来,并在程序执行的互动中加深学生对于知识的理解^[12]。最后,深入挖掘课程蕴含的思政育人元素,将思政有机融入到课程教学中。例如在介绍集合公理化定义的时候扩展介绍三次数学危机,让同学们了解到事物的发展规律是螺旋式上升的;在介绍摩根律、交换群、欧拉图的时候引入摩根、伽罗瓦、阿贝尔、欧拉等科学家在艰苦的环境下不屈奋斗、追求科学真理的事迹,勉励同学们在学习的道路上不惧困难勇往直前;在介绍生成树内容时,结合二叉树和最小生成树在计算机科学及社会生活中的应用案例,引入我国数学家管梅谷先生提出的最小生成树破圈法求解思路以及“中国邮递员问题”的数学故事等,引导学生关注生活中的数学、关注社会民生,树立正确的价值观,达到全面提升学生综合素养的目的。基于最小生成树、迪杰斯特拉算法、推理理论、以及代数系统简介等构建了《计算机专业课程思政教学设计与实践》的4个课程思政案例^[13]。

(2) 优化教学内容和方法,提升学生逻辑思维和抽象建模能力

课程教学不仅要传授知识,更重要的是培养学生的学习能力、思维能力和创新能力,而教学方法是实施教学的具体方式、手段和途径,是完成教学任务和教学目标的必要条件,对教学质量和学生的学习效果具有重要的影响。因此,为了达成课程教学目标,在保证基础知识有效传授的基础上,通过结合计算认知理论,将理论讲解与动手实践相结合,以培养学生运用 Python 计算求解问题的能力,加强其对课程知识点的深入理解与灵活运用能力,培养学生的计算能力、逻辑思维和抽象建模能力,进而提升学生分析问题和解决问题的能力。

首先,在对虚拟教研室不同教学团队教学内容进行分析的基础上,结合北京工业大学计算机科学与技术专业学生的特点,重新梳理课程知识点。同时,加强教学科研融合,借助虚拟教研室各教师团队在计算机、人工智能等相关领域的科研实践,发掘实际科学研究和工程问题中的相关基础知识,培养学生创新意识和解决复杂工程问题的能力。如图神经网络在交通领域的应用、图割算法在分割中的应用、匈牙利匹配算法在目标跟踪中的应用等,优化和完善教学内容,扩展课程内容的广度和深度,提升教学内容的前沿性。在理论讲解的基础上,结合 Python 编程对重点、难点的知识进行程序验证,在提升学生学习兴趣的同时,提升学生对课程知识点的深入理解与灵活运用能力。

其次,在保证基础知识有效传授的基础上,积极探索启发式、案例式等灵活的教学方法。比如讲解关系、树、特殊图等的概念及性质时,引导学生观察、思考周围生活中的相关实例,将抽象的概念具象化;在讲解图论部分的各种算法时,如最短通路、最小生成树、以及 Huffman 最优树等,采用部分翻转课堂+案例研讨方式,让学生调研设计相关算法的应用场景,并进行问题分析、抽象建模、运用所学算法进行求解。通过丰富多样的教学方法,将学生被动的知识接受转化为主动参与知识获取,提升学生的参与感,并在此过程中培养学生分析问题、解决问题的能力。

(3) 构建课程知识图谱,丰富优质教学资源库

优质的课程教学资源可以为丰富课程教学、增强学习效果、促进教学创新等提供重要的支撑和保障;而课程评价是对教师教学活动、学生学习效果、以及育人效果进行客观衡量和科学判定的系统过程,为课程持续改进提供依据和指导。我们以虚拟教研室平台为支撑,进行课程教学资源 and 评价体系的优化。

本课程组对离散数学各章节内容的知识点进行拆分,初步构建了课程知识图谱,明确表达知识点之间

的关联。知识图谱共包括 272 个知识点。在已有课程教学资源的基础上，依托虚拟教研室平台以课程知识图谱为指导，深入分析和挖掘课程知识点之间的关联、知识点蕴含的思政育人元素等，查缺补漏，对课程资源库进行丰富和优化，构建了一套优质丰富的资源库，包括教材、课件 PPT、教学视频、习题库等，课程知识点及教学资源统计情况如图 2 所示。



图 2 课程知识点及教学资源统计情况

以 2023-2024-1 学期和 2024-2025-1 学期“集合与图论”3 个课堂课程学习情况为例对比分析，如表 1 所示，两个学期选课人数分别为 114 人和 116 人，与 2023-2024-1 学期相比，2024-2025-1 学期学生的平均分有所提高。从图 3 可以看出，与 2023-2024-1 学期相比，2024-2025-1 学期学生 70-80 分和 80-90 分学生的数量和占比有所提升，成绩分布的方差有所减少，达到了预期效果。

表 1 2023-2024-1 学期和 2024-2025-1 学期学生成绩对比

学期	2023-2024-1 学期	2024-2025-1 学期
学生人数 (人)	114	116
平均分	81.97	83.22

为进一步分析课程教学改革的效果，采用问卷调查的方式收集了学生们对课程的评价反馈，包括对课程的整体满意度、对课程授课方式的喜欢程度以及课程学习对于个人自主学习能力、计算能力和抽象建模能力、分析问题和解决问题的能力、高阶思维和综合素养等的提升作用。

4 教学成效

北京工业大学计算机学院离散数学分为“集合与图论”和“代数与逻辑”两门课程，分别在秋季和春季两个学期进行授课。我们在课程教学过程中，引入 Python 程序设计、课程思政案例以及课程知识图谱等，学生的学习兴趣得到了一定的提升，学习成绩整体得到提升。

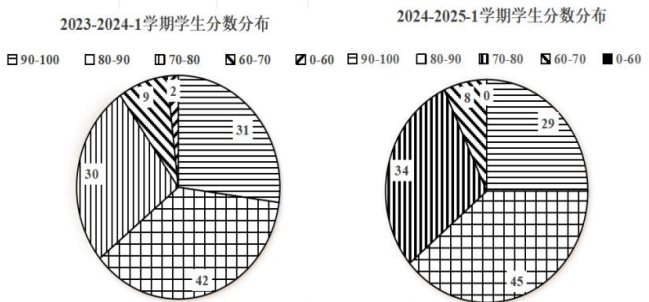


图 3 2023-2024-1 学期和 2024-2025-1 学期学生成绩分布情况

表 2 课程授课方式喜欢程度以及课程满意度

对课程授课方式的喜欢程度				
非常喜欢	喜欢	一般	不喜欢	无感
82.4%	17.6%	0	0	0
对课程的整体满意度				
非常满意	满意	一般	不满意	无感
82.4%	17.6%	0	0	0

调查共收回问卷 17 份,对于课程教学方式喜欢程度以及对课程整体满意度方面的结果如表 2 所示。

课程教学对于学生各方面能力的提升作用反馈情况如下表 3 所示。可以看出,大部分同学认为通过“集合与图论”课程的学习对于个人各方面能力的提升“有很大帮助”,尤其对于学生个人自主学习能力提升方面。

表 3 课程学习对于学生各方面能力提升的作用

问卷内容	有很大帮助	有一定帮助	一般	没有帮助	无感
自主学习能力	82. 35%	17. 65%	0	0	0
计算能力和抽象建模的能力	70. 59%	29. 41%	0	0	0
分析问题和解决问题的能力	70. 59%	29. 41%	0	0	0
高阶思维能力和综合素养	76. 47%	23. 53%	0	0	0

5 结束语

几年来,我们针对离散数学课程教学中存在的问题,更新教学理念,在理论教学中引入计算认知和 Python 程序验证,优化教学内容,以及借助知识图谱构建优质教学资源库等,以虚拟教研室为平台促进课程建设,提升离散数学的课程教学质量,实现虚拟教研室与课程建设的协同发展。未来将继续围绕课程教学目标的有效实现,构建以“形成性评价”为核心的多阶段多元化考核方法;并依托虚拟教研室的智慧教

学平台,运用大数据、人工智能等技术对学生的学习数据进行分析,实现教学过程的动态个性化追踪与细粒度评价,并通过及时准确获得学生学习状态的反馈,为课程持续优化提供必要的数据支撑。

参考文献

[1] 杨娟,张冬梅,邓芳.基于 OBE 理念的离散数学课程教学设计与实践[J].计算机技术与教育学报,2021,9(1): 43-45.

[2] 杜丽美,张剑妹.基于 OBE 和 PBL 融合的离散数学教学改革[J].计算机教育,2023,(05):149-154.

[3] [李伟漳. 研教融合的离散数学教学研究[J]. 教育教学论坛, 2022, (49): 123-127.

[4] 吴楠. 计算机类专业离散数学课程思政教学体系建设的思考[J]. 高教学刊, 2023, 9 (34): 174-177.

[5] [苏晓明, 贾永旺. “离散数学导论”课程思政改革与探究[J]. 计算机技术与教育学报, 2025,13(1): 59-64.

[6] 谭作文. 新工科背景下离散数学课程“案例+四层次实验”实践教学探索[J]. 计算机教育, 2024, (03): 199-204.

[7] 贾经冬, 李卫国. 基于计算思维面向能力培养的离散数学教学改革[J]. 计算机教育, 2021, (09): 152-155.

[8] 何楚明, 刘冬宁.离散数学课程中计算思维与课程思政的切入与融合[J]. 计算机教育, 2023, (02): 79-82.

[9] 赵男男, 林桂明,关棋元,基于建构主义理论的离散数学课程深度学习模式探索[J]. 计算机教育, 2024, (04), 130-134.

[10] 曹梅. 高校虚拟教研室建设的内在逻辑与实践路向[J]. 中国电化教育, 2024, (02): 61-68.

[11] 刘慧, 冯修猛. “智能+”时代虚拟教研室新型组织体系构建路径探究[J]. 中国大学教学, 2023, (08): 82-91.

[12] 马殿富, 李建欣, 马帅等, 离散数学及其应用——Python 建模与实现[M]. 高等教育出版社, 2021. 12.

[13] 杜金莲, 金雪云主编, 计算机专业课程思政教学设计与实践[M]. 清华大学出版社, 2024.2.