

科研融入本科教学研究——以《离散数学》为例

贾晖 张晓利

西安邮电大学计算机学院, 中国·陕西 西安 710121

摘要: 离散数学作为计算机专业的本科必修课程, 具有概念多、推理复杂、理论性偏强的特点。学生在学习过程中往往很难理论联系实际, 不会将学到的数学知识运用到实际的科研中。为了解决理论脱离实际的问题, 将科研融入本科教学活动中, 使得学生在学习理论课程的同时, 知道数学模型能够应用于哪些领域, 能有什么实际应用价值。为了让学生更好的理论联系实际的学习, 从课程内容梳理、案例准备以及多元化的评价方式上对课程进行优化。以期加深学生对相关内容的理解, 拓宽学生的视野, 提高学生的科研创新能力。

关键词: 离散数学; 本科教学; 科教融合

Integrating Scientific Research into Undergraduate Teaching Research—Taking “Discrete Mathematics” as an Example

Hui Jia Xiaoli Zhang

School of Computer Science & Technology, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an, Shaanxi, 710121, China

Abstract: Discrete mathematics, as a compulsory undergraduate course in computer science, has the characteristics of multiple concepts, complex reasoning, and strong theoretical significance. During the learning process, students often find it difficult to integrate theory with practice and do not apply the mathematical knowledge they have learned to practical scientific research. In order to solve the problem of theoretical detachment from reality, scientific research is integrated into undergraduate teaching activities, so that students can understand which fields mathematical models can be applied to and what practical application value they can have while studying theoretical courses. In order to enable students to better integrate theory with practical learning, the course is optimized from the aspects of course content sorting, case preparation, and diversified evaluation methods. In order to deepen students' understanding of relevant content, expand their horizons, and improve their research and innovation abilities.

Keywords: discrete mathematics; undergraduate teaching; integration of science and education

1 引言

党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央把科技创新摆在国家发展全局的核心位置, 而坚实的基础是科技创新的动力和源泉^[1]。离散数学是计算机科学各个学科方向的核心专业基础课程。它以研究离散量的结构和它们之间的关系为主要目标, 其研究对象是有限个或可数个元素, 充分描述了计算机科学的离散性特点。通过离散数学课程的学习, 学生不仅可以获得数理逻辑、集合论、代数结构、图论等基本数学理论知识, 而且可以形成抽象的思维能力和缜密的概括能力。通过科研与教学的融合, 拓展离散数学基础知识在实际科研创新中的应用^[2], 帮助学生根据所学内容对计算机科学面临的复杂工程问题进行建模, 同时进行模型的数学推理和验证, 提升今后学习和工作中的科研素养^[3]。

2 教学中现有的问题

然而在现在的课堂教学实践中存在着诸多问题, 使得教学与科研脱节。主要表现在:

①数学课程只注重理论, 和实际应用脱节。学生认为

离散数学是一门纯理论课, 有繁多的概念和复杂冗长的定理推导。学生学习难度大, 学完之后, 只记住了概念和公式, 不知道这些概念及公式能应用到哪些实际问题中。造成理论和实践的脱节。

②学生只重视实践类课程, 对理论性课程兴趣不足。与数据结构, C 语言等课程相比, 离散数学不能作为工具, 实现具体任务。思维能力和推理能力需要有更多的专业知识的加持才能体现, 并且需要长时间的积累, 因此学生的学习兴趣不足。

③教师讲授只重视公式推导, 不重视应用内容的拓展。长期以来, 教师的授课方式较为单一, 以课堂讲授为主, 授课内容更偏重于冗长的公式推导, 不重视理论联系实际, 内容拓展不足, 学生的知识、能力留存度较低。

3 科研融入教学主要改革方法

除了使用先进的教学模式之外, 增加科研融入教学的拓展案例, 以学生阅读、研讨为主, 教师指导为辅的方式, 开展案例教学。在开学初指定拓展内容的范围, 为学生发放

拓展教学资料,并提出需要完成的调研、题目、报告等要求。学生根据自己的学习兴趣,选择课后阅读内容并查阅相关资料,完成要求的科研报告和拓展训练题目。课堂上狠抓课堂教学主战场,开展知识讲解、专题报告、主题讨论等内容,充分调动学生的学习积极性。课后及时总结课程内容,督促学生完成课后训练,并进行教、学课程共建,将课堂上学生好的观点、报告进行总结,丰富课程资源的同时起到积极引导的作用。在整个教学过程中,贯彻全方位多元化的考核方式,承认差异,改变从前单一的期末考试,贯彻全过程评价体系,充分调动学生的积极性和主动性。

针对离散数学的教学单元,增加科研融入教学的教学内容。

①在数理逻辑部分,离散数学只讲了命题逻辑和谓词逻辑。为了和实际应用相结合,为学生指定非经典逻辑作为拓展内容,如模态逻辑、三值逻辑、非单调逻辑、时序逻辑、二叉判定图 OBDD 等。并结合安全网关的程序验证,拓展模型论,程序的模型检测, SATsolver 等知识内容,让学生理解数理逻辑在计算机科学中的应用实例。

②在集合论部分,离散数学主要介绍集合的定义、关系、关系的性质、函数等内容。用于处理精确、确定的分类问题,不能完全满足实际应用需要。为了满足机器学习、知识发现、数据挖掘及决策支持的应用需求,拓展粗糙集理论,用于处理不精确、不确定与不完全数据,处理非确定性的分类问题。

③在图论部分,离散数学主要介绍了图的定义,连通性与可达性,图的矩阵表示,以及一些特殊图的性质。在深度学习的发展过程中,有大量的问题用卷积神经网络 CNN 和循环神经网络 RNN 都无法解决或者效果不好的问题。有着不规则的数据结构,典型的图结构,如社交网络、化学分子式、知识图谱、交通网络等。在学生图论理论知识的基础上为学生拓展图卷积神经网络,从图数据中提取特征,并进行节点分类、图分类、边预测以及图的嵌入表示。

在具体实施过程中按照自愿分组,按组选题,组内讨论,课上报告的方式组织实施教学过程。将导读内容和教学案例提前发给学生,学生阅读教学案例,根据选择内容查阅资料,在组内充分交流之后,形成学习报告,并在课堂上根据自己的学习情况和研究报告进行课堂讨论。

4 开展多元化的评价方法

为了保证科研融入教学的有效展开,课程采用全方位、多元化的评价方式进行学习评价。采用平时成绩 40%,期末成绩 60% 的比例进行最终评价。平时成绩主要参考课堂积分、作业、随堂测验、期中考试、期末考试、科研拓展等成绩对学生进行全面评价。其中,科研拓展考核科研报告撰写、演讲 PPT 撰写、课堂讨论等内容。综合考虑自评、互评及教师打分,对学生进行综合评价。在教学过程中将阶段性学习任务部署为相对独立且具有一定挑战性的题目,包括

课程知识性题目和科研融合性考核题目,通过小组汇报的形式进行研究,难点攻关、实验验证、报告撰写和现场答辩,教师对学生的具体任务形成多个得分点,对学生的表现结果进行打分,形成过程性评价。在期末考试题目中,加入与科研融合相关的考试题目,将科研融合也加入考核体系中。将平时成绩与期末成绩按照比例计算学生的总评成绩,形成对本门课程的评价。

5 案例分析

将科研与离散数学实际教学内容相结合,形成丰富的教学案例,以图论和集合论内容为例,将路径选择和粗糙集理论融入课堂教学中。形成丰富的教学案例库。

5.1 图论知识拓展

考虑某企业物流网络规划,需要将产品运往各个分销站。现需要建一个物流总站,把物流总站建在某个分销站上,已知各个分销站的网络连接关系和路径长度,怎样确定物流总站的位置,使得各个分销站到物流总站的整体路径最短。该问题结合离散数学图论部分,在学生掌握了图的定义,路与回路,结点之间的距离等概念之后展开。

问题分析:若提前给定分销站的位置,测量出各个站点之间可选路径的距离,则问题转化为在无向赋权图中求解 p-中心问题。可以利用无向赋权图模型中的距离来对该问题进行求解。

问题求解:为了解 p-中心问题,需要求出哪个结点距离其它结点最大距离最短。

需做如下定义,结点的距离(距离其他结点的最大距离)如公式(1)所示:

$$d(u)=\max \{d(u,v),v \in V-\{u\}\} \quad \text{公式(1)}$$

网络 G 的中心是满足公式(2)的顶点 v:

$$d(v)=\min \{d(u),u \in V\} \quad \text{公式(2)}$$

具体算法:

Step0 在 V_s 点上标记 $L_{ss}=0$;

Step1 若点 V_i 已标记,转 Step4; 否则转 Step2;

Step2 令 S 表示所有已标记点, S' 表示未标记点, $V_j \in S'$, 计算 L_{sj} , 转 Step3;

Step3 令 $L_{sj}=\min \{L_{si}+d_{ij}, v_i \in S', v_j \in S'\}, S=S \cup \{v_j\}, S'=S'-\{v_j\}$, 转 Step1;

Step4 令 L_{st} 是所求的最短路长,反向追踪找到所有最短路径 $V_s \dots V_t$ 。

5.2 粗糙集理论

集合论是研究完整数据,确定信息之间的分类关系的,如果数据不确定,很难用现有的集合知识找到数据之间的关系。因此,补充粗糙集理论和决策系统,让学生理解集合模型在实际中的应用方法。

粗糙集是波兰理工大学 Z.pawlak 教授提出用来研究不完整数据,不精确知识的表达、学习,归纳等的一套理论,

被广泛应用于知识发现、机器学习、决策支持等领域,保持分类能力不变的前提下,通过知识简约,导出问题的决策或分类规则。考虑下面的决策信息系统 $S=(U,A,V,f)$ 是一个四元组,其中 U 是非空有限对象集,称为论域, A 是非空有限属性集。

探讨的例子见表 1。

表 1 决策信息系统的例子

病人	头痛 (c_1)	肌肉痛 (c_2)	体温 (c_3)	甲流
e_1	是	是	正常	否
e_2	是	是	高	是
e_3	是	是	很高	是
e_4	否	是	正常	否
e_5	否	否	高	否
e_6	否	是	很高	是

决策信息系统 $S=(U,A,V,f)$ 是一个四元组,其中 U 是非空有限对象集,称为论域。在本例中 $U=\{e_1,e_2,e_3,e_4,e_5,e_6\}$ 。 A 是非空有限属性集。 $A=\{c_1,c_2,c_3\}$ 。拿体温 c_3 这个条件属性为例: $U/c_3=\{\{e_1,e_4\},\{e_2,e_3\},\{e_5,e_6\}\}$, 如果 $X=\{e_1,e_2,e_4,e_5\}$, $X=X_1 \cup X_2=\{e_1,e_4\} \cup \{e_2,e_5\}$, X 是 c_3 精确集。如果 $X=\{e_1,e_2,e_4\}$, X 不能用 X_1, X_2, X_3 中的任何一个或者若干个组合构成,那么 X 是 c_3 粗糙集。

该问题结合离散数学集合论部分,在学生掌握了集合的概念,运算以及关系的定义、等价关系,集合的划分与覆盖之后作为知识补充给学生讲解。在基本集合理论的基础上,研究基于粗糙集的特征分类任务,了解集合论在科研领域的研究前沿。

6 探索多样化的教学方法

离散数学课程在教学过程中贯彻“教师为主导,学生为主体”的原则,采用启发、案例、讨论的上课模式,采用翻转课堂模式,提高学生的课堂参与感,充分调动学生的学习积极性。在讲授过程中运用“合作、探究、讨论、辩论、评价”的教学模式,充分体现以学生为主体,积极引导主动融入课堂教学,启发学生思考与解决问题,培养学生自主学习的能力。例如,在讲解邻接矩阵这一节时,问学生“能否根据周围人的工资水平,推算出你的工资水平呢?”“人和人之间的连接关系如果要抽象出一种数学模型,是怎样的一种模型呢?”“如果想把图这种数学模型用计算机来存储,怎样比较方便呢?”采用诸如此类的问题作为课程的开场白,充分调动学生的讨论热情,激发学生的思考,为引入后续的知识起到了良好的效果。

为了提高学生的参与感,采用“学习通”或者“雨课堂”等教学手段,随时设置抢答问题,让学生用手机来抢答,并将抢答结果记录为课堂积分。这样既能提高学生的参与感,让学生一直跟着教师的思路,不至于走神。也可以增加听课的成就感,从实际课堂积分中体会到学习的乐趣。教师也可以通过课堂积分及时了解学生的平时学习状态,有利于及时调整教学内容,关注有可能掉队的学生。

7 结语

将理论课与前沿科研内容相衔接,促进学生理论联系实际。使得学生摆脱“空中楼阁”式的定义定理和公式推导,知道知识的应用领域和应用方法,从而更能从主观上理解理论知识的重要性。实践内容注入理论课程,增加课程趣味性。在科研融入教学的过程中,适当布置动手实践作业,让力所能及的学生完成。既增加了课程的趣味性,又起到了带头引领作用,同时采用小组讨论、课上汇报的方式,让学生学习“入情入境”,激发学生的积极性。有利于培养学生的创新能力,注入科研灵魂。只有创新型人才才能推动中国经济高质量实现,才能实现科技强国战略,才能实现创新型国家。一味地照本宣科的讲述很难提高学生知识的留存率,更难实现创新性思维。科研融入教学促进学生的主动思维过程,对未知问题进行主动探究,激活想象力和创造力,主动寻找未知问题的答案,培养科研精神。

培养高质量人才、提高人才竞争力,是实现中国高质量发展的基本前提。党的二十大报告强调,“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”,高质量的教育、科技与人才之间互相依存、互相支撑、互为前提^[4]。在大科学时代背景下,本科教学应对于基础课程实现科教融合,提高学生学习基础课程热情和动力,为中国科技发展提供人才支撑。实现教育、科技、人才的正向循环,必须通过深化产教融合、推进科教融汇,不断提升原始创新能力和人才培养质量,开辟发展新领域新赛道、塑造发展新动能新优势。

参考文献:

- [1] 张海峰,程彩萍,王彬.科研融入本科教学的研究——以计算机在化学中的应用课程为例[J].高教学刊,2023,9(26):94-97.
- [2] 刘伟.基于人才强国战略的高等院校创新型人才培养路径选择[J/OL].现代教育管理:1-12[2023-10-26].
- [3] 武建鑫,罗云.新型文科研究型大学科教融合制度化的实践逻辑——基于单案例的探索性研究[J].新文科教育研究,2023(3): 115-128+144.
- [4] 唐晓伟.深化大科学时代产教融合科教融汇[J].新闻传播,2023(19):5.