

论研究生课堂教育与科研能力培养的错位*

袁 博

摘要:针对当前普遍存在的研究生课堂教育与科研工作脱节的现状,总结出知识的遗忘性和低效性两个核心问题。利用信息处理领域的研究成果,从知识的记忆、知识的应用和创造性思维培养三个方面进行了深入分析并给出了建议。结合具体教学示例,提出学有所得、学有所用和学以致用用的教学模式以及授人以鱼、授人以渔和授人以道的思维培养模式。

关键词:创造性;学习理论;课堂教育

作者简介:袁博,清华大学深圳研究生院培养处副处长,副研究员,深圳 518055。

钱学森先生提出过一个著名问题:“为什么我们的学校总是培养不出杰出的人才?”^[1]显然这是一个牵涉到整个教育体系的问题,很难直接给出一个简单的答案。在这里,我们可以先考虑一个密切相关的问题:“为什么我们的学校很难培养出创造性的人才?”众所周知,杰出人才应该具备很强的创造性,循规蹈矩、因循守旧、人云亦云的人不可能是杰出的人才。更进一步,我们认为培养创造性人才的必要条件是要让学生具备活学活用和独立思考能力。对知识的简单复制和全盘接受将会导致一个人思维的僵化,从学习理论的角度看,这样的—个认知系统即便具备很高的训练精度,其泛化推广能力也将会非常有限。本文将深入分析当前研究生课堂教育存在的问题,着重探讨如何在理工科研究生的课堂教学环节中培养学生的活学活用以及创造性思维能力,为培养高水平科研人才打下坚实的基础。

一、当前研究生课堂教育存在的问题

在作者多年的研究生培养经历中观察到两个典型的现象。首先是学生课程学习的广度和深度。以“985工程”高校信息类专业为例,四年本科学习通常要求完成170~200学分的课程,而作者曾学习和工作多年的澳大利亚昆士兰大学(世界排名60位左右)的相关专业每学期只要求修完4门课程,共计8个学分^[2]。从学分数看,我们的学习量约为对照高校的3倍。从课程深度而言,以数学为例,我们的学生

在本科阶段需要必修和选修的课程包括高等数学、线性代数、概率统计、数学分析、随机过程、离散数学以及复变函数等。对照高校的培养方案中则通常仅安排了6~8学分的数学类必修课程。在硕士和博士研究生培养环节,国内高校通常要求进行一年的课程学习,修完十门左右的课程,然而一些发达国家的研究型硕士和博士研究生甚至没有课程学习的要求。所以,从接受知识的角度,我们的学生应该掌握了更为全面和扎实的基础知识。同时,中国的研究生入学考试制度对学生的记忆和解题能力也提出了很高的要求。

但是与这种看似坚实的知识基础和长期训练下养成的解题能力形成鲜明反差的是学生科研能力的普遍不足。具体来说,首先是知识的遗忘性:学生对很多课程的印象已经非常模糊,即便是那些曾经取得过较为理想成绩的课程也是如此,用通俗的话来讲,就是把知识还给了老师。一门课程的价值如果仅仅停留在通过考试和获得学分,显然是对宝贵学习时间和教育资源的一种极大的浪费。

其次是知识的低效性:在学生的科研工作当中,往往不能充分体现出课程教学的成果。例如数学是所有工程类学科的基础,教学方法应当贯穿于科学研究之中。但是目前很少有学生能够在课题研究中展示出灵活运用数学工具进行深入分析的能力。简言之,在学生学习过的工具和实际需要解决的问题之间存在一个明显的鸿沟,导致学生不知道如何在

* 本文受清华大学深圳研究生院创新创业人才培养研究课题支持。

实际中去运用这些工具,甚至面对一个问题想不到有哪些工具可以有所帮助。

二、基于信息处理思想的辨析

我们面临的主要问题概括起来就是现有的课堂教学没有能够对学生后续的科研工作起到应用的促进作用,下面从三个方面来进行剖析。首先,一堂课可能包含十余个知识点,而一门课所要涉及的知识点可能有上百个,这对学生的认知能力提出了很大的挑战。认知心理学研究表明一个人在短期内能够记忆的信息单元一般在7个左右,而如果能够合理地利用单元之间的关系,将较短的单元集合成有意义的单元组(例如就记忆的负担而言“T”,“B”,“M”是三个单元,而“IBM”则是一个单元),可以被记忆的信息量能够得到显著提高^[9]。因此,我们认为导致知识的遗忘性的一个主要原因是知识的碎片化,即各知识点之间没有能够形成有效的关联,而是成为众多信息的孤岛(只见树木不见森林)。如果能将一门课程的知识点有机地联系起来并与其他课程的知识点互联互通,就可以起到融会贯通的作用,形成一张知识的网络而不是一盘散沙,从而提高学习的效率。

例如在面向对象的程序设计思想中,数量繁杂的对象通常可以通过继承(发掘相似性)和多态(寻找不同点)等方法从一个共同的父类上派生出来^[4]。利用精心设计的层次关系,可以有效提高程序的开发效率并对复杂系统进行分析与设计。同样,在课堂教学中,教师应该充分发挥触类旁通的作用,通过对比、分类和归纳帮助学生更好地组织知识点,发现其中的规律,将无序变为有序,提高学习兴趣。众所周知,兴趣是最好的学习动力,而兴趣的缺失是目前存在的一个普遍现象。事实上,学生通常依赖考前的突击复习来取得较为理想的成绩,而这种急功近利的短期行为对长久掌握知识所起到的作用是微乎其微的。

其次,知识的低效性主要是由于目前的课堂教学往往停留在知识本身的传递上,重知识点的掌握而轻知识点的应用,没有从根本上跳出灌输式教学的框架。例如学生可能需要花很大的精力去学习求解各种复杂的微积分问题和记忆各种概率统计公式

(拘泥于细枝末节),但是却忽视了学习的本质目标,即如何利用这些知识和技能去解决实际生活中的问题。事实上,从对书本知识的学习到在实践中运用知识再到能够解决未知问题,这中间的每一步都有着相当大的难度,教师不能想当然认为学生可以自然而然地跨过这些鸿沟。从另一个角度来说,学生在应用中能够对自身的知识进行检验并发现更多的问题,反过来促进对知识的学习,形成一个正反馈。例如在决策树模型的学习中,首先需要利用训练集生成一棵初始决策树(课堂学习的结果),然后根据所得到的决策树在校验集(应用问题)上的性能对模型进行剪枝(对原有知识进行修正和完善),从而提高模型在测试集(未知问题)上的表现^[9]。

第三,学生在课堂上通常完全依赖教师来传递知识(一个单向被动的学习过程),容易造成创造性的缺失。在机器学习理论中,学习可以分为懒惰学习、被动学习和主动学习三种模式。在懒惰学习中,学生只是简单记忆教师传授的知识,也就是我们常说的死记硬背。在被动学习中,学生能够从学到的知识中总结和提炼出一定规律,但还是要完全依赖教师来提供知识。在主动学习中,学生不仅具备总结和归纳的能力,更能够针对自身的学习情况,自主地提出个性化的问题,与教师进行积极的互动,显著提高学习效率。因此教师在课堂上,不仅要传授知识(知其然),还要讲授方法(知其所以然),更要引导学生进行积极思考,将学生从简单的知识记忆和重复训练中解放出来,着重于提炼解决问题的思想并进行推广和泛化,最终实现从已知世界到未知世界的跨越(创造力的体现)。

值得一提的是,随着科技的飞速发展和知识量爆炸式的增长,试图在有限的课堂上做到面面俱到的知识传授已经变得愈发不可行,而解决问题的思想则具有较好的传承性。因此在研究生课堂上应充分体现“典型案例+思想提炼”的教学模式,不是试图去灌输尽可能多的信息,而是努力去启迪学生的思想,激发创造的灵感。同时,目前的课程考核体系多数还是标准化的作业和考试,使学生习惯于简单记忆和输出所谓的完全正确和一致的答案。事实上,学生在今后的科研中所面临的很多问题恰恰是没有标准答案的,这就会让学生感到茫然和束手无

策,造成“高分低能”现象。这一问题在机器学习理论中可以用“过学习”或“过拟合”来刻画,通常是由于对学习对象简单记忆或生硬模仿造成的。简言之,如果在训练集上个体 A 的误差低于个体 B(考试成绩好),但是在测试集上个体 A 的误差高于个体 B(解决新问题的能力差),那我们就认为个体 A 出现了过学习现象。

三、活学活用与创造性思维培养

在第一个例子中,我们以“斧头”为学习对象说明如何达到活学活用的效果。课堂教学首先要实现学有所得的目标,即让学生了解诸如什么是斧头、斧头的基本组成部分、斧头的制作流程以及如何评价一把斧头等知识点。同时,要通过回忆和关联之前的学习对象如“锯子”来强化对已有知识的理解。通过展示它们在不同层面的异同点,建立起这两个概念之间有机的联系,消除知识孤岛。其次,通过介绍斧头的各种实际应用如伐木让学生明白斧头的具体用途,实现学有所用的目标。最后为了达到学以致用目的,需要带领学生用斧头去制作一个有现实意义的物品,让学生不仅学到了知识,更深刻领会到所学知识对现实世界所能够带来的影响和改变。这样的实践锻炼可以看作是以学生为出发点的一种具有较强个性化的主动行为,不但可以增强学生的学习热情和自信心(来源于对知识的驾驭感和对技能应用的成就感),也有助于学生对知识长期的掌握(学生脑海中存在的不仅是关于斧头的抽象的书面描述,更是一些亲身经历过的实例),降低知识的遗忘性。

在第二个例子中,我们将展示如何培养学生的创造性思维。首先,学生得到的是教师捕捉到的鱼(授人以鱼)。之后,老师要告诉学生鱼的来源(教人以渔)。例如鱼是被一种称为渔竿的工具捕获的而渔竿是由长而有弹性的竿子、细而坚韧的渔线、锋利的渔钩以及鱼饵共同组成的。当学生掌握了渔竿的原理和制作工艺之后就可以自主进行捕鱼(涉猎更广泛的知识),在一定程度上摆脱了对教师的依赖。但是在这个阶段,学生并没有体现出创造性,因为关于渔竿本身的知识依然是由教师传授的。因此,当外界环境发生改变,没有创造性思维能力的学生将无法很好地适应。

例如,当发现有老鼠出没时,如何用学到的知识去解决这个新出现的问题?有两种可能的选择:用鱼竿去捕鼠或者向老师求教。显然,第一种方法于事无补(对新事物不能生搬硬套老方法),而第二种方法则直接依赖于教师。在培养学生创造性思维的课堂上,教师不应仅停留在讲授鱼竿的原理,更应该引导学生思考鱼竿钓鱼的机理和背后蕴含的普适原理(传人以道)。例如学生可以从鱼竿的结构和使用技巧中总结出捕获猎物的一般性思路:吸引猎物进入有效范围+对猎物的行动进行限制。然后,根据老鼠与鱼的不同对现有工具进行合理改进和演化。例如,由于老鼠和鱼的食性不同,所以不能用一般的鱼饵来吸引老鼠。同时,老鼠和鱼的进食方式不同,所以不能用鱼钩而应考虑笼子或夹子等方式对其进行控制。最终,学生能够基于教师传授的关于鱼竿(已有事物)的知识独立设计出可以捕鼠的器具(新事物),从而实现了创造性思维的培养。

四、课程教学示例

在本节以作者讲授的“数据挖掘:理论与算法”课程(曾获清华大学研究生课堂教学评估并列第一名)为例,说明如何将上述教学理念贯穿于实际教学。选修该课程的学生来自6个一级学科,学生的专业背景和理解能力差别较大,给授课教师提出了很大的挑战。从关于聚类分析的一次课程的内容组织中可以看出(图1),虽然在90分钟内涉及包含6个聚类算法在内的十余项教学内容,但各知识点环环相扣,通过递进或对比逐个展开,不仅能够诱导学生对细节问题展开积极思考(如某一算法的核心思想和固有的优缺点),而且使学生头脑中始终能够保持清晰的宏观认识,对各算法之间的关联有较好的把握,有效提高了课堂教学效果,也激发了学生从事相关领域科学研究的热情。在历次教学评估中,本课程在“讲课思路清晰,重点、难点突出”,“注重学生创新意识和科学研究能力的培养”以及“学习本门课程后有收获”等指标上一直名列前茅。

该课程的具体教学过程如下:

(1)通过生活中的“物以类聚,人以群分”现象,让学生对聚类问题有一个直观的认识(从形象具体事物出发,明确学习对象);

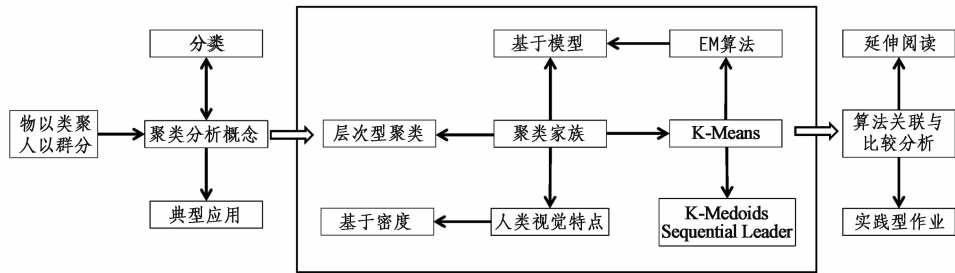


图1 “聚类分析”教学内容组织流程

(2)与前几次课讲授的分类算法进行对比,让学生深刻领会到聚类和分类的区别,同时巩固之前的教学内容(知识点的外部关联);

(3)介绍聚类算法的典型应用,突出知识的重要性,激发学生的学习兴趣(学有所用);

(4)介绍聚类算法的划分,建立知识框架,让学生明白后续所介绍的每个算法在聚类体系中的位置和相互关系(知识点的内部关联);

(5)介绍经典的 K-Means 算法,分析其适用场合和固有缺陷(授人以鱼);

(6)引导学生讨论 K-Means 算法对离群点敏感的原因,引出 K-Medoids 算法(教人以渔);

(7)针对上述算法需要多次迭代且需要预设参数 K 的问题,介绍 SLC 算法(授人以鱼);

(8)针对需要对数据的分布进行估计的场合,介绍基于模型的聚类算法(授人以鱼);

(9)通过回顾 K-Means 算法,帮助学生理解用于求解混合高斯模型的较为抽象的期望最大算法的核心工作原理(知识点的内部关联、教人以渔);

(10)针对上述算法处理非线性聚类模式所遇到的困难,介绍人类视觉的特点,启发学生思考如何设计基于密度的聚类算法(传人以道);

(11)介绍不同尺度下的聚类问题,引出层次型聚类算法,以地图上城市之间的相互关系为例说明算法的工作原理(授人以鱼);

(12)梳理本次课程所介绍的各项技术,特别强调算法之间的关联和比较(知识点的内部关联、学有所得);

(13)介绍聚类领域的经典和延伸阅读文献并对课堂上未涉及的算法的核心思想进行简明扼要的阐述,进一步拓宽思路(传人以道);

(14)在课后作业中,以图像分割这一具有广泛

实际应用的问题为例,要求学生利用所学知识实现基于聚类的图像分割,并对不同算法的性能进行比较(学以致用)。

五、总结与建议

课堂教学与科研工作的脱节是目前研究生教育中广泛存在的一个亟待解决的问题。客观上来看,我们的研究生课堂教学很多情况下只是本科课堂的简单延伸,并没有发挥出培养学生创造力和激发学生科研潜能的作用。值得注意的是,一门不成功的研究生课程有可能会影响一批学生对某一领域研究工作的学术志趣或导致他们在这一领域技能的不完备。本文尝试从知识的学习、知识的应用和创造性思维的培养三个方面对这一现状进行了深入分析,借助信息处理领域的思想,指出导致知识的遗忘性和低效率的主要因素并给出了相应的建议。通过具体的教学示例,提出“学有所得”、“学有所用”和“学以致用”的教育模式,激发学生的学习兴趣,达到活学活用的目标。同时,倡导“授人以鱼”、“授人以渔”和“传人以道”的创造性思维培养模式,强调教学过程中对学生思维层面的引导和启发,以期研究生后续的科研工作提供坚实的保障。

参考文献

- [1] 傅国亮.“钱学森之问”的启示[J]. 教育研究,2009(12): 11-12.
- [2] 昆士兰大学各专业培养计划[EB/OL]. [2013-11-30]. <http://www.uq.edu.au/study>.
- [3] EYSENCK M, KEANE M. 认知心理学[M]. 4版. 上海:华东师范大学出版社,2003.
- [4] 董正言. 面向对象程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [5] DUDA R, HART P, STORK D. 模式分类[M]. 2版. 北京:机械工业出版社,2003.

(责任编辑 刘俊起)