

Teaching Practice of Data Structure Based on Flipped Classroom

Qin Zhang

School of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China.

cszhangq@scut.edu.cn

Abstract. *Flipped Classroom* highlights the students as the center of the learning concept. Students can follow their own rhythm and learning methods to learn, independently arrange their own study time. The key of *Flipped Classroom* is the recording of the teaching video, the set of exercises in the video, and how to apply knowledge solve practical problems. In this paper, the reform of the teaching mode of *Data Structure* is carried out. The specific process and steps of *Flipped Classroom* are explained for the algorithm of merge sort. The teaching mode of *Flipped Classroom* enhance the students' learning attention, improve the students' interest in the course. It has played an important role in promoting teaching.

Keywords: Flipped Classroom; Data Structure; teaching; video.

基于翻转课堂的数据结构教学实践

张琴

华南理工大学计算机科学与工程学院, 广州 中国

摘要: 翻转课堂突出以学生为中心的学习理念, 学生可以按照自己的节奏和学习方式进行学习, 自主地安排学习时间。翻转课堂的关键在于教学视频的录制、视频中习题的设置、知识点的内容如何运用到解决实际问题中。文章对数据结构课程实施翻转课堂的教学模式改革, 以归并排序为例, 讲解了翻转课堂的具体流程和步骤。翻转课堂的教学模式提升了学生的学习注意力, 提高了学生对课程的兴趣, 对教学起到了重要的促进作用。

关键词: 翻转课堂; 数据结构; 教学; 视频

1. 前言

数据结构是计算机科学中的一门重要的专业基础课, 这门课旨在培养学生解决实际问题的能力, 提高学生的编程能力。数据结构教材的主要内容多年来一直没太大的变化, 任课教师需要在教学方法、教学手段上进行改革, 以提高学生的学习兴趣, 增强学生的学习效果。

翻转课堂是从英语“Flipped Classroom”翻译过来的术语, 是一种新型的教学模式。传统的教学模式是老师在课堂上讲课, 布置家庭作业, 让学生回家练习。翻转课堂是翻转了知识传授和知识内化的传统学习过程, 把对知识点和概念的学习放在课前, 把课堂变为老师和学生之间解答疑惑、操作实践、汇报讨论的互动场所。通过翻转课堂, 教师可以重新对课堂时间的使用进行规划, 从而达到更好的教学效果。^[1]

从 2001 年麻省理工学院 (MIT) 的开放课件项目 (Open Course Ware Project, 简称 OCW) 开始, 著名大学的视频公开课、可汗学院微视频、TED 教育频道的视频等优质的教学资源被互联网广为传播, 成为信息时代人们学习知识的新途径, 也促进了翻转教学模式的发展。

对于数据结构课程, 最近几年, 国内的各大名校纷纷推出了大规模开放在线课程 (Massive Open Online Course, 简称 MOOC)。例如, 2013 年秋和 2014 年春, 清华大学计算机系副教授邓俊辉分别在学堂在线和 EDX 平台面向全球开设《数据结构》MOOC 课程, 选课学生累计 3 万人。2014 年秋, 北京大学在 EDX 平台开设了《数据结构与算法》MOOC 课程, 有信

息科学技术学院的 300 多名本科生利用该平台学习。其中，张铭教授采用翻转课堂教学法，要求学生提前学习，上课讨论，课堂时间减半。

目前，课题组的老师们已经做好数据结构教学的网站，完成了教学视频的制作，设置了教学内容预习时的练习题。在此基础上，如何通过翻转课堂的教学模式，将教材上的内容有机地融合起来，让学生对于知识的学习能够更加系统化，是教师要重点关注的。

2. 教学改革

笔者所在课题组的老师们依托数据结构省级精品课程平台，对课程教学进行了多方面的改革。例如，参考美国计算机协会（Association of Computing Machinery，简称 ACM）举办的国际大学生程序设计竞赛（International Collegiate Programming Contest，简称 ICPC）模式，采用在线评测（Online Judge，简称 OJ）系统进行实验，把每次实验课变成一场比赛。每个同学都能在做题过程中看到自己的排名情况，每个程序提交后，系统使用测试数据自动测试，及时反馈运行的结果给学生。通过这项改革，提高了学生上机实践的能力。^[2]实验环节的改革初见成效，接下来希望通过翻转课堂的教学模式对课堂教学进行改革探索。

2.1. 教学视频

传统的教学模式里，教师在课堂中担任了主角，学生属于被动地接受知识，很难保持课堂上四十五分钟集中精力地听课。互联网时代，网络无处不在，大学生习惯用手机上网。如果把课堂教学的知识点录制成教学视频，放置在网上，就可以让学生自主决定学习的时间和方式，将课外的碎片化时间充分利用。

翻转课堂的教学视频根据内容的不同，短的只有几分钟，长的也只有十几分钟。视频针对数据结构的某一知识点进行讲解，方便学生查看。视频不仅可以反复播放，还有暂停功能。学生可以针对视频中的问题，向老师提问。对于编程能力较差的同学来讲，有了更多的时间消化难点内容，实现了个性化教学。

传统的教学录像是在老师讲课时将整个讲课的过程录制下来，中间没有停顿，不便于学生按知识点来学习。而翻转课堂的教学视频侧重于教学内容的展示，并在中间设置了相关习题，要求学生回答正确才可以继续学习后面的内容。这种模式提高了学生的注意力，通过习题来控制学生自主学习的进度。

2.2. 小班教学

我校计算机学院一个班级的人数一般在 70 人左右，班级规模较大，学生的课堂参与度受到限制。翻转课堂模式下学生的学习方式发生了重大变化，需要在课堂上与老师以及其他同学进行充分交流。目前采取的方法是根据学生的学习程度，将一个班拆分成两个小班进行翻转课堂的教学，上课分单双周进行。学生有一半的时间用于自主学习，另一半的时间在课堂上进行思考和讨论。

在翻转课堂的教学模式中，老师由单一的知识传授者变成了学习的推进者，学生成为了学习过程的中心。课前，教师需要根据进度来安排学生学习的内容，并根据学生所做的习题来判断学生对知识的掌握程度。课堂上，将小班的学生分为多个小组，每组 4-5 人。小组的成员之间采用对话、讨论等方式对于所研究的问题进行论证，提出多种解决方案。任课教师需要给出及时的指导，帮助小组做出合适的决策。课后，通过学生的上机实验情况反馈，教师还需要对后续课堂活动做出调整，使之更具有针对性。

2.3. 评价体系

在传统的教学模式下，由于期末考试成绩在总评成绩中所占比重很高，导致不少学生“轻学重考”，只求机械记住书中的内容，不求甚解。而在翻转课堂的教学模式下，需要强调学生在整个学习过程中的表现。翻转课堂中的评价体系由教师、助教、小组成员以及学生本人共同完成，老师根据平时课前学习的情况给予定量评价，学生对自己进行评价，小组成员之间互评，得出定性评价。通过评价体系的改革，学生对课程学习的参与度明显提高，有效促进了翻转课堂改革的效果。

3. 教学实例

以数据结构英文版教材《Data Structures and Algorithm Analysis in C++(Third Edition)》^[3]第七章的归并排序算法为例，介绍翻转课堂模式运用于教学的过程。

归并排序算法需要掌握以下四个方面：(1)归并排序的算法思想；(2)数据结构的组织方式；(3)归并排序的程序实现；(4)归并排序的算法复杂度分析。教学的重点是掌握归并排序的程序实现，教学的难点是时间复杂度的分析。

3.1. 课前教学设计

3.1.1 归并排序的算法思想

教学视频中通过动画的演示，让学生明白归并排序“分而治之”的算法思想。这个阶段的动画，并不演示具体的归并如何实现。

此阶段设计的问题也很简单，是一道选择题，同学们只要选出“分而治之”的英文表达“divide and conquer”即可进入下面的学习。

3.1.2 数据组织和归并排序的算法实现

教学视频中以数组为示例，演示归并排序中的重要环节——“归并”是如何实现的。画面的左侧显示动画，右侧显示程序段的执行。

此阶段设计的问题是请同学们思考用链表来组织数据，和数组的组织形式相比，有何优缺点。同学们选对“所花时间更多，所花空间更少”即可继续往下学习。这个题目稍难，但当有同学选错时会弹出提示——链表需要寻找后半部分的第一元素指针，而数组需要双倍的空间。

3.1.3 归并排序的算法复杂度分析

归并排序的空间复杂度分析，在第二阶段已经有涉及，这里不再多叙。重点在于时间复杂度的分析。教学视频中借助第五章所讲的二叉树，通过图示的方法，让学生理解归并排序递归的总次数，每次归并所要扫描的元素个数。

此阶段设计的问题是关于二叉树的层次的计算。要求学生根据教学视频的演示，自己计算出归并排序的递归次数。如果教学视频看懂了的同学，这个问题是很容易回答的。如果回答错误的同学，需要返回到这一段教学视频的开头，仔细观察递归的情况。

3.2. 课中教学设计

在课堂上，教师首先将归并排序中的两个关键点（归并的实现、递归的次数计算）进行讲解。然后，根据课前学生在线做题的情况，进行针对性地讲解。接下来，布置一道题目，让同学们分小组进行讨论。

题目：一个长度为 $L(L \geq 1)$ 的升序序列 S ，处在第 $\lceil L/2 \rceil$ 个位置的数称为 S 的中位数。例如，若序列 $S_1 = (11, 13, 15, 17, 19)$ ，则 S_1 的中位数是15。两个序列的中位数是含它们所有元素的升序序列的中位数。例如，若 $S_2 = (2, 4, 6, 8, 20)$ ，则 S_1 和 S_2 的中位数是11。现有两个等长升序序列 A 和 B ，请设计一个在时间和空间两方面都尽可能高效的算法，找出两个序列 A 和 B 的中位数。

在学生们进行小组讨论时，教师会在各组之间游走，旁听一些同学的发言，并适时给出一些建议。讨论完毕，教师会在每组随机选一个同学，代表本组上台讲解算法思路。有的小组采取了最简单的办法，将两个序列合并为一个长序列，然后用学过的简单排序算法进行排序，排好序之后再直接访问中位数。这种方法简单不易错，但没有观察到题目所给序列的特殊性，使得时间复杂度为 $O(n^2)$ ，时间效率不够高。有的小组直接套用了基于数组的归并排序算法，时间复杂度为 $O(n \log_2 n)$ ，没有留意到序列 A 和 B 已经排好序的前提。有的小组发现序列 A 和 B 已经为升序序列，直接调用归并排序中的一趟归并操作，使得时间复杂度降为 $O(n)$ ，但空间复杂度也是 $O(n)$ ，使用了辅助数组，空间效率不够高。在老师的提醒之下，同学们发现其实并不需要辅助数组空间，因为题目的要求只是找出中位数，而不需要对所有的元素进行排序，只要设置一个变量来记录中位数即可，这样，空间复杂度就降为了 $O(1)$ 。

通过对这个题目的思考和讨论，同学们的解题思路开阔了，能够对所学的归并排序算法活学活用，不再只是生搬硬套。老师对同学们还做了进一步的提示：这道题的最佳时间复杂度是 $O(\log_2 n)$ ，空间复杂度是 $O(1)$ 。希望有兴趣的同学进一步思考该如何编程实现。

在排序这一章节的上机实验中，教师把这道题改编为 ACM/ICPC 风格的竞赛题，让同学们编写 C++ 程序提交到 OJ 系统中去，时间复杂度为 $O(n^2)$ 或 $O(n \log_2 n)$ 的程序将无法运行通过。

4. 结论

基于翻转课堂的数据结构课程教学，改变了以教师为中心的传统，突出以学生为中心，提倡个性化的教学方式。在课堂上，通过分组讨论，增强了学生的团队意识，培养了学生的创新能力。

翻转课堂的教学模式在中国高校的教学中运用的时间不长，学校和教师都处于摸索阶段。本文以数据结构中的归并排序为例，进行了翻转课堂的探索。随着移动互联网的普及，翻转课堂日益受到学生的欢迎，可以作为传统教学模式的重要补充。这种教学模式对于促进学生学习的有效性方面有待进一步通过教学大数据去分析和验证。随着翻转课堂的探索不断进行，老师们获得的经验会越来越多，这种教学模式将会发挥越来越大的作用。

References

- [1]. Zhang Jinlei, Wang Ying, Zhang Baohui. Introducing a new teaching model: Flipped Classroom. *Journal of Distance Education*. Vol. 30 (2012) No. 4, p. 46-51.
- [2]. Qin Zhang. Experimental reform of Data Structure based on ACM competition pattern. *Computer Education*. (2014) No. 15, p. 28-30.
- [3]. Clifford A. Shaffer. *Data Structures and Algorithm Analysis in C++(Third Edition)*. Publishing House of Electronics Industry, 2013, p. 241-244.