

面向工程教育认证的《算法设计与分析(双语)》 课程改革探索

陈莹

北京信息科技大学计算机学院, 北京

收稿日期: 2022年4月8日; 录用日期: 2022年4月21日; 发布日期: 2022年4月28日

摘要

工程教育认证倡导将基于产出教育的理念贯穿于教育的全过程, 实现人才培养。本文面向工程教育认证, 以学生为中心, 以学生成果为导向, 进行《算法设计与分析(双语)》课程教学改革。针对该课程在以往传统教学中的不足, 从以下三个方面进行教学改革探索: 1) 教学目标改进。根据专业培养目标, 分解毕业要求, 改进该课程教学目标以及和毕业要求指标的支撑关系和矩阵。2) 教学内容改革。根据教学培养目标, 围绕学生能力培养, 反向设计并改进该课程教学内容。3) 改进多样化教学方式, 设计了线上线下混合式、话题讨论、课堂互动答题、案例式等多样化的教学方式。

关键词

工程教育认证, 算法设计与分析, 教学目标改进, 教学内容改革, 多样化教学方式

Study on Curriculum Reform of “Algorithm Design and Analysis (Bilingual)” for Engineering Education Accreditation

Ying Chen

School of Computer Science, Beijing Information Science and Technology University, Beijing

Received: Apr. 8th, 2022; accepted: Apr. 21st, 2022; published: Apr. 28th, 2022

Abstract

Engineering education accreditation advocates the concept of outcome-based education throughout the whole process of education to achieve talent training. The curriculum reform of “Algorithm

Design and Analysis (Bilingual)” is carried out for engineering education accreditation, which is student-centered and student-oriented. In view of the shortcomings of the course in the past traditional teaching process, the curriculum reform is explored from the following three aspects: 1) Improvement of course objectives. According to the major training objectives, the graduation requirements are decomposed, and the supporting relationship and matrix of the teaching objectives and requirements are improved. 2) Reform of course content. According to the course objectives, the course content is designed and improved around the cultivation of students’ ability. 3) Improved diversified teaching methods. A variety of teaching methods such as online and offline hybrid method, topic discussion, classroom interactive answering, case study are designed.

Keywords

Engineering Education Accreditation, Algorithm Design and Analysis, Improvement of Teaching Objectives, Teaching Content Reform, Diversified Teaching Methods

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国于 2013 年加入“华盛顿协议”成为其预备成员国，并于 2016 年成为其正式成员国，标志着我国高等工程教育迈出与国际接轨的重要一步[1]。通过专业认证获得国际实质等效标准下的办学资质认可。华盛顿协议即国际本科工程学位互认协议，确定了工程专业学生的 12 条毕业要求，包括工程知识、问题分析、解决方案的设计、现代工具使用、环境与可持续性、个人与团队合作、项目管理等[2]。笔者所在计算机学院自 2014 年开始实施工程教育专业认证相关工作，其中网络工程、软件工程和计算机科学与技术专业已顺利通过工程教育认证。

面向工程教育认证中“国际交流合作能力培养”方面的要求，申请人所在学院开设了“算法设计与分析(双语)”课程。为更好落实工程教育认证，提高本专业培养学生的质量与能力，本着持续改进的原则，本课程从教学目标改进、教学内容改革和多样化教学方式改进几个方面出发，进行课程教学改革探索。

2. 课程现状与问题

在本课程传统教学中，教学内容存在于教学目标之前并占据主导地位；而在工程教育认证的理念下，学生预期学习产出为代表的教学目标先于教学内容存在，课程内容的制定以及教学过程的实施都是围绕着教学目标展开。因此，本课程改革首先要解决“算法设计与分析(双语)”课程目标制定并改进的问题。需要从专业培养目标出发，根据毕业要求，制定并改进课程目标，并得到课程目标与毕业要求指标点的关联关系以及支撑矩阵。

此外，以往的课程内容制定先于课程目标制定，并且教学活动往往通过单一的教师授课开展；而在工程教育认证背景下，教学内容的设计以及教学活动的实施需要立足于课程培养目标，支撑课程培养目标，并体现以学生为中心的特点。

3. “算法设计与分析(双语)”课程教学改革

(一) 课程教学目标改革

工程教育认证倡导将基于产出的教育(Outcome-based Education, OBE)的理念贯穿于教育的全过程，

实现人才培养。将各个教学要素和环节联系在以学生为中心的网络中，共同支撑教学整体，实现一个以教学培养目标为导向、以学生为中心、切实支撑教学目标达成的教学模式与体系。具体的，根据专业培养目标(即学生毕业五年左右通过工程或社会实践达到的预期能力)，分解毕业要求，得到课程教学目标以及和毕业要求指标的支撑关系和矩阵。

工程教育认证的核心是以学生为中心，要求“定义学习产出”，制定教学目标。课程教学目标既规定了通过课程学习，学生应获得的学习成果；同时也是工程教育认证背景下的教学质量和产出标准。本课程改革针对“算法设计与分析(双语)”课程，研究围绕本专业的培养目标，立足于学生毕业要求的达成，改进课程的教学目标，以及课程教学目标与毕业要求指标点的支撑矩阵。

本课程拟支持本专业学生的培养目标如下：

1) 培养目标 1: 具有较高的科学和专业素养，能够在软件工程领域实践中熟练应用数学、自然科学、工程基本原理和软件工程的理论、技术、工具和方法解决复杂软件工程问题，具有较强的技术创新能力和国际化意识，能够胜任软件开发和应用行业中的高级软件技术和管理工作；

2) 培养目标 2: 具有较强的自主学习和终身学习的能力，能够适应软件行业的快速发展。

根据课程支撑的培养目标，设计课程支撑的毕业要求。本课程一共支撑 4 个毕业要求，在此基础上，分解课程支撑的毕业要求指标点，设计本课程的 4 个教学目标。具体的，课程教学目标、支撑的毕业要求和毕业要求指标点的对应矩阵如表 1 所示。

Table 1. Supporting matrix of course teaching objectives, graduation requirements and graduation requirements index points
表 1. 课程教学目标、毕业要求与毕业要求指标点的支撑矩阵

课程教学目标	支撑的毕业要求	毕业要求指标点
教学目标 1. 能够采用数学模型方法，分析问题的解，并估算算法的时空复杂性。	毕业要求 1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂软件工程问题	1.3 能够将相关知识和数学模型方法用于推理、分析复杂软件工程问题
教学目标 2. 能够理解算法概念，掌握经典算法的设计思想。针对不同的问题，能够设计有效的算法。	毕业要求 3. 设计/开发解决方案：能够设计针对复杂软件工程问题的解决方案，设计、开发满足特定需求的可重用软件模块/组件或软件系统，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素	3.2 能够针对特定软件需求，完成软件模块/组件的设计、实现和测试
教学目标 3. 能够基于经典算法思想，分析问题的特征，设计实验方案，解决科学研究与实际应用中所遇到的基本问题。	毕业要求 4. 问题研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂软件工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论	4.2 根据问题的特征，选择研究路线，设计实验方案
教学目标 4. 能够针对问题，使用英语进行口头、书面等方式进行沟通与交流。	毕业要求 10. 沟通：能够就复杂软件工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令，并具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行沟通和交流	10.3 具备跨文化交流的语言和书面表达能力，能就复杂软件工程问题，在跨文化背景下进行基本沟通和交流

(二) 课程教学内容改革

面向工程教育认证，以课程教学目标作为指导，反向设计恰当的教学内容。针对该双语课程，根据教学培养目标，围绕学生能力培养，设计双语课程教学内容，以更好支撑课程教学培养目标，有效帮助学生实现课程教学目标预期的学习成果。针对双语课程授课学时不低于 50%的要求，设计以英文为主的

课程教学内容。立足于课程教学目标，恰当选择并合理组织英文教学内容，并针对选定的教学内容进行模块划分，精细化设计各模块内容。

该“算法设计与分析(双语)”课程一共 32 学时，包括 24 学时的理论授课与 8 学时的实验。其中，24 学时的理论教学内容，首先安排算法概述的教学内容。算法概述中，将介绍算法与程序的区别，并且重点介绍算法的时间复杂度与空间复杂度；同时，讲解时间复杂度的渐进表达式。本部分的教学内容，重点难点是算法的时间复杂度的分析与估算。本部分教学内容支撑课程目标 1 和课程目标 4。

算法概述之后，将分别介绍五大类非常经典、实用的代表类算法设计方法，分别是递归与分治策略、动态规划、贪心算法、回溯法和分支限界法。在递归与分治策略这部分，将讲授递归与分治的联系与区别，强调分治法的基本思想，并且以大整数乘法、合并排序和快速排序为案例，讲授经典的分治算法求解问题。在动态规划这一部分，将讲授动态规划算法的基本要素，包括最优子结构与重叠子问题，引导学生分析动态规划与分治法的区别与联系；并且以最长公共子序列、流水作业调度和 01 背包问题为案例，讲授动态规划算法求解问题。接着，讲授贪心算法，包括贪心算法基本要素和理论基础；以活动安排问题、最优装载问题、多机调度问题为案例讲授贪心算法求解问题，并在本部分将贪心算法与动态规划进行对比，巩固学生所学知识。最后，讲授回溯法与分支界限法，讲授这两种算法的基本框架与求解步骤，并以装载问题、01 背包问题和旅行售货员问题为案例进行授课。这五大部分的教学内容，均支撑课程目标 1~4。

实验部分包含两个实验内容，即动态规划算法应用与贪心算法应用。两个实验均为设计型实验。需要学生以个人为单位，独立设计算法，并且编写代码实现算法，验证所设计的算法和编写的代码，并要求能够分析和估算算法的时间复杂度。

(三) 课程教学方式改革

工程教育认证追求教学培养目标与教学活动的一致性，并且重视和强调“反向设计”，将反向设计理念贯穿于教学始终。针对“算法设计与分析(双语)”课程，反向设计并改进多元化的教学方法。算法课程本身具有一定的抽象性与理解和学习的难度，双语授课更加增加该课程的难度。而目前该双语课程设置的学时数相当有限。因此，本双语课程设计了线上线下混合式教学方法[3] [4]。在线上，提前发布课程的部分内容，指导学生提前预习上课内容。并且，在授课前，在线上发布一些小测试。线上发布的小测试，可检查学生预习的效果，督促学生预习课程内容，减少学生偷懒的情况。同时，通过线上发布的小测试，挖掘学生在预习过程中遇到的难点问题。针对学生的难点问题，在线下的授课过程中，重点讲授，并通过课堂反馈的方式，再次检验学生的难点问题是否得到解决[5]。

同时，面向工程教育认证，充分考虑本专业本科生的学习特点，分析可能影响学生学习效果的痛点问题，设计并改进教学方法和策略。在教学过程中，引入话题讨论、课堂互动答题、案例式等多元化、多样化的教学方法[6]。

以话题讨论为例，在授课过程中，可引导全体学生针对如下话题进行讨论：“你认为学习好《算法设计与分析(双语)》这门课程，有什么意义？”、“你认为在未来的学习或者工作中，会在哪些方面涉及到算法？”、“你期待从本门课程中，学习到哪些知识？有哪些知识，你希望教师重点讲授？”等。通过话题讨论，一方面，可提高学生的互动，引导学生融入课堂，避免学生分心。另一方面，了解学生的需求，落实以学生为中心的理念，更好满足工程教育认证的要求。

此外，在教学过程中，始终引入案例式的教学方式[7] [8]。算法本身具有相当的难度，并且算法是相对抽象的。因此，在授课过程中，从具体的问题出发作为切入点，利用真实的案例进行举例说明。使得学生在学习过程中，更加容易结合实际生活中的例子，发掘计算机能解决的问题。更容易理解和掌握相关的算法求解问题的具体步骤，进而再对算法进行总结和分析，巩固算法的设计思想和基本的框架。因

此,采用案例法帮助学生体会算法求解实际问题的思路,并整理和归纳对应的算法的求解步骤,更好地提高学生解决实际问题的能力。以动态规划算法的教学过程为例。在动态规划的教学过程中,引入“最长公共子序列”的经典问题。而“最长公共子序列”问题,可由实际生活中,DNA 比对、亲子鉴定等典型案例引入。再如,分治算法的教学过程中,可讲授“二分查找”问题。而“二分查找”问题,可由实际生活中,“给定 1~100 之间的某个数,猜测该数为多少”作为案例讲授。总之,采用案例法的教学方式,引导学生将抽象的算法与实际生活中的问题联系起来,并帮助学生由浅入深、体会算法求解实际问题的思路和步骤,最终掌握算法方法,并应用算法的方法解决实际问题。

4. 结语

面向工程教育认证,本课程从教学目标改进、教学内容改革、多样化教学方式改革几个方面出发,进行了课程教学改革。首先,根据专业培养目标,分解毕业要求,改进课程教学目标以及毕业要求指标的支撑关系和矩阵。其次,针对该课程,以课程教学目标作为指导,反向设计并改进教学内容,并改进课程教学内容与教学目标的对应关系矩阵。接着,设计并改进多元化的教学方法。算法课程本身具有一定的抽象性与理解和学习的难度,而课程学时数又相当有限。对此,该课程改进了教学方式,设计了线上线下混合式、话题讨论、课堂互动答题、案例式等多元化、多样化的教学方式。在今后的教学工作中,笔者将本着持续改进的原则,继续对本课程的教学进行不断改进。

基金项目

本文系北京信息科技大学教改基金资助项目(2022JGYB18)的研究成果。

参考文献

- [1] 李志义,赵卫兵.我国工程教育认证的最新进展[J].高等工程教育研究,2021(5):39-43.
- [2] 仲照琳,杨勇,姜芙林,梁鹏.工程教育专业认证背景下的《金属工艺学》课程教学改革探索[J].创新教育研究,2021,9(1):123-128. <https://doi.org/10.12677/CES.2021.91021>
- [3] 张威,王丛佼,迟长春,孙兵.《电力系统暂态分析》线上线下混合教学模式探索与实践[J].创新教育研究,2021,9(6):1658-1663. <https://doi.org/10.12677/CES.2021.96276>
- [4] 王亚伟,张厚,朱莉,高向军,田超.面向工程应用的《微波技术与天线》课程线上线下混合式教学模式探究[J].创新教育研究,2020,8(6):922-926. <https://doi.org/10.12677/CES.2020.86151>
- [5] 施江勇,刘强,解培岱,赵文涛,王勇军.基于线上线下混合的计算机系统安全课程实验教学设计[J].计算机教育,2021(5):9-12.
- [6] 袁涛,申哲民,程金平.综合运用多种教学方法提升环境化学差异化教学品质[J].高等工程教育研究,2021(S1):39-42.
- [7] 李大威,艾欣.数据分析与机器学习课程的案例式教学改革[J].实验室研究与探索,2021,40(2):186-190.
- [8] 陈颖,陈红迂,潘晶雯.案例式教学在力学课程教学中的探索与实践[J].机械设计,2018,35(S2):354-356.