

Practice and Exploration of MATLAB Teaching for Hydrology Major with Engineering Education Accreditation

Yuanyuan Yang, Haijing Xiong, Xiaoyu Song, Fang Wei, Yimin Wang, Qiang Huang

Faculty of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology,
Xi'an Shaanxi
Email: 362367714@qq.com

Received: Dec. 12th, 2019; accepted: Dec. 27th, 2019; published: Jan. 3rd, 2020

Abstract

For the undergraduate education of hydrology and water resources engineering, MATLAB course is of great value for achieving its standard of Engineering Education Accreditation (EEA). However, currently only a few institutions have set up relevant courses. How to carry out MATLAB teaching coupled with professional certification standards is a key concern of relevant water conservancy institutions. This article starts from the concept of EEA, and then takes the course of MATLAB Application in Engineering taught by the author as an example. Moreover, it analyzes the deficiencies from both the teaching and the curriculum, and finally proposes ways and measures for improvement. The paper will contribute to providing a reference for other domestic institutions to offer and improve MATLAB courses to engineering undergraduates.

Keywords

Engineering Education Accreditation, Curriculum, MATLAB, Hydrology

工程教育专业认证下水文专业MATLAB 教学实践与探索

杨元园, 熊海晶, 宋孝玉, 魏芳, 王义民, 黄强

西安理工大学水利水电学院, 陕西 西安
Email: 362367714@qq.com

收稿日期: 2019年12月12日; 录用日期: 2019年12月27日; 发布日期: 2020年1月3日

摘要

MATLAB教学对于水文与水资源工程教育专业认证标准的达成具有重要价值,但当前仅有极少数院校设置了相关课程,如何结合专业认证标准开展MATLAB教学实践与探索是相关水利院校重点关注的问题。本文从工程教育专业认证理念出发,以笔者所带的“MATLAB的工程应用”课程为例,从课程教学和教学体系两方面深入分析了不足之处,提出了改进途径和措施。以期促进本校水文毕业生工程教育培养质量的提升,并为国内其它院校开设和改进MATLAB课程提供参考。

关键词

工程教育专业认证, 课程体系, MATLAB, 水文

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

MATLAB (Matrix Laboratory)是最常用的科学计算交互式计算机软件之一,具有数值与符号计算、可视化、仿真、专门工具箱等多种功能,具有编程简洁、交互性强、功能丰富、与其他语言联合编程能力强等优点,广泛应用于水文与水资源工程等水利行业的统计分析、编程计算、作图、系统仿真、大数据分析等领域[1]-[6]。当前院校理工科专业所开设的MATLAB课程一般都为选修课性质、在20~40学时范围内,多偏向验证性实验和传授操作技巧。相关教育教学研究多局限于MATLAB课程教学内容和方法上的改进[7] [8] [9],很少从专业课程教学体系层次上进行系统反思,导致改进效果不佳。为此,本文基于水文与水资源工程专业“MATLAB的工程应用”课程教学实践,参照工程教育认证标准体系及理念,对相关问题与改进对策进行了探讨。论文首先论述了该课程的工程认证背景和课程简介,然后分析了教学上存在的不足,最后提出了改进对策,论文将有助于教师教学效果和学生培养质量的全面提升。

2. 课程背景与简介

2.1. 西安理工大学水文与水资源工程专业认证情况

2016年中国成为国际工程教育《华盛顿协议》组织的第18个正式成员,其目的是加快推进工程教育学位的国际互认。工程教育认证是我国高等工程教育评估体系的重要组成,它要求专业的培养质量评价体系、保障制度等符合国际工科类专业的一般要求,即对照行业普遍认可的质量标准,围绕培养目标和毕业要求,从持续改进、课程体系、师资队伍、支持条件等全方位评估毕业生对其标准的达成情况[10] [11] [12] [13]。

西安理工大学对此非常重视,作为国家重点学科的水文与水资源工程专业分别于2012年和2018年通过了认证。在进行两次认证过程中,通过建立人才培养内外部反馈机制,发现在学生专业软件技能培养方面存在较大改进空间。为此,该学科建设了水资源系统仿真实验室,并增加了专职实验人员负责运行,组织教师为本科生开设了相关软件培训课程。两次专业认证有力地促进了工程人才软件技能的培养、提升了该专业的教学管理水平、支撑了学科的全面发展。

2.2. “MATLAB 的工程应用”课程简介

《西安理工大学水文与水资源工程专业培养方案(2016 年版)》中规定,本专业学生毕业时最少获得 192.5 学分,其中必修课 162.5 学分、院级选修课 18 学分、校级选修课 12 个学分。本专业骨干课程的先后修关系见图 1。

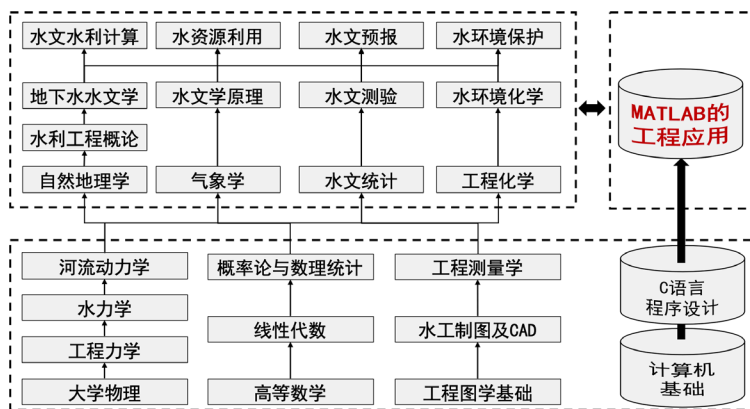


Figure 1. Relationship between the key courses of hydrology and water resources engineering in Xi'an University of Technology

图 1. 西安理工大学水文与水资源工程专业骨干课程的先后修关系

该版培养方案首次设置了“MATLAB 的工程应用”为院级选修课(1.5 学分)、共 24 学时(课堂讲授 16 学时、上机实验 8 学时)。该授课地点在水资源系统仿真实验室,学生可随时操作老师讲解的内容、查看帮助文件、输入例题文件、运行代码、查看结果等,学习更加直观、反馈更加迅速,学习效果较好。2018 年秋季学期开始将该课程设置为水文与水资源工程专业大三上学期的必选课程,从此该课程成为支撑该校水文专业本科生软件技能培养的最重要组成。

与 MATLAB 课程密切相关的课程有 13 门,见图 2,包括数学基础课 3 门(高等数学、线性代数、概率论与数理统计)、专业课程 8 门(水文学原理、水文统计、运筹学、水文预报、水文水利计算、水资源利用、水电能源利用与管理、毕业设计)和编程基础课 2 门(计算机基础、C 语言程序设计)。分析可知,对于“MATLAB 的工程应用课程”而言,前修课有 9 门、后修课 4 门、同期课 2 门。

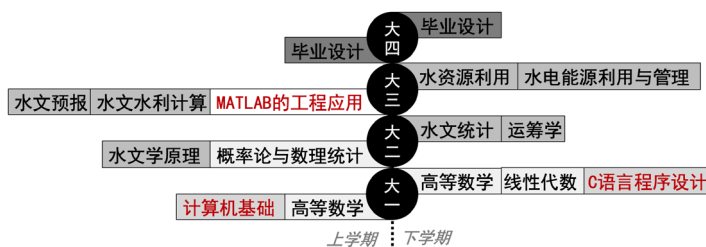


Figure 2. Diagram of courses relevant to MATLAB for undergraduates of hydrology and water resources engineering in Xi'an University of Technology

图 2. 西安理工大学水文与水资源工程专业 MATLAB 关联课程体系图

“MATLAB 的工程应用”的教学目标之一是培养学生熟练掌握 MATLAB 的帮助系统、矩阵运算、程序设计和调试方法等基本操作,能灵活应用 MATLAB 完成数据的统计分析、绘图、插值、曲线拟合、

多项式计算、解方程和最优化计算、数值积分和微分等基础任务；教学目标之二是针对水文与水资源工程专业中的一些工程实践问题，具备应用 MATLAB 构建方程或数学模型、进行优化求解和计算、分析结果的综合能力。课程教学重点是矩阵操作、函数文件和软件程序流程控制；难点则是针对具体工程问题，分析出解决思路和程序实现流程，并巧妙地选择内置函数或进行编程满足应用需求。目前，上机实践以运行和仿照教材例题为主，目的是验证和巩固理论知识、体会程序设计的流程和特点、形成良好编码风格。整体而言，教学目标之一达成效果较好，但目标之二不理想。

3. 存在问题剖析

3.1. “MATLAB 的工程应用”课程教学存在不足

从笔者 2018 年和 2019 年的“MATLAB 的工程应用”课程教学效果上看，学生综合考评成绩虽符合正态分布，支撑了水文与水资源工程专业的毕业要求的达成，但学生应用软件解决本专业工程实际问题的综合能力并未得到显著提升，亟需解决如下突出问题。

一是占比为 2/3 的课堂讲授环节和占比 1/3 的实验上机环节虽然均在仿真实验室内进行，学生课堂上可随时利用软件实操，但 16 课时的课堂讲授环节多以高强度形式进行基础知识灌输和操作技巧展示、简单实例演练为主，用以引导和培养学生形成解决工程问题所需要的思维力和编程能力的训练强度较低，学生上课时也多偏好于 MATLAB 相关知识点的理解与识记、例题的验证等基础内容，灵活运用 MATLAB 解决本专业工程问题的能力未能得到充分开发，形成了学生学用脱节、编程经验不足的不利局面。此外，实验上机环节较依赖于教材中的上机题目集，主讲教师备课时虽准备了不少专业案例集，但受限于师生精力，训练整体上缺乏系统性、综合性和多样性。

二是教材和教辅资料的针对性和专业性不强。尽管有许多经典的 MATLAB 教材和技术手册，如本课程所使用的中国水利水电出版社的《MATLAB 程序设计教程(第三版)》[14]等，但这类教材内容对水文专业的针对性很差，一般不是介绍 MATLAB 的一般操作和各类基础知识、就是详细某一功能或工具箱的应用技巧。教师在为本课程筛选上机实验综合应用训练工程案例时，从大部分水文与水资源工程专业教材中也难以找到合适的综合实例，如《水文统计学》[15]等教材缺乏水文统计相关实例，《水文水利计算》[16]虽提供了诸多单项计算情景、但缺少可行性强的工程案例等。

三是课程考核方式传统，不利于科学反映教学与学习效果。受该校教学管理制度制约，目前在进行学生课程成绩评定时，仍采用期末闭卷考试成绩、作业与考勤成绩、以及上机成绩三者加权平均(分别占比 60%、20%和 20%)的方式。学生从获得学分的现实角度出发，往往忽视水文实例综合分析能力的自我训练与要求，上机实践也缺乏主观能动。总之，考核方式的僵化造成学生提升自己综合分析能力、应用软件编程实现能力的动机较弱，最终使得毕业要求达成情况不佳。

四是教学手段单一、效率低。如教师基于幻灯片讲授和软件演示、学生穿插上机的课堂教学模式限制了学生的主观能动性。又比如受 MATLAB 商业版权限制，不能利用 grader 等功能实现作业的在线布置、自动批改和及时反馈，而当前采用的人工收发批改模式导致反馈周期过长、学习激励不佳的局面。

3.2. 水文与水资源工程专业教学体系有待完善

上述“MATLAB 的工程应用”课程教学的不足是造成达成效果一般的“标”，而“本”则是师生对该课程重要性的认识停留在浅层次的规划上，并未在教学体系和具体安排上得到深层次的落实。

问题之一是“MATLAB 的工程应用”课程性质为院级选修课、1.5 学分、24 学时，课程定位有待梳理。学生从功利思想考虑，往往抱着“这种选修课只要通过考试就可以了”的心态，不少系所老师也认为“该课程非常重要，但受毕业总学分压缩趋势的限制，不可能也不应该增加其比重”。然而，这种认

识与工程教育认证要求又是充满矛盾的。该课程在工程教育认证毕业要求达成矩阵中的支撑项多,如需要支撑毕业要求指标点“1.4 能从数学与自然科学的角度对复杂工程问题的解决方案进行分析和改进”、“3.2 能够针对一个具体的工程问题选择正确的模型并进行正确的分析计算”、“5.1 掌握现代工程工具和信息技术工具的基本知识”、“5.2 针对具体复杂工程问题,能选择、使用与开发恰当的工具”和“5.3 能对复杂工程问题进行预测与模拟”,且支撑权重占比较高。然而,实际情况是该课程受学分限制、不可能让学生投入太多精力,以免造成学生实际与预期失衡的后果。

问题之二是“MATLAB 的工程应用”课程所依托和服务的相关课程设置缺乏系统性和科学性。一方面,“MATLAB 的工程应用”所依托的数学和计算机等主干课均为前修课程,能一定程度上为本课程打下数学原理和编程基础,然而这些课程与本课程至少相隔了一个学期。学生在课堂上的普遍反馈是“关于数学和计算机知识,只记得一些概念和考试过的重点内容,具体知识和细节基本忘光了”,形成这种问题不仅是当前的应试氛围所造成,很大程度上也源自大三上学期的“MATLAB 的工程应用”课程与前序大一、大二上学期的基础课程衔接不紧凑。学生基础知识不牢导致本课程教学效率低下、且效果一般。另一方面,需要与“MATLAB 的工程应用”高度融合的“水文学原理”、“水文统计”、“运筹学”、“水文预报”、“水文水利计算”、“水资源利用”、“水电能源利用与管理”、“毕业设计”等专业核心课程存在衔接不当问题,这些课程并没有很好地结合共同服务于“使用现代工具”等毕业要求。

问题之三则体现在“MATLAB 的工程应用”课程的师资与理想状态存在较大差距。体现之一是该课程师生比超过 1:57,课堂上师生之间的交流和指导时间十分有限。体现之二是该课程与其他关联课程的任课教师之间缺乏协作的制度性约束。该课程授课教师迫切需要与其他课程教师的协助、获得关联课程的关键信息与计算需求等,然而对于其他教师而言,制度上缺乏共建此课的利益驱动。任课教师通过沟通从其他教师处获得微量协助后即使独自花费大量精力备课,其授课效果仍是差强人意。

4. 课程改进对策

为实现水文与水资源工程教育专业认证理念下培养目标和毕业要求的综合达成,不仅需要对本课程“MATLAB 的工程应用”课程教学本身进行持续性改进和创新,还亟需完善教学体系与安排,需要进一步并重结果性评价与形成性评价的基础上开展创新与系统教学。今后需要从以下四个方面对该课程进行改进:

一是强化“MATLAB 的工程应用”课程与关联课程的融合,优化教学内容。相关教师加强协作实现教师之间、师生之间的互利共赢,设置趣味性较强的专业编程任务,从质和根上进行改进与落实。如由系所教师专项梳理专业认证毕业要求达成度各项指标的支撑课程,共同精简教学内容、突出重难点,并确定采用 MATLAB 所需要解决水文专业工程问题的重点领域和关键问题,编写工程问题分析与计算实例手册。从而实现专业相关的科学计算与虚拟仿真实验,将 MATLAB 课程教学及上机实验与其他关联课程进行有机融合,通过案例讲解与练习将理论知识综合化和直观化,强化知识与技能的联系,提高学习激励的频率和强度,打破学生以往只重视识记知识点和操作技能的局面,提供学生编程实践解决专业问题的内在动力与经验积累。

二是改进“MATLAB 的工程应用”上机实验教学。实验教学时以练习“水文学原理”、“水文预报”、“水文水利计算”、“水文统计”、“水资源利用”和“水能利用”等课程的经典综合实例为主线,适当提升实验的综合性与复杂度,强化上机对专业课程的支撑。在对学生进行上机实验指导时,不仅详细讲解实验内容与用途、编程步骤和具体操作等内容,还指出相关程序设计思路和方法、可能存在的问题及解决方案等,从而引导学生对编程实践的重视和逐步提高学生分析和解决问题的能力。

三是完善“MATLAB 的工程应用”课程考核与评价方式,从而确保专业认证毕业达成评价的科学性、准确性和全面性,真正掌握学生分析和解决工程实例的能力与技能提升情况,以此改变教学策略。首先是增加上机实验成绩占比,其次是将各专业课经典计算实例进行程序设计后作为上机实验考核的内容,再次是将期末考试形式由笔试改为机试,最后是增加过程性评价。过程性评价即通过课堂测验、单元测验、非正式考试等了解学生学习情况、及时发现教学中问题,如教师精心设计课前作业(20%)、课上作业(30%)和课后作业(50%)三种类型,再采用引入的 grader 系统进行相关作业的布置、评分等操作,在课上提供面对面辅导和评价、课下通过 SNS 软件进行互动答疑等。

四是创新“MATLAB 的工程应用”教学管理模式。第一步是打造教学团队、小班教学、因材施教,从而提高教学效率与效果。如本课程的选课只接受具备扎实基础知识和一定自我管理能力的学生;或将该课程分为“MATLAB 的工程应用(入门)”和“MATLAB 的工程应用(进阶)”两个阶段,入门阶段的目的是完成基础知识和基本操作技能储备、形成自主学习习惯,可采用网络平台自学、教师和助教充分辅导的方式,考核合格可获得学分和进阶课程学习资格,进阶阶段则配备多名助教实现个性化辅导、引导学生循序渐进完成各项任务、以及进行创新性和高强度训练。第二步则是“建立课前自学基础内容+课上交流经验内化知识”模式,从而通过自学、资料检索、研究、编程、写作等环节全方位引导学生形成系统性理解并锻炼其创新能力。该模式包括 4 个步骤——首先由教师授课前检查学生课前预习情况和收集学生遇到的问题,然后由教师授课时先解答问题、再讲解重点知识,接着由教师介绍工程实例、组织学生思考后画出流程图并进行自主编程练习,最后由教师提供代码和运行结果、并由师生共同点评学生成果。第三步是设置五大任务单元模块——基本功能任务单元(针对不同基础知识点)、数学模型任务单元、水文计算任务单元、水文统计任务单元、开放性综合任务单元等),每单元又由多个子任务完成,学生老师指导下以小组合作形式创造性完成,并进行答辩讨论。

5. 结论

本文从工程教育专业认证理念出发,以西安理工大学水文与水资源工程专业开设的“MATLAB 的工程应用”课程为例,从课程教学和教学体系两方面对当前存在的问题进行了全面分析,并提出了相关改进措施,可促进水文毕业生的工程教育培养质量的提升,对国内兄弟院校开设和改进相关 MATLAB 课程具有一定的参考价值。然而上述分析和改进只是单纯地从教育教学角度进行了探讨,并未针对学生基础知识和自我管理能力等学况进行综合调查与评价。因此今后还需要从教与学两方面着力开展研究,探索“翻转课堂(flipped classroom)”等以学生为本的教学模式在本课程践行的规律和理论。

基金项目

本论文受西安理工大学教学研究项目(项目编号: xqj1805)“毕业要求达成度对我校水文与水资源工程教学管理模式的倒逼机制”资助。

参考文献

- [1] 王剑峰,李宏伟,宋松柏,杜勇. 基于 MATLAB GUI 技术的水文频率计算[J]. 人民黄河, 2010, 32(10): 42-44.
- [2] 许义和,魏晓妹. 基于 Matlab 的 P-III 型曲线绘制软件的研发与应用[J]. 水电能源科学, 2010, 28(7): 15-17.
- [3] 张晓艳,席秋义. 基于 Matlab 的 P-III 型频率曲线优化适线程序的开发与应用[J]. 陕西水利, 2014(6): 140-141.
- [4] 俞超锋,刘新成. 基于 MATLAB 的 P-III 型频率曲线参数估算的优化[J]. 人民黄河, 2015, 37(8): 24-26.
- [5] 王军,张春霞. MATLAB 在水文学科计算中的应用[J]. 水利科技与经济, 2015, 21(9): 111-113.
- [6] 李永坤,张少焱,张书函,潘兴瑶. 基于 MATLAB GUI 的 P-III 型频率曲线的实现[J]. 人民黄河, 2016, 38(5): 19-21+26.

- [7] 吴爱萍. 基于任务驱动的 Matlab 与控制系统仿真教学方法改革[J]. 中国现代教育装备, 2012, 147(11): 57-59.
- [8] 曹岳辉, 刘卫国. MATLAB 程序设计教学中的计算思维能力培养[J]. 软件导刊, 2017, 16(9): 219-221.
- [9] 王珂, 廉飞宇, 樊超, 李卫东, 段金龙. 专业认证标准下改进 MATLAB 课程教学的研究与实践[J]. 现代计算机(专业版), 2018(32): 38-41.
- [10] 刘靖国. 基于工程教育认证下的概率论与数理统计课程学生学习评价的几点思考[J]. 教育进展, 2019, 9(6): 631-639.
- [11] 顾晓薇, 王青, 邱景平, 胥孝川, 张春明. 工程教育认证“毕业要求”达成度的认识与思考[J]. 教育教学论坛, 2016(14): 24-26.
- [12] 陈利华, 赵津婷, 刘向东. 从工程教育认证视角重构第一课堂实践教学体系[J]. 中国大学教学, 2015(12): 60-67.
- [13] 李志义. 对我国工程教育专业认证十年的回顾与反思之一: 我们应该坚持和强化什么[J]. 中国大学教学, 2016(11): 10-16.
- [14] 刘卫国. MATLAB 程序设计教程(第三版) [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.
- [15] 黄振平. 水文统计学(第二版) [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.
- [16] 梁忠民, 钟平安, 华家鹏. 水文水利计算(第 2 版) [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.