

校企共建模式的创新实验课程建设体系

苏统华, 李全龙, 涂志莹, 李东, 王忠杰

(哈尔滨工业大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:针对当前课程对实践能力培养不足的问题, 提出校企共建模式的创新实验课程项目。立足于面向产业界培养领军人才的特定目标, 引入校企合作机制, 采用以校为主、为校所用的基本原则, 构建独具风格的创新实验课程共建体系。经过在 CUDA 高性能并行程序设计课程上的多年实践和验证, 证实了共建模式在创新实验课程上的有效性。

关键词: 校企合作; 创新实验; 实践教学; 合作模式改革

针对创新及创新人才的培养, 美国制定了著名的“2061”计划, 旨在用一代人的时间根本改变美国的教育体制, 造就新一代具有高度科学素养的国民[1]。我国教育部在 2012 年发布了《全面提高高等教育质量的若干意见》, 明确提出将“创新人才培养模式”作为提高高等教育质量的一个重要举措。以创新人才培养为目标也是当今高等教育顺应时代改革的主题。

针对计算机类课程, 提出校企共建模式的创新实验课建设方案。创新实验课是“985 工程”建设项目“创新能力提升计划”的子项目。该项目意在通过集中优质教育资源, 为基础好、能力强、有精力、有兴趣的优秀本科生提供优质实践教学培养平台, 安排难度和深度适当的综合实验、创新实验, 培养学生的创新意识。校企共建可以有效发挥高校和企业以创新实验课《CUDA 高性能并行程序设计》为案例, 详细给出了共建模式和课程体系。不论是从最初的建设模式还是最终收到的效果来看, 都是颇具特色的, 最终实现了学生、学校和企业优势互补、三方共赢。

1 校企合作模式

校企合作联合培养软件人才是解决学校教育与社会需求脱节之间的矛盾, 同时也是提高人才培养质量的有效途径[3]。教育部“卓越工程师计划”中明确指出: 企业不仅仅是人才的使用者, 还需要深入到人才培养的过程中, 与高校深度合作, 联合制订人才培养计划。企业为人才培养提供实践环境和技术支持, 学校为企业提供智力支持, 高效地实现学校办学为国家建设、社会发展、地方区域经济快速增长服务。

课程共建的合作模式是决定课程最终目标是否能够实现的重要因素。在合作模式的探索上, 有的从企业角度进行讨论[4], 更多的则从高校角度进行总结[5-6]。大体来讲, 可以分成企业主导型、高校主导型和企业-高校共同主导型。对于企业主导型, 很多高职类院校遵从这一模式。在这一模式下, 以企业的需求为第一目标, 所有的课程设置和实践安排均是为了满足企业所需要的技能。高校主导型则是以高校力量为主, 企业的参与处于从属地位。这一模式中, 在制定培养体系或者课程实施过程时加入企业的力量。有的是在授课过程中聘请企业老师进行授课或者指导, 有的则是在培养方案制订期间, 征询企业专家的意见。对于共同主导型模式, 企业和高校双方以对等方式合作, 培养目标和课程设置经双方深入议定, 双方均有决定权。

我们启动的创新实验课采用高校主导型共建模式。确定这一合作模式的理由有三点。第一点, 高校, 特别是 985 高校, 对于如何培养具有未来竞争力的高端人才更有经验。第二点, 以往的合作经验表明, 高校如果失去人才培养的独立性, 将退化为职业技术教育。第三点, 引入企业的力量, 并不是单单为了这个企业培养人才, 而应为整个行业培养人才。如果教学的内容沦为了某个企业专有工具的使用技术, 无疑培养出的学生是难以具有较高竞争力的。

在这种以高校为主导的共建模式下, 如何保证课程的培养目标能够符合产业界的需求呢? 为此我们设计了一系列保证体系, 以较大程度的引入企业的需求导向。

2 课程共建体系

课程的共建体系,是为了既保证高校在人才培养上的独立性,又能够培养出适合行业需求的人才。本节结合创新实验课《CUDA 高性能并行程序设计》来具体说明课程共建体系。在与合作公司开展校企合作共建过程中,从四个方面做了顶层规划。首先是课程的实验目标和内容,其次是软硬件实验环境,再者是课程的认证和质量保证体系,最后是教学服务平台。这四个方面并不是相互独立的,而是存在很多交织。

本课程面向全校学有余力的优秀学生开设,在课程的实验目标上,结合 GPU 程序设计实例,旨在帮助学生学会采用并行思想去思考和解决问题,同时锻炼和发展学生的抽象思维能力和计算思维能力并增长解决实际大规模任务中性能相关的高级技能。为了达到这一教学目的,必须密切联系企业所在行业的重点需求,并在需求驱动下设计经企业认定的实验内容。经过双方多轮次的深入讨论,确定下课程的讲授内容和实验内容。目前课程为 24 学时,其中有 8 学时进行 CUDA 基本编程知识的讲授,8 学时用来完成 4 个基本实验,剩余的 8 学时完成一个创新项目。整个讲授内容分成相互衔接、难度逐次递增的三个层次。第 1 层次介绍并行处理的基本概念和常用并行模式。配合实际动手实践,比较串行程序设计与并行程序设计的区别。并行程序的开发有其不同于单核程序的特殊性,所使用的并行模式和算法是重中之重。第 2 层次是结合实例,学习 CUDA 程序设计。从最简单的矩阵加法入手,介绍 CUDA 程序的一般结构和流程。然后重点介绍 CUDA 针对 GPU 的核心抽象机制,这些机制将严重影响 GPU 上的程序性能,这也是本部分的难点之一。在此基础上,讲解如何对 CUDA 程序的性能进行调优,充分利用硬件的潜力。在最后的第 3 层次,提供多个 CUDA 问题场景,发挥学生的主动性和创造性,重点让他们去尝试解决这些实际问题,并优化 CUDA 程序的性能。

在软硬件的实验环境搭建过程中,发挥双方的优势。实验需要配置有英伟达显卡的计算机和支持 GPU 计算的工具包软件。在硬件环境上,一部分学生没有携带该显卡的笔记本电脑,无法进行实验。我们从两个方面来解决这一问题。一方面利用学校对本课程的经费支持,购置两台服务器。另一方面,从合作公司申请近 10 块最新的 GPU 显卡或者嵌入式 GPU 设备,放置于服务器插槽,满足了一些学生在硬件上的短缺问题。而在软件环境的配置上,对于收费的加速软件,申请合作公司的授权,可以在教学上免费使用。

为了保证课程达成目标的质量,双方建立了严格的公司认证和质量保证体系。认证首先是合作公司对授课教师的认定。只有授课教师在技术水平、授课能力上达到合作公司的笔试和机试要求,方有资格开设课程。为了帮助高校教师提高技术水平,合作公司每年会调集 GPU 开发专家对授课老师进行培训,通过者会颁发 GPU 培训师证书。第二层面的认证是课程认定。只有课程的学时、目标和内容能够匹配合作公司的实际需求,课程才能得到认证。在授课过程中,合作公司工程师会对课程进行支援,帮助讲授 1-2 个最新技术专题。第三个层面的认证则是对学生的认定。只有学生通过了由认证教师讲授的认证课程,才能得到合作公司颁发的课程认证证书。创新实验课《CUDA 高性能并行程序设计》在执行过程中遵循严格的筛选和淘汰机制。首先通过选课资格考试,从全校 10 多个专业 70-80 名学有余力的学生中选择 30-40 名。其次在最终的考核上,严格把关,一般之后 50% 的学生可以通过课程。在课程考核上,按照累加式评分,即课程的总成绩主要由以下三部分构成:平时表现占 10%;4 个基本实验,共计占 40%;创新大作业占 50%。后部分有任一部分缺席将无法通过本次课程。评分大项在于基本实验完成情况和创新作品的水平,意在重点考核学生并行程序设计的能力以及解决实际问题的水平。

最后在教学服务平台上,双方均做了大量工作。对于高校方,提供完善的在线教学网站,可供公司实时查看课程进度并检验教学质量。每年的教学情况,高校也要提交总结报告供公司进行评估。对于合作公司,组织最新技术的培训、资源的共享和在线咨询论坛。除此之外,双方合作推进全国的 GPU 教学联盟甚至积极与全世界的高校一起交流 GPU 教学的经验。在教学服务平台的支持下,学生们可以随时在线上提问并能够很方便的与合作公司专家进行创新项目的合作。

正是在这四个层面的设计,帮助创新实验课的培养目标得以顺利达成。高校方可以发挥其在高端人才培养上的优势和决定权。企业方可以通过认证、保证机制以及实时抽查机制维持课程的执行方向不会偏离行业的真实需求。

本课程自 2013 年开课后,反响强烈。课程得到合作公司认证,通过本课程考试的学生,直接获得合作公司官方颁发的课程认证证书。目前,已有 50 余名同学顺利通过本课程的考核,同时获得了合作公司的认证。

3 课程执行情况与主要成果

3.1 课程执行情况

创新实验课《CUDA 高性能并行程序设计》自 2013 年开设以来，已经持续了 5 年。这里收集了最初两次的的数据予以深入分析。在 2013 年秋开设的课程，参加学习的 32 名学生中，有 6 名因为到课率不达标而取消资格，其余 26 名学生的成绩分布如图 1 所示。从成绩的分布可以看出，创新类课程与普通课程有较大区别。普通课程的成绩分布一般呈现正态分布，而创新实验课两极分化比较严重。这一分布情况跟课程的性质密切相关，本次成绩的分布是合理的。当课程目标不再是让学生死记硬背一些知识点，而是要自主的、灵活的解决有较大难度的实际问题时，一定比例的学生很难胜任，这也说明我们的学生在解决实际问题的培养方面仍有不足。而创新实验课可以在一定程度上弥补传统课程中的真空区。

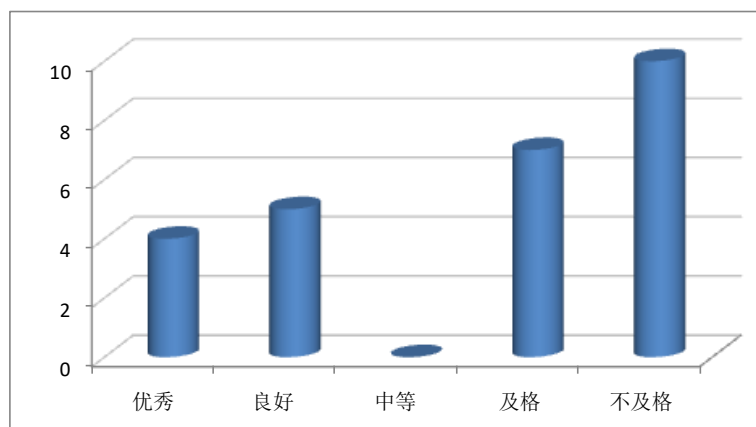


图 1 2013 年课程成绩分布

在 2014 年秋课程上，参加本课程学习的 37 名学生中，有 15 名因为到课率或者未参加创新作品而取消资格，这些学生的成绩分布如图 2 所示。我们同样可以看到，创新类课程成绩的分布与普通课程有较大区别。同样我们可以看到，第二次开课的通过率相较第一次开课有一定的提高，特别是出现了更多较好的作品。

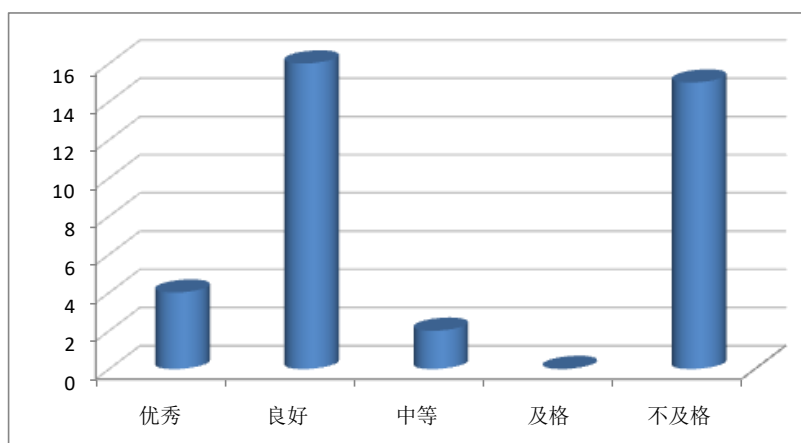


图 2 2014 年课程成绩分布

每次课程结束，都加入了匿名评价环节。两次开课共收集到 37 份有效评价表。学生普遍肯定了本课程的教学效果，他们对本课程对他们能力培养方面的作用，归纳起来有如下几点：

1. 增强了动手能力和钻研能力，加强了解决问题能力，培养了开拓精神和能力；
2. 这样的课真正利于学生的全面发展，激发学生的潜力和认知极限；
3. 增强了创新意识，增强了自学能力和创新能力；
4. 比较锻炼发现问题、解决问题的能力；
5. 培养了并行设计思想、坚持的精神；

6. 建立起了 GPU 开发能力，培养了团队协作能力；
7. 不拘泥于单纯的理论教学，培养了自主研究能力；
8. 培养作用非常大，学到了非常多跨专业的知识；
9. 扩展了自己的视野；
10. 提高了并行编程能力，加强了对问题深入研究与优化程序的能力。

3.2 课程主要成果

本课程在教学上，秉持“国际化”特色，引进多本 GPU 课程教材，积极利用 MOOC 教学工具革新 GPU 课堂。紧密结合领域内科研需求，自主研发基于 GPU 的 CNN、LSTM 等深度学习平台，并成功转化文字识别领域的研究成果。在学生培养上结合软件学院“工业化”特色，在无人机、运动物体检测以及文字识别等研究项目上取得了优异的成绩，并获得了百度、大疆等知名互联网公司和创新公司的实习机会。具体来讲，本课程带来的成果有：

1. **编写了能够较好支持课程建设的实验指导书。**按照循序渐进的原则，科学地设计了 4 个基础实验，用于巩固学生们的基础并行理论和基本并行程序设计技能。另外，根据学生的兴趣和专长，设置有自选题目的创新大项目，注重解决大规模任务中的实际问题。
2. **建设了能够基本支持学生实验的实验平台和环境。**实验需要配置有英伟达显卡的计算机。利用实验项目经费和合作公司捐助，配置了两台 GPU 服务器，满足了一些学生在硬件上的短缺问题。另外，本课程积极争取合作公司的赞助，收到合作公司提供的 4 套嵌入式开发板（Jetson TK1），可以支持大项目的开发。
3. **本项目培养了一批大规模并行程序设计的人才，也在非常广的领域内展示了大规模并行程序的威力。**该课程完成的创新大项目，涵盖多个学科的挑战问题。多名曾参加了本课程学习的学生，如今正在把所学知识用到自己的研究工作中，也有一些学生如愿到知名公司实习。
4. **结合创新实验课，课程组取得了一批有影响的科研成果。**2013 年，任课老师获合作公司官方认证的首批 CUDA 工程师称号和 CUDA 培训师称号；以本课程为基础，2014 年所在单位成为 GPU 教育中心（GEC）和 GPU 研究中心。课程组自 2014 年以来，翻译出版了 3 本 GPU 计算方面的教材（《CUDA 并行程序设计：GPU 编程指南》、《CUDA 专家手册：GPU 编程权威指南》和《CUDA 高性能并行计算》），很好的推动了高性能程序设计和大数据分析领域的教学工作。
5. **课程得到合作公司认可。**通过本课程考试的学生，直接获得合作公司官方颁发的课程认证证书。特别的，在 2015 年 GPU 教育中心年会上，所在单位凭借优秀的课程设置、出色的课程执行效果以及在 GPU 计算研究方面的丰硕成果，得到了合作公司和其它 GEC 成员的一致认可，当选本年度最佳 GEC 奖。在后续的 2016 年度，所在单位再次蝉联最佳 GEC 奖。

4 结语

创新及创新人才的培养，是当今高等教育改革的重要主题。所在学校启动的创新实验课项目是培养和发展本科阶段学生创新创业能力的重要举措之一。所在单位采用校企共建模式开设了一门名为《CUDA 高性能并行程序设计》的创新实验课程。在建设模式上采取以校为主、为校所用的基本原则，构建了独具风格的创新实验课程共建体系。最终收到的效果表明，实现了学生、学校和企业优势互补、三方共赢。

参考文献：

- [1] 刘晓静等. 以创新人才培养为目标的数据结构实验教学改革的实验技术与管理, 2014,31(11): 184-187.
- [2] 郭银章,曾建潮. 校企合作共建计算机类专业实践教学模式, 计算机教育, 2014,(15): 57-59.
- [3] 王明华, 周国辉. 应用型卓越软件工程师人才的校企合作培养, 计算机教育, 2014,(5): 99-104.
- [4] 潘伟, 杨剑锋. 校企合作推动新型嵌入式人才的培养. 2012,(23):104-106.
- [5] 蒋宗礼等. 深度校企合作的软件人才培养--天津市大学软件学院发展战略高端论坛(上). 2013(23):30-37.
- [6] 牛国锋, 常晋义, 朱苗苗. 应用型本科校企合作“双元制”创新培养模式. 2014(22):79-83

基金项目：全国工程专业学位研究生教育自选研究课题（2016-ZX-140）、教育部在线教育研究基金（全通教育）（2016YB129）、中国学位与研究生教育学会学位与研究生教育研究课题（B2-2015Y0502-081）、教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会研究项目（无）。

作者简介：苏统华，男，副教授，研究方向为模式识别、GPU 计算等，thsu@hit.edu.cn。

文章名称	作者	通讯地址 (含邮编)	联系电话	email	已出书或计 划出书	主讲课程、教 材及出版社 (必填)
校企共建 模式的创 新实验课 程建设体 系	苏 统 华	哈尔滨工业 大学软件学 院 502 室	0451-86418876-813	thsu@hit.edu.cn	已出版英文专 著 1 本，译著 6 本	物联网智能信 息处理