

新工科背景下的计算机类专业人才培养探讨

马礼, 张永梅

北方工业大学计算机学院, 北京 100144

摘要

新工科顺应社会和技术发展,对人才培养提出了新的挑战。从构建计算机类专业人才培养的角度,对理论教学体系和实践教学体系建设等方面进行了探讨,在培养方案结构、课程内容、实习实训以及校企联合培养人才方面提出了新的观点,为新工科环境下的信息类人才培养提供了一种借鉴方案。

关键词

新工科;信息技术;教学体系

中图分类号:G642.0

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2018060

Discussion on training program of computer majors under the background of emerging engineering education

MA Li, ZHANG Yongmei

School of Computer Science and Technology, North China University of Technology, Beijing 100144, China

Abstract

The emerging engineering education conforms to the emergence of social and technological development, and presents new challenges to talent training. From the point of view of construction the training of computer majors, the construction of theoretical and practical teaching systems were discussed, and a reference for the training of information professionals under the new subject environment was provided, from the expansion of curriculum content to the practice and training link, and then to the platform of joint training of talents between universities and enterprises.

Key words

emerging engineering education, information technology, education architecture

1 引言

技术进步与发展带来了全新的教育需求。高等教育作为新思想、新理念、新技术的重要源头,迎来了重要的发展机遇,同时也面临着极大的挑战。多学科交叉融合是新时代的重要特征,传统人才培养模式迎来了迅速改变的外部环境挑战。高等教育顺应新的需求势在必行。

为推进新工科建设,教育部先后主持开展了研究探讨,形成了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”,并发布了一系列政策文件。在复旦大学会议中,专家共同探讨了新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择,并达成了10点共识;在天津大学会议中,专家进一步认为,培养造就一大批多样化、创新型的卓越工程科技人才,对于我国产业发展和为国际竞争提供智力和人才支撑而言,既是当务之急,又是长远之策,会议形成了7条行动指南;在北京会议上,全面启动、系统部署了新工科建设,形成了7条建设指南。3次重要会议循序渐进地完成了从研究探讨、达成共识到行动指南,再到具体建议等过程,新工科建设全方位启动。2018年10月,教育部、工业和信息化部、中国工程院联合发布《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见》,进一步将新工科建设提到了新的高度。

作为人才培养的重要场所,高等学校重任在肩。一些高校毕业生存在学用脱节的问题^[1],应加快培养适应和引领新一轮科技革命和产业变革的卓越工程科技人才,打造世界工程创新中心和人才高地,提升国家实力和国际竞争力。大学培养体制和机制应当发挥重要作用,最

近很多文章对新工科环境下的不同方面进行了阐述^[2-4]。本文从信息技术人才培养的角度,探讨新工科人才培养中的几个关注点。

我国高校有鲜明的特点,人才培养要服从和服务于国家经济建设发展。办好教育要结合管理部门的引导和办学主体的主观能动性,合力才能卓越。

2 教育管理部门引导的重要性

我国高校总数92%的学校设置了工科专业^[5],新工科背景下的人才培养是在传统人才培养体制的基础上创新部分内容,以继承和发扬相结合的方式开展和进行。在此过程中,教育管理部门起着特别重要的作用。

我国现阶段的高等教育主体是公立学校,教育部成立的教学指导委员会等机构的引导对学校的办学方向和办学能力提升起着重要的作用。在管理部门引导和教学指导委员会的指导下,办学主体根据自身特点和办学特色,积极开展人才培养工作。

新事物必然存在很多需要进一步研究和探讨的内容,需要教育管理部门和研究部门引导。从教学改革和研究的角度,应开放一些改革研究项目,鼓励办学主体在新工科建设中进行深入探讨和研究。传统工科人才培养模式存在的教学内容和方式不适应新的经济发展的问题必须得到根本性扭转,以适应新的人才需求。

2018年8月,华为技术有限公司与中国软件行业协会、信息技术新工科产学研联盟三方联合发布《中国ICT人才生态白皮书》,其中一个主要观点是“新兴技术领域持续引领ICT生态,人才缺口

的70%将集中在新兴应用领域,技术型人才正在与应用业务型人才相互协同融合”。企业对高校毕业生提出了更高、更综合的能力要求,不仅需要毕业生技术基础好,同时也希望其有更好的项目交流和沟通能力,以提升项目开发和团队合作的能力。这些问题都是新工科背景下对人才提出的新要求。高等学校长期习惯于根据学科和专业特点开展专业教育和实践,对社会需求,特别是高新技术需求的具体问题关注不足,而企业也难以在具体人才使用层面与学校进行有效的沟通。这就要求办学主体深入社会需求,调研和分析用人状况,发挥主观能动性,主动将人才培养与经济社会发展结合。

3 新工科人才培养架构

学校是立德树人的场所,人才培养是第一要务。在多年的办学实践中,学校培养人才的模式和做法是很有优势的。在主管部门和各类教学指导机构的指导下,学校能够充分发挥其优势。新工科环境下的人才培养与传统的人才培养的内涵有很多不同,但人才培养的初心和目的不变,应构建合理的理论教学体系和实践体系。

新时代的人才培养出现了与以往教育不同的许多新情况和新问题。例如在学校培养期间,实习实训的环节出现了弱化情况,主要原因是学生数量多,企业接收能力有限。如果实习环节不清晰、安排不妥当,企业就无法接收学生实习,从而使学生在毕业后上岗工作时缺少实践经验,不能顺利开展实质的技术开发工作。从学生层面来说,为了做好本科毕业后的选择,在大四时出现了一些新情况。为了找工作、考

研、出国等不同目的,在大四一年,特别是在大四第一学期,学生学习精力集中度迅速分化,专业选修课的开设效果不好,学生到课率、学习效果参差不齐。

面对新情况、新问题,在理论和实践层面需要通过新举措和新做法解决问题,具体如下。

3.1 理论教学体系

信息技术是新工科的核心内容之一,新工科环境下学科交叉几乎离不开信息技术,这对传统计算机科学与技术专业提出了新的挑战。在新工科背景下,新兴的数据科学与大数据技术、人工智能等专业与传统的计算机专业出现了很多交叉。计算机专业是这些新专业的基础,同时这些新专业又有新的内涵。以人工智能为例,目前教育部还没有正式批准命名“人工智能”本科专业,以前的“智能科学与技术”与“人工智能”是否有区别、如何做好新专业的人才培养,还需要深入探讨和研究,并逐渐付诸实施。但毫无疑问,新专业一定具有新内涵,一定是多个学科的交叉。通过长期办学实践形成的计算机科学与技术专业人才培养方案,需要体现新的内涵。新专业则从学科交叉的角度,体现了新工科背景下对人才的知识能力的需求。

以计算机专业为例,其骨干课程包括程序设计技术、计算机组成原理、数据结构、操作系统、编译原理、计算机网络、离散数学、软件工程等,传统教学过程中沿用的内容设置,特别是实践环节与目前的计算技术发展严重脱节,这个脱节问题一方面使教学内容陈旧,无法反映技术发展的最新方向和趋势;另一方面,内容陈旧影响了学生学习的积极性。为

顺应新工科发展,这些问题的解决需要在实际教学中加大改革力度。培养方案中涉及的课程,其核心内容不变,需要改进的是反映技术发展的前沿部分,特别是创新提升部分及与新工科发展相适应的部分。例如在计算机系统类课程中增加与实际计算机系统发展相对应的知识及解决方案,如多核和众核结构、指令系统体系结构等。为了适应人工智能、机器学习、深度学习等新兴应用,CPU设计和指令结构可能需要专用设计,以提升效能,如利用人工智能、深度学习等方法。为了满足新需求,给学生以启发和思考,应增加专用CPU设计、指令设计等方面的课时,这对开拓学生视野和兴趣具有重要作用。这些具体能力点的引入和介绍,使学生通过课程学习,在掌握计算机系统基本原理的同时,也能够理解计算机系统的发展方向,了解计算机系统为适应新工科发展而提供的系统功能。更重要的是,激发学生设计高效指令的兴趣,为日后的创新发展打下基础。

信息系统发展迅速,各种新技术、新应用十分活跃,不论在硬件层面还是在软件层面,都为丰富课程内容提供了极好的背景。不同的课程在内容设置中,都有体现新技术发展的空间。在课程实施中,不需要为学生详细讲述这些技术的原理和实现过程,可以提出思路,供学生课下思考和自学。其他课程也有类似问题,在此不一赘述。

3.2 实践教学体系

在新工科环境下,理论教学可改进,而实践环节在培养高级工程人才的目标下显得更为重要,这也是新工科发展重点关注和努力追求的目标。经过多年的研

究和实践,各专业建设点已经建立了相对完善的教学培养体系,在加强与企业合作、着力培养实践动手能力方面做了有益的探索和实践。高校也将校企合作纳入教学体系,通过企业实训强化学生的实际动手能力,并取得了显著成效。通过培养体系的系统训练,学生在专业素质、工程能力和就业质量方面得到了很大提高。

3.2.1 实践体系构建思路

在专业培养方案中,实践环节是工科专业普遍重视的,以计算机专业为例,实践思路尤其重要。该专业实践环节多、实际能力需求迫切,相对来说也容易实现,因此,开办计算机专业的学校很多,截至2017年年底,全国计算机科学与技术专业办学点有800多个。各办学单位的具体做法不尽相同,但是普遍认为需要强化实践环节^[3]。通过多年来的办学实践,新工科环境下需要采取的基本思路是:校企联合构建实训教学体系、打造实践教学基地。在这种思路的基础上,开展实践环节的深化研究,有针对性地与IT界优秀企业合作,在实践性强的教学环节引入企业计划,尽可能地提供学生在企业实训的机会,为提高其动手能力提供培养环境。

3.2.2 实践体系构建方法

本科培养方案是高层次人才培养最重要的基础,培养目标和定位首先要体现在培养方案中。制定好培养方案是做好其他工作的基本保障,因此,首先要在充分论证的基础上,逐步迭代和优化培养方案。以学生成长为中心,构建面向产出的内部质量评价机制。为了突出特色,在制定培养方案时,重点考虑强化实践

环节。通过多年的培养实践,一些做法可供探讨。

(1) 优化培养方案、构建实训教学体系

各个学校做法不尽相同,但基本4~5年就要进行一些培养方案的修订,笔者学校最近的一次修订工作在2015年,其重点是根据社会需求和技术发展,突出工程性和应用性,注重培养学生的实践动手能力。经过反复调研,多次讨论,形成了符合笔者学校办学定位的培养方案。具体包括以下3个方面。

第一,以专业核心能力为目标健全课程体系。将计算机类专业核心专业课程(如数据结构、计算机组成原理、操作系统、网络技术、数据库技术等)设置成基础理论、应用技术、技能训练3级层次,并对应于必修课、选修课、专题训练3个相互衔接递进的教学环节,形成清晰的课程体系。

在基本知识结构构建好的基础上,要让学生具备解决具体工程问题所需的自然科学知识和工程实践基础,之后进一步培养学生利用掌握的知识进行工程设计和实践的能力。具体做法是以提高学生工程设计能力为目标,以具有良好编程能力为抓手,突出程序设计和分析能力,将其思路贯穿于整个教学过程中。将问题描述、模型构建、程序设计与实现等过程嵌入具体的相关课程,如数据结构、算法设计、软件工程等,每个学期都安排程序设计环节,培养学生的动手能力,做到学生大学4年编程不断线。

第二,因材施教,分类培养。由近年来毕业生的实际情况可知,学生毕业后主要有进一步研究、出国深造、直接就业创业等几个发展路径。因此,在培养计划中就要根据不同人群的实际需求做出适合他们的计划,但要确保满足毕业要求和培养目标。为了达到这样的目标,可以根据情

况调整培养方案中的教学计划,例如从第七学期开始安排分流课程,将课程安排为两个方向。第一个方向为继续学习模块,为有意报考研究生的学生提供相对充足的时间精心准备考研,开设一门对于今后继续深造更有作用的选修课程,如人工智能、大数据技术等课程。在学习这些拓展选修课的同时,学生可以抽出时间集中精力复习考研需要的课程。第二个方向为就业模块,开设实践性强的企业实习实训课程,与实践基地、协议企业等直接对接,让选择这部分课程的学生在企业内加入实际项目团队,解决学生就业前的实践能力强化问题。笔者学校的做法是专门开出两个阶段的实践教学环节,一个是岗位实习,另一个是项目管理实践。这些课程以实践为主,岗位实习的学生需要用企业实际环境进行设计和开发,从实际项目出发进行具体的系统设计与开发等;在项目管理实践环节要为学生介绍业界流行的软件平台以及运用的主要技术,然后布置结合实际情况的小型项目,提高学生利用所学知识设计具体项目的能力。

第三,面向产出,确立不同的出口形式。在培养方案中,借鉴面向产出的人才培养模式,改革与理论教学体系相配套的独立的实验环节,在保证课程内容实验的同时,将实验科目向培养软件工程师、网络工程师、测试工程师的目标聚合,加强培养方案中实践教学环节目标的整体性。具体做法是,将“3个工程师”实训体系课程对照本科生培养计划制定成实训项目,利用必修课、选修课、课程设计、学术工程实践、毕业设计等实践环节进行实训。学生做实验就相当于参加实训项目。这样既保证了课程内容的掌握,又保证了实训项目内容的掌握,且没有增加学生的额外负担,大部分学生可达

到“3个工程师”最基本的要求。当然,要培养合格的软件工程师、网络工程师、测试工程师,实训体系课程的一些拓展内容还需要向课外延伸,利用开放试验、第二课堂、课余时间以及暑期进行专门实训,并制定了严格的考核方案。针对不同的目标,制定了长期、中期、短期40多个实施培养方案,以供不同需求和阶段的学生使用。

(2) 建立实践教学基地,保障实训体系实施

新工科要求培养的学生有突出的实践落地能力,这种能力的培养需要依托学校和企业的紧密合作,从企业实际需求的角度,落实有实际意义的项目训练。为了落实实践能力培养的环境和条件,办学主体积极开展工作,多方组织和联系相关IT企业,构建校企合作的实践教学基地。中国软件行业协会牵头成立的信息技术新工科联盟就是很好的平台,联盟联合了华为技术有限公司、百度在线网络技术(北京)有限公司、腾讯科技(北京)有限公司、阿里云计算有限公司、京东集团、中软国际有限公司、国际商业机器(中国)有限公司(IBM)、微软亚洲研究院、东软集团(大连)有限公司、万达信息股份有限公司、山东众阳软件有限公司等企业,这些企业与院校之间可以建立紧密的合作关系,签订校企实训基地协议,为新工科人才培养提供企业实训环境。

共建基地必须有学校和企业双方参与。形式上可以有校内和校外两类,即校内实践基地和校外实训基地。在校内与各教学单位实验教学中心结合,建成功能完善的实验环境,包括实习专用实验室。根据企业特长,结合实习内容构建不同功能的实训室,例如软件开发实训室、硬件设计与开发室、网络

与信息安全实训室等。在校外,可以与新工科联盟企业结合,将实训基地设企业内部,由学校和企业签署校企合作协议书,开展实质性的校企合作,这些企业每年为学校提供一定的实训容量。企业实训具体分为两部分,前期采用集中培训的方式,为学生开设Python、Java等开发平台和数据环境,进行知识的强化训练。经过强化后,合格的学生进行企业岗位实习,直接安排其开展具体项目。经过后期实训的学生,在毕业设计阶段可以根据意愿到企业进入试用和实习阶段。

(3) 采用项目实战教学,提高实际动手能力

实训体系主要由一系列实训项目构成。依据相关专业知识体系,配合大学4年的学习进程,并考虑到行业主要岗位的技能要求,给出一系列循序渐进的实训项目,每一个实训项目涵盖新工科交叉的若干知识点,有针对性地训练某方面技能。通过这些项目,学生可得到较为系统和全面的专业训练。以案例教学和企业运作过程(软件生产和开发过程)的模拟或真实项目为背景进行教学设计和实施,以团队模式,循序渐进地完成多个项目的开发过程,达到工程应用能力的提高。前几年笔者单位开展的实际项目(基础训练、专题训练、综合训练等)已达50多个,参加过实习实训项目培训的共计6届学生,取得了良好的效果。以上的实际工作现场不仅是培养学生专业技能的实战场所,也是培养学生社会责任心、职业道德、诚信品质、团队精神的实训环境,更是学生走向就业、走向社会的最佳途经。

(4) 构建能力评价体系,开发实习实训评价系统

对学生实训能力的评估采用过程评估

和项目评估结合的方式。过程评估标准采用4个评估维度,包含直接评估指标和间接评估指标。4个评估维度包括每周任务完成程度、学习态度、知识掌握程度、综合印象。项目评估采用机器评估的方式,为此开发了一套实习实训评价系统。借助该软件系统,可对学生提交的程序进行自动测试和代码比对,可防止学生提交他人的代码。该平台还包括在线能力测试和答疑等功能。

(5) 与社会相关机构联合,建立就业快速通道

多年的实践表明,高质量的就业除了学生自身素质和能力的提高之外,还需要有较好的就业渠道,为此笔者单位与合作企业建立了良好的就业推荐制度,为学生高质量就业提供了快速通道;注重合作企业的综合能力,由企业人力资源部门为学生就业提供快速指导,获得了满意的效果。目前新工科联盟也有专门进行人力资源规划的企业,高校与这类企业构建良好的合作关系,可以与用人单位建立合理的人才输送渠道。企业往往更喜欢接收人力资源规划企业推荐的学生,因为这类学生更具有针对性的专长和能力。通过校企合作,学生进入基地参加实训无需支付任何费用,合格学生可由公司推荐直接进入其关联企业,从而实现了实训与就业的一体化,避免了学生求职的盲目性,降低了就业成本。与面向单一企业的订单式培养模式比较,这种模式更具有灵活性和适应性,也更利于人才的自身发展。

4 新工科发展愿景

新工科是工程教育发展有一定阶段的必然结果,给传统教学带来了挑战。人

才培养需要有观念上的转变,必须树立面向产出的人才培养观念,将传统的重视“教”的模式调整为重视“学”的模式,评价标准也要以通过培养是否提高了学生的能力为依据。通过高等学校新工科人才的培养,提高学生的科技创新意识和能力,使学生确确实实地在大学阶段锻炼“能力”,而不仅仅是掌握知识。以高等学校为主的人才培养机构,只有为社会提供有“能力”的人才,才算是实现了人才培养目标,才算是为国家强盛、民族复兴贡献了力量。

参考文献:

- [1] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科, 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
WU A H, HOU Y F, YANG Q B, et al. Accelerating development and construction of emerging engineering, taking initiative to adapt to and lead the new economy[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(1): 1-9.
- [2] 朱高峰. 关于中国工程教育发展前景问题[J]. 高等工程教育研究, 2016(3): 1-4.
ZHU G F. Prospects for the development of engineering education in China[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2016(3): 1-4.
- [3] 赵庆志, 谭培红. 教学理念和教学模式及其对师生职业生涯影响的研究与实践[J]. 大学教育, 2018(10): 52-55.
ZHAO Q Z, TAN P H. Research and practice on teaching ideas and modes and their impact on teachers' and students' careers[J]. University Education, 2018(10): 52-55.
- [4] 杨茂云, 王改革. 面向新工科的网路协议教学实践[J]. 计算机教育, 2018(10): 81-84.
YANG M Y, WANG G G. Network protocol teaching practice for emerging

- engineering education[J]. Computer Education, 2018(10): 81-84.
- [5] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.

LIN J. The construction of China's new engineering disciplines for the future[J]. Tsinghua Journal of Education, 2017, 38(2): 26-35.

作者简介



马礼(1968-),男,北方工业大学计算机学院教授,主要研究方向为物联网、大数据处理、计算机系统结构等。



张永梅(1967-),女,北方工业大学计算机学院教授,主要研究方向为人工智能、图像处理等。

收稿日期: 2018-09-28

基金项目: 教育部高等教育司产学合作协同育人基金资助项目(No.201801121002); 北方工业大学2018年教育教学改革和课程建设研究基金资助项目(No.18XN009-002)

Foundation Items: Industrial-University Cooperation and Collaborative Education Project for Higher Education Department of the Ministry of Education(No.201801121002), 2018 Educational Reform and Curriculum Construction Research Project for North China University of Technology(No.18XN009-002)