

doi: 10.12052/gdutxb.180032

新工科与网络工程专业发展战略研究

徐明

(国防科技大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073)

摘要:“一带一路”、智能制造2025、工业革命4.0等正在重塑我国产业发展与升级的新格局,面对工程专业化人才新需求,迫切需要在总结网络工程专业发展经验成果的基础上,以新工科行动、工程教育专业认证、卓越工程师试点等计划为契机,积极探索培养高素质工程专业人才,建设一流网络工程专业的道路.本文从6个方面探讨了网络工程专业建设发展的新思路与新措施,努力实现专业建设新跨越,产教融合协同育人,为国家源源不断输送优秀的网络工程技术专业人才.

关键词: 网络工程; 人才培养; 新工科行动; 工程教育专业认证

中图分类号: G642; TP393-4

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2018)03-0024-05

Network Engineering Discipline Developing Strategy under the New Engineering Flag

Xu Ming

(School of Computers, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The Belt and Road Initiative, Intelligent manufacturing 2025, Industrial revolution 4.0 and so on are reshaping our industrial development and upgrading. Facing the new demand of engineering professionals, it is imperative to construct first-class network engineering disciplines, exploring the cultivation of professional talents of high quality, together with the new engineering operations, engineering education professional certification, as well as excellent engineer pilot plan, etc. The new ideas and measures for the development and reform of network engineering discipline are discussed in six aspects. What's to be done is to achieve a new leap in the integration of production and higher education, continuously delivering excellent network engineering professionals for the country.

Key words: network engineering; talents cultivation; new engineering; engineering education professional certification

随着互联网加速向各领域广泛渗透,“互联网+”产业生态链快速扩张,信息网络作为经济社会发展和社会进步关键基础与推动力量的地位和作用进一步凸显,物联网、大数据、云计算等不断催生新的服务和商业模式.与此同时,“一带一路”、智能制造2025、工业革命4.0等正在重塑产业发展与升级的新格局,催生新经济的增长点.因此互联网革命、新技术发展、制造业相互作用对新型专业人才提出了紧迫而强烈的需求.2017年,教育部适时提出新工科行动,倡导工程人才培养的新理念、新结构、新体系、新质量、新模式,向包括网络工程专业在内的大量工

科专业提出了新挑战,我国工程高等教育呈现出前所未有的良好发展态势^[1-4].

本文在总结网络工程专业的发展历程基础上,探讨结合新经济发展、新工科行动以及国内广泛开展的工程教育认证,建设一流网络工程专业,培养高素质强能力人才的新举措.目的是深化产教融合、促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接,以期为国家和社会发展做出新的更大贡献.

1 网络工程专业的发展历程

网络工程专业是在计算机科学与技术、通信工

收稿日期: 2018-02-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61672195); 湖南省高等院校“十三五”专业综合改革试点项目(2016-2019)

作者简介: 徐明(1964-),男,教授,博士,博士生导师,主要研究方向为无线网络、移动计算、云计算.

程等专业或者相关专业方向基础上经过发展逐渐成熟的专业.中国工程教育认证协会最新颁布的有关文件指出,网络工程专业旨在培养学生将数字通信、网络系统开发与设计、网络安全、网络管理等基本原理与技术运用于计算机网络系统规划、设计、开发、部署、运行、维护等工作的能力.

互联网与信息产业的高速发展促进了网络工程专业的快速成长.1998年,教育部颁布本科专业规范并明确网络工程专业的培养目标.2001年,据统计全国有11所高校开办网络工程专业.2003~2013年间,网络工程专业进入了快速发展阶段.至2016年底,据不完全统计,全国已有350多所高等院校开办了网络工程专业,其中既有双一流高校,也有众多职业技术学院,许多高校还设立了网络工程系或组建了网络工程专业教学团队,部分专业点还进入了国家级卓越工程师试点计划或者专业综合改革试点计划.

经过20多年的发展,网络工程专业的定位和办学目标不断清晰、专业内涵不断丰富.2015年初,在教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会组织了30多位知名专家教授成立全国性的网络工程专业教学指导工作组.该工作组第一项有意义的工作是参照国际著名的ACM/IEEE教程,梳理和出版《高等学校网络工程专业规范》^[5-6].该规范按照知识领域、知识单元和知识点3层架构组织网络工程专业的知识体系,包括有12个知识领域,112个知识单元,478个知识点;明确了5门核心课,即计算机网络原理,网络应用开发、网络设计与集成、网络管理与网络安全;也梳理出网络工程人才的6种专业能力,分别是网络工程规划、设计与实施能力,网络应用系统设计与开发能力,网络管理、维护与评估能力,网络安全能力,网络协议分析与设计能力以及网络硬件设备研发能力.此外,工作组还组织出版了网络工程核心系列教材,组织了全国性与地区性的网络技术学科竞赛,并逐渐与“互联网+”学科竞赛进行接轨.

西方发达国家20多年前开始开展的工程教育专业认证时至今日已日臻成熟并且逐渐为全世界所广泛接受,对全面提高和规范工程专业人才质量起到了非常大的帮助.从2006年开始,我国高等院校广泛开展了工程教育专业认证活动.据不完全统计,至今我国共完成了15大类200所高校600多个专业点的认证.2015年,我国成为华盛顿协议正式成员,标志着我国的工程专业人才标准得到国际间正式认可.就网络工程专业而言,从2015年开始已有国防科技大

学、西安电子科技大学、温州大学等3所高校通过了认证,另有若干所高校网络工程专业申请参加2018年认证.

工科专业建设不仅是培养更多的人才,而是要把握建设创新型国家的需要,对接工程专业人才的能力与素质新需求,既要有数量更要有质量.因此全国高校的网络工程专业在新经济、新工科的强大发展需求下,应该通过更紧密的产教融合,协同育人,在工程教育培育思维、方式与手段上寻求新的突破.同时,抓住机遇实现专业建设水平的显著跃升.

2 新工科与高等工程教育改革

广义而言,工科专业是可能“改变世界”的专业.对于学生个人而言,工科专业又是“职业规划宽度”最大的专业.从培养目标来看,工科专业不仅培养学生成为合格的工程师,而且应针对社会对多样化人才的需要,培养出有工程专业背景的管理人才、教师、商业经营人才以及媒体人才等.

新工科行动以建设和发展以新经济、新产业为背景,一方面主动设置和发展一批新兴工科专业,另一方面推动现有工科专业的改革创新.树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”,构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”,探索实施工程教育人才培养的“新模式”,打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”,建立完善中国特色工程教育的“新体系”^[2-3].从内涵上分析,新工科既针对新兴产业的专业,也包括传统工科专业的升级.与老工科相比,新工科强调新技术与传统技术结合,更强调实用性、交叉性与综合性,从而引领未来产业发展.新工科的核心围绕“智能制造”、“互联网+”而展开,大力培养先进设计、关键制造工艺、材料、建模与仿真以及工控自动化、云服务与大数据等方面的人才.

自新工科启动以来,凝聚“复旦共识”、实施“天大行动”、发布“北京指南”.新工科研究与实践项目指南涵盖的选题涉及新工科建设若干基本问题、新经济对工科人才需求分析、国际工程教育改革经验、我国工程教育经验、工科专业改造升级、新兴工科专业设置与建设、多方协同育人模式改革实践、多学科交叉融合工程人才培养、创新创业能力培养、高层次人才培养模式、新兴工科专业人才培养质量、基础课程体系与工程实践教学体系、教师评价激励机制、工程教育信息化以及专业评价制度研究等.以上的选题与近若干年国家倡导的高等教育改革计划既一脉相承,又互为补充.例如,2015年,教育部联合国家发

改委、财政部出台《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》号召建立产教融合、协同育人的人才培养模式。最近,国务院办公厅出台《关于深化产教融合的若干意见(国办发〔2017〕95号)》,强调改革人才培养供给侧和产业需求侧在结构、质量、水平不能完全适应的问题,将产教融合作为促进经济社会协调发展的重要举措,融入经济转型升级各环节,贯穿人才开发全过程,形成政府、企业、学校、行业、社会协同推进的工作格局。

在此背景下,需要每一个工科专业找准各自定位,发挥行业与领域优势,结合工程教育认证活动,检讨薄弱环节,全面提升专业建设的含金量。

3 网络工程专业建设与人才培养新探索

网络工程专业既有广义工程专业的基本特征,也具有其自身特质,尤其是与现代信息网络社会全方位对接,必须充分注意到高校最根本的是培养社会发展需要的人才,因此需要充分把握人才的层次性、能力特征以及创造性。

以下结合网络工程专业组的共识与多年的教学成果,从6个方面梳理网络工程专业的发展与实践探索。

1) 网络工程专业发展战略。

首先要做的工作是围绕新技术、新产业、新业态和新模式,展开分行业、分区域、大规模的调研,重点是网络工程科技人才的需求状况及趋势,聚焦到网络工程专业的建设、专业结构调整和人才需求调研分析,为本专业良性发展提供数据支撑和发展思路建议。

在相当长一段时间里,网络工程专业人才培养目标定位在狭窄的工程型人才培养上,过于关注组网工程、Web应用与网络管理维护,缺乏“大”网络概念,也没有把其他类型的人才需求(如网络金融人才、网络安全人才)充分反映进来。事实上,网络信息世界(Cyber Space)是一个汇聚计算机、通信网络、微机电、社会学、管理科学与工程等在内的人机物融合计算系统(CPS)。通过网络(包括互联网、传感器网、物联网等)与客观物理世界联系,通过人与人、物与物、人与物的信息交换达到物理世界、信息网络与社会网络之间的融合。

如果说过去网络工程专业关心的是自身或者“微”网络,未来的专业发展战略必须体现“宏”网络的概念,关注网络科学与技术几乎在所有领域对新

经济、新业务的交叉、渗透和影响,在把握现代信息网络的可靠性、安全性与可用性基础上,梳理与放大其工程价值、学术研究价值、社会价值与经济价值。

2) 深耕课程体系、教材体系与实践体系。

我国网络工程专业的建设最早是从引进国外优秀“计算机网络”教材开始的,其中特别是Andrew S Tanenbaum所著《Computer Networks》、J F Kurose和K W Ross所著《Computer Networking: A Top-Down Approach》以及国内陆军工程大学谢希仁所著中文教材《计算机网络》。网络工程专业逐渐以计算机网络这门课程为基础,发展形成了较为成熟的课程体系、教材体系与实践教学体系(具体参见文献[6-9])。

近年来,我国高校网络工程专业办学上有了积极的转变,特别是从知识的传授型转变为以专业能力培养为中心。随着教学思维的转变,不仅完善了课程体系,丰富了课程内容,改革了施教方式,而且打通了实践环节,加大实践力度,为新工科行动、卓越工程师试点计划等的实施创造了基础和条件。总体上,各个高校都是在大一、大二安排基础课程,包括数学与工程通识教育和基本的工程训练;大三、大四进入具体的专业课程学习,辅之以实践能力的培养。需要特别指明的是对于网络工程专业的学生,网络基本技能或素质训练远不只是会用网络,而应有更加系统化的设计。例如,网络配置与常见故障排除、移动APP开发、网络系统集成、网络安全技能以及网络思维训练等需要穿插在整个大学四年。但对照新工科梳理的国家需求与发达国家网络工程人才的培养,网络工程专业的学生在能力综合训练、创新素质等方面仍有比较多的欠缺。

3) 工程教育专业认证的牵引作用。

工程教育认证及评估作为教育部倡导的“五位一体”教学评估制度中非常重要的环节,受到越来越多国内工程类高等院校的重视,成为提高教学质量的重要抓手。工程教育专业认证的理念基础是目标导向型教育(OBE, Outcome-Based Education),以学生为中心持续改进。OBE目标导向的人才培养不仅是工程技术运用能力,也包括创造性地解决新的问题与复杂问题的能力,还包括合作素质、职业道德、照顾到环境与健康以及终生学习能力等。

概括地说,所培养的学生应该能够:(1)掌握深入的工程技术原理并能运用于工程实践;(2)在创建和处理新产品、新过程、新系统中发挥主导作用;(3)理解研究和技术发展对社会的重要的战略性影响。

目标导向型教育的深刻内涵在于:毕业要求上的任何能力点都应有明确描述并对应到课程或者人才培养的具体环节;承认学生个体存在差异并制定个性化的培养方案,注意力不仅聚焦在个别优秀学生身上而是所有学生,使每一个学生都能在学习上取得成功并且不断进步;强调绩效责任,学校更应为学习成效负责并依据评价进行改进,根据评估结果与社会(第三方)反馈修正教学过程与方法^[7,10]。

在中国工程教育专业认证协会推出的2015版工程教育认证通用标准中有9处提到复杂工程问题,不少高校老师觉得对于网络工程领域的复杂工程问题难以把握和提炼。实际上,针对解决复杂工程问题能力培养,网络工程专业拥有非常自然而贴切的背景。一方面,信息网络形成与发展凸显了很强的多学科交叉特征,涉及计算机科学与通信、控制科学、系统科学、网络空间安全等学科,甚至延伸到社会学、经济学等范畴,“互联网+”作为多学科交叉融合典型案例呈现出大量的多元性、交叉性;另一方面,网络系统常常是复杂的系统,不仅是结构的复杂性,还有行为的复杂性。迄今为止,“小世界”(Small-world)模型、“无尺度”(Scale-free)模型、随机网络模型等已经成为分析研究复杂网络的基本工具。但该如何进行定量分析?如何理解复杂网络行为的统计规律与不确定性?大量的问题还有待深入研究。

网络技术领域大量的复杂工程问题需要协同合作完成,解决方案常常意味着分解与集成、协调冲突以及利益权衡与折中妥协。需要在解决过程中使学生学会运用多学科知识,学会权衡性能、成本、安全、环境、健康以及全局与部分等关系。在解决问题的过程中,逐步提高问题的规模与复杂性,在提升过程中培养解决复杂问题的能力和培养创新性。以本团队自主研发的NetMagic网络实验平台为例^[11]。首先是让学生练习用这样的实践平台完成基本的训练,例如培养学生通过编码来实现网络流实时分析和处理;在此基础上尝试高级功能的设计,即怎样才能把实验做得更好,可以尝试结合多种模型、方法和手段(包括自动控制原理、人工智能手段)提取各层数据做特征分析以更准确反映网络功能问题;更高级的是可以设计实现多系统联动的入侵检测功能设计并对比分析各种实现方案,如成本、能耗等;直至考虑工程技术之外的其他因素,如环境、健康、法律等。

4) 产学融合,协同育人。

当今的开放式办学与过去吸引各种社会资源参与弥补高校教学资源不足不可同日而语。工程师培

养并非在课堂上就能做到的,而是必须放到企业或社会的大环境中去培养。培养学生学会去运用知识,学会评估与优化,既体会课堂上的技能,解决具体工程技术问题,也要学会从宏观流程看待工程实践问题及其与环境、健康、法律以及职业道德方面的内容。

结合新经济发展趋势和产业需求,需要构建产学研融合的网络技术人才协同培养模式和实践基地(平台),实现优势互补、项目共建、成果共享、利益共赢的人才培养共同体。例如:实现课程结构的模块化、案例化;将课程内容与工程背景(包括案例、材料、方法和工具)对接;课程内容综合化,不仅是理论与实践的综合,还包括专业能力、沟通协作、态度情感及法律伦理等;课程实施做到融教、学、做于一体;人才培养过程中做到校里、校外两头沉。

除此之外,还需邀请相关行业的工程师与管理层人员深度参与网络工程专业培养方案制定、毕业生评估、课程设置、教学内容和教学方法改革等,这方面应有制度性的设计。

5) 教师业绩评价激励与师资培训。

优秀的老师是培养高质量学生的关键,因此探索与新工科行动相匹配的师资队伍建设模式与途径尤为重要。

首先,结合不同类型高校及其所归属的领域特点,强化教师工程背景和相关工程实践能力,对教师的产业经历提出明确要求并积极创造条件。协同育人的实习基地首要的是建立师资培训基地。其次,要制定实施教师科学评价标准,这能够对指导教师进行客观评估,并通过激励机制、政策保障及教师发展方案等措施来稳定教师队伍。最后,要实践以学习者为中心的工程教育模式,这需要教师能够发掘学生天赋特长,探索个性化人才培养模式以及自主设计培养方案,探索学生在教师指导下自主规划职业的方法并为之建立必要的支撑保障条件。

6) 毕业设计再审视。

世界一流高校普遍将本科生的毕业设计定为一年,即Final Year Project,横跨第4学年。这理应是本科生4年所学课程及实践的综合或融会贯通,意义远超某一门课程。网络工程专业的学生除了在课堂上完成理论学习与专业意识熏陶,更重要的是在实践中学习,即通过实验、实习、毕业设计等实践环节了解网络系统的运营模式及工作流程,以全局观来观察、分析网络工程项目的供应链及其调度策略。甚至可探讨如何通过数据模型实现优化,结合数学工具与物理知识去解决实际问题,设计新产品,探索新工

艺. 毕业论文的选题往往与工业界结合或来自于实践活动中产生的问题. 学生以2~3人组成课题团队, 1~2周需向指导教师作1次汇报. 指导教师既为课题团队设定任务与目标, 也在过程中常态性考核每个学生的独立进行工作的能力与工作成果. 毕业设计过程中还可设置多元化的课程, 包括领导力培训, 获取一系列证书等, 学生学到的不仅是工程技术能力, 还包括综合素质, 表达能力、协调管理能力以及对复杂工程问题求解能力等.

在工程教育发达的国家, 如德国、加拿大等, 为本科生安排多达12~16个月的全职实习机会, 允许部分学生的毕业设计安排到企业进行, 甚至允许本科生中途离开学校到企业工作若干年再回学校拿毕业证. 相比之下, 国内的毕业设计时间短(大多只有半年), 考研、出外找工作等因素对毕业设计冲击较大, 导致大学生在最重要的学习阶段, 工程技术能力以及多方面的素质培养受到较大影响.

4 结论

新形势下, 随着宽带中国战略持续推进, 建设高效、可靠、安全的信息网络基础设施, 广泛深入推进“互联网+”革命, 需培养大批高水平网络工程专业人才, 对于扩大就业创业、推进经济转型升级、培育经济发展新动能具有重要意义.

网络工程专业人才培养服从国家和社会需求, 需要提高站位, 把握机遇, 积极应对挑战: 第一, 着眼网络技术与应用发展趋势, 把握网络工程专业的基础性, 即地位基础性和课程体系与实践体系的基础性; 第二, 着眼网络工程专业6种能力, 创新工程实践能力培养模式, 全方位提升解决复杂工程问题的能力; 第三, 着眼产教融合和协同育人, 使人才贴近需求而成长, 努力强化对新经济、新产业的贡献力.

参考文献:

- [1] 国务院办公厅.《关于深化产教融合的若干意见(国办发(2017)95号)》[R].北京: 国务院办公厅, 2017.
- [2] 教育部高等教育司.《关于开展新工科研究与实践的通知(教高司函(2017)6号)》[R].北京: 教育部高等教育司, 2017.
- [3] 教育部办公厅.《关于推荐新工科研究与实践项目的通知(教高厅函(2017)33号)》[R].北京: 教育部办公厅, 2017.
- [4] 教育部, 发改委, 财政部.《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见(教发(2015)7号)》[R].北京: 教育部, 发改委, 财政部, 2015.
- [5] 教育部高等学校计算机科学与技术教指委.《高等学校网络工程专业规范》[M].北京: 高等教育出版社, 2016.
- [6] 徐明, 曹介南.《高等学校网络工程专业培养方案》[M].北京: 清华大学出版社, 2012.
- [7] 陈道蓄.中国工程教育认证标准解读[R].北京: 中国工程教育认证协会, 2015.
- [8] 蔡志平, 胡昱, 曹介南, 等.网络工程专业工程教育认证的探索和研究[J].中国大学教学, 2016(9): 36-41.
CAI Z P, HU G, CAO J N, *et al*, . The research on network engineering professional accreditation [J]. China University Teaching, 2016(9): 36-41.
- [9] 曹介南, 徐明, 朱培栋, 等.网络工程专业能力评估方法研究[J].中国大学教学, 2015(8): 35-37.
CAO J N, XU M, ZHU P D, *et al*. The research on evaluation of network engineering professional capabilities [J]. China University Teaching, 2015(8): 35-37.
- [10] 陈平.专业认证理念推进工科专业建设内涵式发展[J].中国大学教学, 2014(1): 42-47.
CHEN P. The intensive development of engineering discipline based on engineering professional accreditation [J]. China University Teaching, 2014(1): 42-47.
- [11] 孙志刚, 李韬.基于可编程实验平台NetMagic的路由交换原理实验教学[J].计算机教育, 2016, 261(9): 3-8.
SUN Z G, LI T. The teaching of routing experimental principles based on the netmagic programmable platform [J]. Computer Education, 2016, 261(9): 3-8.