

关于计算机与信息科学教育的思考

吴杰
美国天普大学

关键词：计算机教育 人才培养

从1985年在上海科技大学（现上海大学）开始，到如今在美国天普大学，我从事计算机与信息科学教育事业已逾26年。回顾这段时间，计算机教育发展迅速，特别是在计算机课程上发生很多的变化。以数据结构课程为例，从开始使用的Pascal语言，发展到如今的C语言和Java语言。自1990年早期开始，我每年有幸受邀访问多所国内高校和研究所，如清华大学、南京大学、上海交通大学和中国科学院计算技术研究所等。以往和国内同行的交流主要专注于研究领域。这里我将以近年来美国计算机教育存在的问题以及应对的策略为例，与国内同行分享一下个人对计算机教育的一些认识，探讨计算机教育改革的方向。

STEM专业相比，反而有所下降。在大学教育方面，2000年至今，计算机专业的学生总人数下降了70%，其中女生人数下降了80%。

虽然，最近几年计算机行业就业率呈现逐年增加的趋势，但是与其他行业相比，美国计算机行业的毕业率却增幅不足（图2）。

“应该采取哪些举措以缓解计算机生源面临的危机”成为计算机教育持续发展亟待解决的问题。我将从三个方面谈谈个人的见解，提出计算机教育及整个教育面临的三个挑战。首先将介绍美国中学计算机教育的一些最新举措；然后，以美国计算机学会（Association for Computing Machinery, ACM）课程推荐动向为例，介绍美国大学计算机课程设置；最后，通过对比中美教育，探讨如何培养适合社会的有用之才。

计算机教育的潜在危机

2000年，泡沫经济造成了全球性的经济萧条，对计算机界造成了重大影响，导致了招生率和就业率下降。具体而言，尽管计算机科学的毕业生就业率在整个科学技术和工程数学（science, technology, engineering, and mathematics, STEM）领域中上升到71%（图1），但在中学教育中，其生源与其他

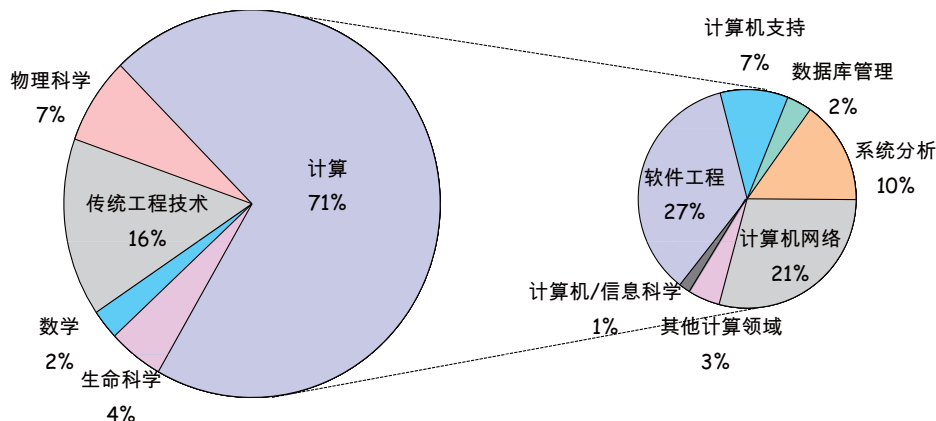


图1 预计2018年STEM专业就业趋势



计算机教育从中学抓起

当前计算机教育面临的第一挑战在于：“如何改变人们认为计算机科学就是工具学科的潜在观念”。为此，我们需要把计算机打造成精品专业，并从中学开始开展计算机学科教育。在此方面，美国计算机教育界的一些成功经验可供借鉴。

NSF计划 美国科学基金委员会（The National Science Foundation, NSF）在推动中学计算机教育方面采取了一些行之有效的措施，包括：扩大计算机生源联盟（Broadening Participation in Computing Alliance, BPC-A）和21世纪计算机教育（Computing Education for 21st Century, CE21）计划等。其中，BPC-A关注K-16计划，即大学以前的12年和大学4年的计算机教育。CE21的主要目标则是培养计算机提高班（Advanced Placement, AP）的师资力量。奥巴马政府最近计划在3年内培养10万名STEM方面的教

师，其中包括培养1万名计算机教师。此外，随着远程/网上学习机会的增加，美国科学基金委员会还推出了“如何通过网上教育改变教育模式”（Cyber-learning: Transforming Education, CTE）的新项目。

ACM联盟 在专业学会方面，ACM组织了计算机科学教师联盟（The Computer Science Teachers Association, CSTA），其目的是汲取其他教师联盟，如国家科学教师联盟（The National Science Teachers Association, NSTA）和国家数学教师联盟（National Council of Teachers of Mathematics, NCTM）的成功经验来推动中学计算机教育，并且扩大生源。CSTA重点关注5岁到18岁学生的计算机教育，并修订了计算机课程（包括高中计算机提高班）。相信随着中学计算机教育的深入开展，必能为将来计算机全面教育奠定坚实的基础。

大学计算机课程的设置

计算机教育已经从过去的单一模式发展到现在的多样化模式。以计算机科学为例，理论基础已经从传统的数理逻辑和数学工程发展到现在的多个方向（数学、统计、认知科学、社会科学和物理科学），并且计算机应用呈现出多学科交叉发展的趋势。在这种情况下，计算机课程设置面临很大挑战。我将从四个方面同大家分享课程设置的要点。

ACM课程推荐 ACM从1965年开始，平均每10年做一次课程推荐，每次推荐都有一些重点^[1]。

例如，1968年的重点是算法思考；1978年侧重程序技巧；1991年强调多组核心课程（其中，入门课程有多个选择，包括命令式语言入门、面向对象语言入门、函数式语言入门、算法入门和硬件语言入门）；2001年引进了多专业。在多专业方面，2005年具体推出了5个专业课程设置：计算机工程、计算机科学、信息系统、信息技术和软件工程。2013

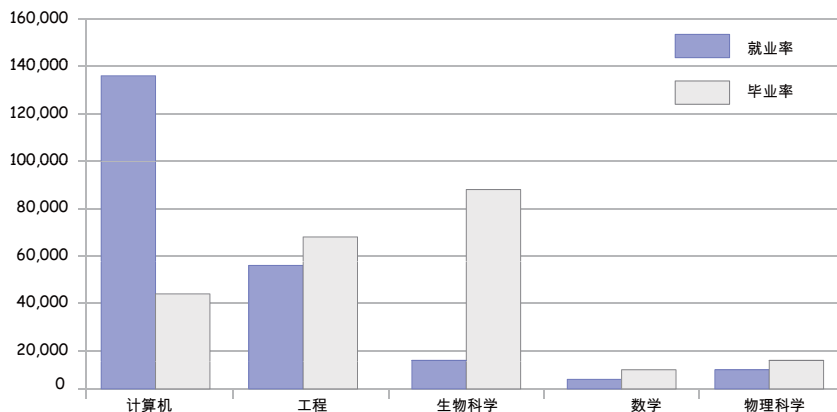


图2 各专业招生率与就业率对比

年的课程目前还在拟定中。我在与ACM教育委员会成员安德鲁·麦格特里克 (Andrew McGettrick) 的交流中获悉, 2013年课程推荐的重点是课程外延(即如何与其他专业融合)。

名校课程设置 一些顶尖高校在课程设置和院系结构方面自有特色。以课程设置为例, 斯坦福大学计算机系开设了“人工智能导论”免费在线课程^[2], 并通过网上考试、打分, 为学生颁发证书; 在麻省理工学院计算机系, 弗朗斯·卡肖克 (M. Frans Kaashoek) 教授和迪娜·卡特比 (Dina Katabi) 教授开设了“计算机系统工程”课程^[3], 其内容广泛、深入浅出。在院系结构方面, 有些学校因为计算机院系规模大, 所以院系结构复杂。以卡耐基梅隆大学为例, 其计算机学院平级地分为系、所、中心, 而且博士专业点多^[4]。最近我与马里兰大学计算机系系主任拉里·戴维斯 (Larry Davis) 讨论了上述现象, 认为由于一些教授很难就计算机核心课程达成共识, 因此多核心课程的设置能够满足不同教授的需求。

远程/网上教育 远程/网上教育是否能够代替传统课堂教育仍是尚待商榷的问题。支持方认为远程/网上教育能够更好地促进老师与学生之间的互动, 将传统模式(老师主动, teacher-push)发展成新的自助教育模式(学生主动, student-pull)。反对方认为远程/网上教育难于进行考核。虽然相关争论仍在继续, 但远程/网上教育的模式却不断推陈出新, 例如: MIT OpenCourseWare 将所有课程都放在网上^[5]; iTunes U 保证所有苹果产品用户能够在线下载课程^[6]; 中国最近推出了“中国大学视频公开课^[7]”。

宏观课程模式 站在宏观角度来制定计算机课程模式尤为重要。众所周知, 传统科学模式主要包括两个模式: 理论(主要的科学模式)和实验(使用仪器、操作和观察来验证理论和构造模型)。20世纪80年代初, 随着计算机技术, 特别是高性能计算的发展, 出现了第三个模式, 即计算模式(即实验的特例, 以计算机为工具进行数值分析)。而最近几年, 在计算机数据挖掘技术的推动作用下, 出现了第四个模式, 即数据驱动模式^[8](利用数据处

理和计算系统对大量科学数据进行虚拟化操作和管理)。计算机课程如何围绕两个新的模式进行调整和修改, 已成为亟待解决的问题。

综上所述, 可以引出计算机教育面临的第二个挑战: “外延计算机课程, 同时保持核心课程”。我认为解决方案应该是, 在培养学生时, 传授具有计算机科学特色的思考方式和解决问题的方法, 并利用IT技术实现教学相长。

应该培养什么样的学生

近年来, 中美教育引起了广泛的关注, 出现了一些热门话题, 下面就以此为契机, 和大家分享一下我对中美教育的一点感悟, 并对应该培养什么样的学生进行初步探讨。

中国教育 近几年来, 国内计算机的发展和国际地位的上升是有目共睹的。在过去ACM国际大学生程序设计竞赛中, 美国一直占有优势, 但是最近十年中国和俄罗斯迅速崛起。例如, 上海交通大学3次获得冠军, 总成绩排名第一, 浙江大学2011年也获得了冠军。在两年前全世界65个国家中学生能力测试中, 上海的学生在读、写和数学三个领域都荣获第一名, 而美国在这三个领域只排名11、11、26, 从而看到了上海推行“一流城市, 一流教育”的成效。但有趣的是, 2011年北美对中国式教育展开了激烈的讨论。事情的起因是源自耶鲁大学的讲座教授蔡美儿写的《虎妈》(Battle Hymn of the Tiger Mother^[9])一书。该书将使用强制手段教育子女的中国母亲称为“虎妈”, 在北美的主要杂志和报刊引起了强烈的反响。《纽约时报》2011年1月15日写到“中国儿童一般在2岁开始接受正规教育”, 然而, “中国人一般更倾向于美国寓学于乐的教育系统”; 《纽约时报》2011年11月3日在《中国难题》中写到“很难从应征者中分辨优秀的中国学生”。在我参加中国计算机大会期间, 又在《中国日报》上看到了关于中国“狼爸”的报道。

美国教育 在美国方面, 最近有很多关于普通教育的争论。美国著名评论家托马斯·弗雷德

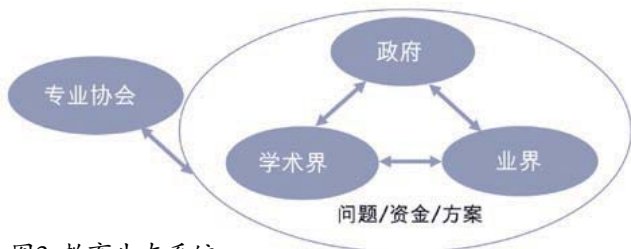


图3 教育生态系统

曼 (Thomas L. Friedman) 在《我们曾经是这样》(That Used to Be Us^[10]) 中将公共教育视为美国经济复兴的五个支柱之一。然而,“是否需要高等教育”仍然是在美国一些主流电台经常讨论的题目。由于业界有多位杰出人物,如比尔·盖茨、史蒂夫·乔布斯、麦克·戴尔、马克·扎克伯格等都没有完成大学学业,使得普通大众对大学教育认识不足,导致社会对基础教育缺乏足够的重视。

中美对比 中美教育体制的不同在于:(1)大学录取制度不同。美国除了统考SAT (Scholastic Assessment Test, 学术能力评估测试)外,还要看年级排名和课外活动;(2)学习阶段略有不同。美国有些学生在进入大学之前,会进入两年的社区学院,在大学毕业之后才进入职业学院(如医学和法律);(3)教育方法稍有差异。中国教育是高度结构化和有秩序地学习,美国则强调批判性思维和学生为中心。美国的数理化基础教育没中国扎实;但是其教育系统比较灵活,而且非常强调课外活动的重要性,包括:社团活动、体育和义工,使得美国学生具有一定的团队和献身精神。

教育要领 总体而言,我认为教育的五个要领在于:学会学习、学会做事、学会共处、学会做人、学会改造自己和社会。中国学生在数理化方面成绩优异是公认的,但关键是如何灵活运用。有些计算机学生虽然数学很好,但是习惯使用较复杂的数学公式来解释一些简单问题。我认为“如何利用最为简洁的方式来描述问题”更为重要。以绘画为例,毕加索和马蒂斯之所以伟大在于能够灵活地使用简单的抽象来表示画的意境。除熏陶学生的团队和献身精神之外,教育很重要的目的是培养学生的个性。以古典音乐为例,一些历代的著名小提琴演

奏家都有各自的不足,如埃尔曼双臂短小,梅纽因右手缺陷,克莱斯勒疏于练习,海费茨缺乏舞台感染力。但是,没人会质疑他们的音乐才能,因为他们的演奏有自己的特色和音色。

综上所述,计算机教育的第三个挑战是:“如何通过普通教育培养全面的人才”,个人认为如要培养全面的人才教育,必须以促进社会发展为目标,充分发挥学生的潜力,使其成为社会的有用之才。

结语

教育体制是一个大的生态系统,它的成功需要政府、业界、学术界、专业协会的相互扶持(图3)。上述分析中,我们可以看出中美教育模式各有特点,两者应该相互学习,取长补短。更为重要的是,教育应该根据社会发展而自适应调整。引用达尔文进化论的话“物竞天择,适者生存:最后生存下来的既不是最强大的物种,也不是最智慧的物种,而是最适应变化的物种”。中国计算机教育很有发展前途,而且有政府的大力投资和社会各界的鼎力支持,一定能够达到世界顶尖水平。■

(本文根据2011 CCF中国计算机大会报告整理而成)



吴杰

CCF海外理事。2011 CCF海外杰出贡献奖获得者。美国天普大学教授。主要研究方向为移动计算和无线网络、并行与分布式计算等。
jiewu@temple.edu

参考文献

- [1] <http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>
- [2] <https://www.ai-class.com/>
- [3] <http://web.mit.edu/6.033/lec/>
- [4] <http://www.cs.cmu.edu/prospectivestudents/doctoral/index.html>
- [5] <http://ocw.mit.edu/index.htm>
- [6] <http://www.apple.com/education/itunes-u/>
- [7] <http://www.icourses.edu.cn/>
- [8] <http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/>
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Battle_Hymn_of_the_Tiger_Mother
- [10] <http://www.thomasfriedman.com/bookshelf/that-used-to-be-us>