

计算机科学教育:人人享有的机会

——美国《K-12 计算机科学框架》的特点与启示

卢蓓蓉¹, 尹佳¹, 高守林¹, 金凯¹, 廖媛¹, 任友群²

(1.华东师范大学 教育学部 教育信息技术学系, 上海 200062;

2.华东师范大学 教育学部 课程与教学研究所, 上海 200062)

[摘 要]《K-12 计算机科学框架》提出了新时期美国 K-12 计算机科学教育的发展愿景及实现路径,明确了计算系统、网络和互联网、数据和分析、算法和编程、计算的影响等五大核心概念,提出了创建全纳的计算文化、通过计算开展合作、识别和定义计算问题、发展和使用抽象思考、创造计算产品、测试和改善计算产品、计算的沟通等七大核心实践,提出了计算机科学和学前教育重要理念的整合途径。推进我国计算机科学教育,应提高中小学计算机科学课程地位,在学前教育中恰当引入计算机科学教育,注重中小学计算机科学课程的系统性与实践性,强调重视计算机科学教育研究及其成果运用。

[关键词] 计算机科学教育; K-12; 美国; 计算思维; 学前教育

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 卢蓓蓉(1975—),女,甘肃临夏人。高级工程师,博士研究生,主要从事教育信息化、信息技术教育的研究。E-mail:brlu@admin.ecnu.edu.cn。

2016年11月,美国《K-12 计算机科学框架》(K-12 Computer Science Framework)发布(以下简称《框架》)。^[1]《框架》由美国计算机学会(The Association for Computing Machinery)、公益组织 Code.org(该组织致力于在美国推广计算机编程的教育,是编程一小时活动的组织者)、计算机科学教师协会(Computer Science Teachers Association)、网络创新中心(Cyber Innovation Center)以及国家数学和科学计划(National Math and Science Initiative)与多个州、学区等协同开发。框架的研制采用多方参与、不断迭代的方法,有27位写作者、25位专家顾问、州/区教育机构代表以及公众共同参与框架研发。专家顾问对框架的核心概念和实践进行界定并在制订过程中提供反馈。框架有三个公众审查反馈期,根据反馈和专家意见对草案进

行重新修订。深入考察《框架》的理念和内容,对于改进我国基础教育阶段信息技术课程标准修订的工作方式、提升信息技术课程标准的修订质量、提高信息技术教材的开发水平、促进信息技术课程教学改革具有积极的借鉴意义。

一、《K-12 计算机科学框架》出台的背景

2015年12月,美国总统奥巴马签署了《每位学生都成功》法案(ESSA, Every Student Succeeds Act),该法案旨在通过强有力的多元综合的教育变革,使得每一个学生都获得成功。法案明确指出,将计算机科学定位为与阅读、写作同样重要的中小学基础学科,强调计算机科学与其他课程领域的联系,并提出尽早开展计算机科学教育将会给美国社会带来巨大利益。^[2]

2016年1月,美国发布了“为了全体的计算机科学”(CSFA, Computer Science For All)的计划,旨在采取大胆的新举措,让美国年轻一代学生掌握数字经济社会所必需的计算机科学技能,这些有力措施包括对各州 K-12 计算机科学教育提供 40 亿美元资助,以及 1 亿美元直接资助学区;美国国家科学基金会(NSF)和国家与社区服务公司(CNCS)为计算机科学研究提供 1.35 亿美元资助等。根据该计划提供的调查数据,越来越多的父母开始认识到计算机科学教育的重要性,九成的受访家长希望他们孩子的学校能教授计算机科学。然而,据估计,美国所有的 K-12 学校中,只有四分之一的学校能提供优质的计算机科学课程,22 个州在高中毕业时不考虑计算机科学的成绩。2015 年,参加美国大学预修课程(AP, Advanced Placement)计算机科学考试的学生中,只有 22% 是女生,拉美裔和非裔美国学生的比例则只有 13%。^[3]

这些国家政策的出台,体现了美国联邦政府在数字时代对计算机科学教育的高度重视,必然引发美国计算机科学教育的变革。在此背景下,各州表达出对计算机科学教育指南性文件的迫切需求。《K-12 计算机科学框架》的研制正是为了响应各州对指南性文件的需求,框架中并不包含具体的标准、详细的课程教学活动,而是一个高水平的指南,各州、区或者组织可

据此来制订自己的标准和课程。

二、《K-12 计算机科学框架》的主要内容

(一)《框架》的目标与理念

《框架》不仅是一系列的标准,它为 K-12 计算机科学教学提供了一系列核心的概念和实践。制订者希望各州、学区和组织等利用框架研发自己的标准、课程和教学方法,从而为计算机科学教育创造空间,促进计算机科学的发展。

《框架》不仅是关于编程的,也致力于帮助人们理解编程是如何影响计算机之外的世界的、编程和数据是如何与数学、科学甚至是历史和艺术等学科产生互动的。框架为计算机科学教育提供了一个新的视角:引领计算机科学从“少数幸运儿的学科”转变为“人人享有的机会”(from a subject for the fortunate few to an opportunity for all),倡导计算机科学教育的普及性和全民性。

在《框架》设想下,学生未来应拥有以下的能力:

- (1) 批判性地参与关于计算机科学主题的公共讨论;
- (2) 发展成为计算机科学知识和产品的学习者、使用者和创造者;
- (3) 更好地了解计算在周围世界中的作用;
- (4) 在其他科目和兴趣领域中学习、表现和表达自己。

表 1

五大核心概念

计算机系统(Computing Systems)
人们与各种各样的计算设备进行交互,这些设备通过能够积极或消极地影响人们能力的方式,对信息进行收集、储存、分析并基于信息运行。物理构成(硬件)和指令说明(软件)共同组成一个计算系统,以数字形式进行信息通信和处理。当计算系统没有按照预期运行,需要检修时,对于硬件和软件的理解是有用处的
网络和互联网(Networks and the Internet)
计算机设备通常不是孤立运行的。网络实现了计算机设备的互联,使信息和资源的共享成为可能,越来越成为计算机必要的组成部分
数据和分析(Data and Analysis)
计算系统的存在就是为了处理数据。现实世界产生的数字数据的数量不断膨胀,因此高效处理数据的需求越来越迫切。收集和存储数据并进行分析,可以帮助人们理解世界,进行更多准确的预测
算法和编程(Algorithms and Programming)
算法是设计用于完成特定任务的一系列步骤。算法被翻译成程序或者代码,用于为计算机设备提供指令。算法和程序控制整个计算机系统,使人们能够用新的方式与世界沟通,并解决人们关注的问题。有价值、高效率的程序的开发过程包括选择信息,如何处理和存储信息,将大的问题分解为小的问题、重新组合已有的解决方案和分析不同的解决方案
计算的影响(Impacts of Computing)
计算影响着世界的方方面面,从地方到国家、再到全球,计算从不同水平产生了积极或消极的影响。个体和社区通过他们的行为和文化与社会的交互影响计算,反过来,计算也影响着新的文化实践。一个有文化的、有责任感的人应该理解社会对数字世界的影响,包括计算机的公平和准入

(二)《框架》的结构

《框架》共有 307 页,其中正文部分 228 页,共分为 10 章,分别是:(1)K-12 计算机科学的愿景;(2)计算机科学教育中的公平;(3)制订过程;(4)框架导航;(5)实践——包括计算思维;(6)概念——包括交叉概念(Crosscutting Concepts);(7)标准制定者指南;(8)实施指南:课程、课程路径和教师发展;(9)学前教育中的计算机科学;(10)研究在框架的制订及未来中的作用。

《框架》指出,K-12 中的计算机教育包含计算机素养(Computer Literacy)、教育技术(Educational Technology)、数字公民(Digital Citizenship)、信息技术(Information Technology)和计算机科学(Computer Science)。其中计算机科学作为所有计算的基础,是计算机和算法过程的研究,包括它们的原理、软硬件设计、应用以及它们对社会的影响。

(三)《框架》的核心概念

《框架》的核心概念呈现了计算机科学领域的主要内容,主要介绍了五大核心概念:计算系统、网络和互联网、数据和分析、算法和编程、计算的影响。核心概念下包括核心概念综述和多个二级概念。《框架》在进行综述的同时,也列举了不同年级学生需要学习和培养的相关内容。每个二级概念的学习过程的不断深入,将学生从幼儿园到 12 年級的计算机科学学习连成了一条线。五大核心概念及二级概念的具体内容见表 1。

(四)《框架》中的核心实践

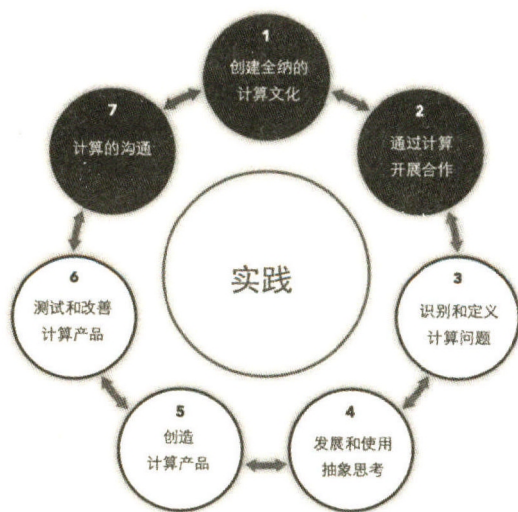


图 1 包含计算思维的核心实践

《框架》一方面重视对学科核心概念的理解,同时强调计算机科学要培养学生的实践能力,提出了七大核心实践:创建全纳的计算文化、通过计算开展合作、

识别和定义计算问题、发展和使用抽象思考、创造计算产品、测试和改善计算产品、计算的沟通(如图 1 所示)。这些实践本身就是相互整合的,也与概念有机融合。《框架》有意包含很多重复的语言来说明它们之间的关联。它们的呈现顺序暗示着一个开发计算产品的过程,这个过程是循环往复的,并且可以遵循不同的路径。

计算思维是计算机科学实践的核心,通过图 1 中的实践 3~6 来描述。实践 1、2 和 7 是计算机科学中对计算思维进行补充的、独立的、通用的实践。计算思维是指使用计算机可执行的计算步骤或算法的形式呈现解决方案的思考过程。计算思维要求理解计算机的能力,系统地阐述需要被计算机处理的问题和设计计算机可以执行的算法。最有效的发展计算思维的情境和方法是学习计算机科学,它们是内在联通的。计算思维本质上是一个问题解决过程,这个过程中会利用计算机来设计解决方案,这个过程在写一行代码之前已经开始。计算机在记忆力、速度和执行准确性方面均具有优势。它们需要人们通过一种正式结构来表达想法,比如编程语言。与通过在纸上写注释来“记下你的想法”相似,编写程序使人们能够通过一种能够操作和检查的形式来使想法外部化(Externalize)。编程使学生能够考虑他们的思维,通过调试程序,学生可以排除自己思维的问题。尽管称之为“计算思维”,但是计算思维根本上是一种人的能力,计算思维可以跨越计算机科学边界应用于多学科领域,如 STEM,甚至是艺术与人文学科。

《框架》七大实践的每个实践包括三部分内容:综述、实践表述、拓展。综述用于描述实践;实践表述描述学生在结束 12 年级学习后应该达到的水平,相当于目标;拓展是进一步的、更为具体的介绍。每一个目标描述如何在学生幼儿园到十二年级的过程中,呈现复杂程度不断提高的特殊实践。拓展则使用叙事形式来强调学生在实践方面发展的不同路径。这里讲到的案例描述了所有学生能够做的事情,但不是强制的。

三、《K-12 计算机科学框架》的主要特点

(一)对计算思维的高度重视

《框架》建立的根基有两点:第一,计算机科学为发展计算思维提供了独特的机遇;第二,框架的实践能够被应用于超越计算机科学的其他学科。框架强调:“计算思维不仅是计算机科学家的专利,它对于每个人来说都是基本技能。为了更好地阅读、写作、

算数,我们应该将计算思维融入每个孩子的分析能力中。”

《框架》中对计算思维的表述超越了教育中通常使用计算机或者技术的情况,将概念拓展至包括特殊能力,如设计算法、分解问题、现象建模等。如果计算思维可以在没有计算机的情况下发生,反过来在教室中使用计算机不是形成计算思维的必要条件。例如,当学生将数据输入电子数据表或者绘制图表时不一定要使用计算思维。然而,如果学生创造算法使数据自动转化或用算法实现交互数据可视化,这一行为则包含了计算思维。

除了评估产品本身特性之外,计算产品(如计算思维)必须通过评估产生它的过程来区分。例如,同一部数字动画可以通过仔细构建算法控制人物移动和交互得到,也可以单纯从预先指定的模板中选取人物和动作。在这个例子中,正是创建动画的过程决定了它是否是一个计算产品。因此,可以通过学生阐述他们的决策和开发过程促进对于计算思维的评价。

虽然计算思维是计算机科学的焦点,也被包含在其他学科的标准中。例如,美国许多州的科学标准中明确引用了计算思维,在数学标准中含蓄地提到计算思维。此外,最近修订版的《国际教育技术协会标准—学生版》(ISTE2016, International Society for Technology in Education Standards for Students)中采用与《框架》相同的方式描述了计算思维。所有这些文件都秉持相同的看法——计算思维对所有学生都很重要。

(二)提出了计算机科学和学前教育重要理念的整合途径

大量的研究表明,只要合理设计与利用计算机科学,ICT将有助于3~6岁儿童智力、语言、社会性、创造力等的发展。^[4]ESSA法案颁布以后,美国联邦政府立即启动了“学前发展资助项目”(Preschool Development Grants Program),致力于改善学前教育基础设施,促进和提高学前教育发展项目等。^[5]

《框架》特别关注学前教育中的计算机科学教育,并将此作为一个独立的章节。《框架》指出,计算机科学不仅仅是一个开发技术能力和知识内容的工具,它还可以嵌入基于游戏的早期学习实践中。

如图2所示,模式、问题解决、表征、排序等四个重要理念被嵌入学前教育阶段数学、文学、科学的核心内容框架中,而关于社会和情感学习的第五个重要理念则被认为是所有学前教育实践的一个整体架构。而且,这些重要理念是学前教育游戏学习环境中教学法基本原则所涵盖的。



图2 计算机科学和学前教育重要理念的整合

这五个重要理念是在当前日常的学龄前背景下描述的,然后延伸到计算机科学的情境下。通过这种方式,计算机科学就变成了儿童在自身环境中参与的自然延伸,并且依赖于教育者所做的日常学前教育实践活动。每一个重要理念都与框架中的一个或多个实践相关联。(1)社会和情感的学习(Social and Emotional Learning):良好的情感、行为以及认知能力为成功学习和发展提供了基础。与《框架》中的培养包容性的计算机文化、基于计算机的协作和关于计算的沟通等实践相关联。(2)模式(Patterns):模式通过使用常见特征(例如颜色、形状、大小)组织对象和信息,以帮助我们认识世界。与《框架》中的发展和使用抽象思考等实践相关联。(3)问题解决(Problem Solving):儿童通过问题解决建构知识。与《框架》中识别和定义计算问题、创造计算产品、测试和改善计算产品等实践相关联。(4)表征(Representation):人们可以使用符号来表示概念。与《框架》中发展和使用抽象思考、创造计算产品、计算的沟通等实践相关联。(5)排序(Sequencing):排序是在一个特定的顺序中安排事件、理念和对象的过程。与《框架》中识别和定义计算问题、发展和使用抽象思考、创造计算产品等实践相关联。

(三)系统化的设计

《框架》统筹考虑K-12阶段的计算机科学教育,每一学习阶段的学科教学内容都对应不同水平的能力要求。框架的概念和实践部分有三种查看方式,分别为:年级段视图(Grade Band View)、拓展视图(Progression View)和概念视图(Concept View),以满足不同使用者的需求。

(四)给课程标准制定者提出的要求

《框架》作为各州开发计算机科学课程标准的指南,为计算机科学课程标准的开发提出了明确的操作

要求。(1)精确性(Rigor):一份优秀的课程标准应当涵盖适量的概念理解,对概念的应用要作出要求,对课后实践也应有具体要求。(2)聚焦性与可操作性(Focus/Manageability):课程标准不应太过繁杂,应当注重从框架中提取内容与练习,并且分年龄段/年级撰写。(3)代表性(Specificity):课程标准中的描述性语言应当具备较高的代表性,既不过于宽泛,也不过于具体,其代表性也应当贯穿标准始终。(4)公平性与多样性(Equity/Diversity):课程标准的设立应当考虑到学生对其他学科知识和过往所学知识有着不同的掌握程度,所以掌握程度标准的界定需要预留一定自由度。课程标准撰写者与审核者的构成应尽量多元,以实现课程标准的公平与多样化。(5)可读性(Clarity/Accessibility):课程标准制定者应当使课程标准对于使用者而言清晰易懂,包括清楚的界定术语和相关案例。(6)连贯性(Coherence/Progression):跨越多个年级的课程标准在跨年级时需要具备一定的连贯性。(7)可评估性(Measurability):课程标准的制订需要使学生学习与教师教学能够客观衡量。(8)实践与书本知识的结合(Integration of Practices and Concepts):计算机课程标准的制订应当在书本知识讲解的基础之上配以一定量的实践操作内容。(9)与其他学科的联结(Connections to Other Disciplines):计算机科学与诸如数学、科学、工程学以及人文学科等主题领域都有重叠,包括语言、社会研究、艺术和音乐。在计算机科学的标准与其他学科标准之间建立有意义的联系,将促进更连贯的教学体验。

(五)指出了 K-12 计算机科学教育研究的局限

《框架》虽然引用了美国计算机科学教育的多项研究成果,但是也特别指出,需要更严密的实证研究来解决 K-12 计算机科学教育研究中所提出的悬而未决的问题。框架指出了下面三个突出问题:(1)大部分已经发表的关于美国计算机科学教育的研究是在大学生群体中展开的,很少是针对 K-12 学生群体的。(2)K-12 背景下的研究往往都是基于有限的样本和范围,难以对不同年级和不同学生群体以及计算机科学概念和课程的研究结果进行概括。(3)与任何应用研究背景一样,方法限制对研究结果的有效性造成影响。需要开发完善的工具,来研究计算机科学教育的最佳实践方法。

四、对我国信息技术课程教学发展的启示

(一)提高信息技术课程地位

美国联邦政府对计算机科学教育高度重视,出台

了一系列关于计算机科学教育的政策文件,加大资金支持,将计算机科学明确定位为与阅读、写作一样的中小学基础学科,强调计算机科学教育是人人享有的机会。

在我国,尽管人们已经普遍认识到了信息技术课程的价值,认为其在培养学生适应信息社会的发展方面具有重要作用,信息技术能力是发展学生终身学习能力的重要因素,然而信息技术课程受重视程度与其作用不相称。^[6]一方面,在中小学,无论是课时设置还是师资配备,计算机课程的地位远远不能与语、数、外等基础学科相比。计算机课程的课时明显不足,以上海为例,上海当前仅仅在三年级、六年级和十年级三个学段分别开设各 68 课时的信息科技课程。另一方面,中小学信息技术教师大多兼任学校信息化基础设施运维及信息化应用服务等多项工作。因此,我国应从顶层设计的角度加强对信息技术课程的重视,逐步增加信息技术课程的课时设置,促进信息技术课程教师的专业化成长,并在有条件的地区将信息技术课程纳入中考、高考科目,通过加强课程建设促进全民信息技术能力的提升。

(二)构建综合整体的基础教育阶段信息技术课程框架

构建整体和综合的课程框架是 21 世纪全球课程构建的新趋势,所谓整体就是要打破原有的分学段设计,将各学段打通进行整体设计,以加强学段间的紧密联系;所谓综合就是要跨越学科界限,实现学科融合。^[7]2014 年 12 月,教育部启动了新一轮普通高中课程标准的修订工作,^[8]高中信息技术课程标准的修订也就此开始。新标准预定于 2017 年年初正式发布,2017 年 9 月开始实施。但是当前我国义务教育阶段还没有统一的信息技术标准。^[9]因此,建议在后续的课程改革中,能够尽快建立跨越义务教育全学段甚至包含学前教育阶段的信息技术课程框架,并积极与数学、思政等学科进行融合,实现在信息化教学环境中的全员、全方位、全过程的信息技术教育。

(三)探索在学前教育阶段融入信息技术教育

《框架》将“学前教育中的计算机科学”作为独立的一章,特别强调了学前教育阶段计算机科学教育的重要性。当前我国学前教育阶段中的计算机科学教育,无论是研究还是实践都还比较少,幼儿园教师的信息技术应用培训也还比较薄弱。因此,应该从课程设计、资源建设、师资培训、家校互动等方面开展对学前教育阶段信息技术教育的研究,并将研究成果逐步应用推广,真正实现“计算机要从娃娃抓起”。

(四)重视对计算机科学教育的实证研究并加强对研究成果的应用

《框架》的研制参考了美国近年来计算机科学教育以及计算机科学教育研究的大量成果,体现了理论与实践的紧密结合。教育研究成果支持教育政策制定,推动着教育发展的改革之路。^[10]目前我国信息技术教育研究队伍薄弱,无论是课程标准的制定、还是

信息技术教材的编写,都缺乏必要的信息技术教育研究的实证数据作为支撑。因此,我国应大力推进信息技术教育人才的培养,充分重视信息技术教育研究与实践在政策制定、标准研制、教材编写、课程开发中的指导作用,加大信息技术教育研究项目支持力度,促进研究成果的转化,加强信息技术教育实践的学术支持。

[参考文献]

- [1] K-12 computer science framework[EB/OL].[2016-10-20]. <https://k12cs.org/>.
- [2] 陈斌.让每个学生都成功——ESSA 与奥巴马政府的教育政策倾向[J].教育研究,2015(7):149-155.
- [3] Computer science for all[EB/OL].(2016-01-30)[2016-10-20].<https://www.whitehouse.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>.
- [4] 张炳林,王程程.国外学前教育信息化发展与启示[J].电化教育研究,2014(10):29-35.
- [5] Preschool development grants program[EB/OL].[2016-11-12]. <https://www2.ed.gov/programs/preschooldevelopmentgrants/index.html>.
- [6] 肖广德,黄荣怀.高中信息技术课程实施中的问题与新课标的考量[J].中国电化教育,2016(12):10-15.
- [7] 陶西平.21世纪课程议程:背景、内涵与策略[J].比较教育研究,2016,38(2):1-5.
- [8] 教育部召开普通高中课程标准修订工作启动会 [EB/OL].[2016-11-12]. http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_1485/201412/180670.html.
- [9] 任友群,黄荣怀.高中信息技术课程标准修订说明[J].中国电化教育,2016(12):1-3.
- [10] 黄芳.美国《科学教育框架》的特点及启示[J].教育研究,2012(8):143-148.

Computer Science Education: An Opportunity for All ——The Characteristics and Enlightenment of American K-12 Computer Science Framework

LU Beirong¹, YIN Jia¹, GAO Shoulin¹, JIN Kai¹, LIAO Yuan¹, REN Youqun²

(1.Department of Education Information Technology, Faculty of Education East China Normal University, Shanghai 200062; 2.Institute of Curriculum and Instruction, Faculty of Education East China Normal University, Shanghai 200062)

[Abstract] In the new era, K-12 Computer Science Framework puts forward a developmental vision of K-12 computer science education in America and ways of implementation. It clarifies five core concepts, suggests seven core practices and provides approaches to integrate computer science with important preschool education theories. The five core concepts include computing systems, networks and the internet, data and analysis, algorithms and programming, and impacts of computing, and the core practices are fostering an inclusive computing culture, collaborating around computing, recognizing and defining computational problems, developing and using abstractions, creating computational artifacts, testing and refining computational artifacts, communicating about computing. In China, in order to promote computer science education, measures should be taken to improve the position of K-12 computer science curriculum and introduce it into preschool education appropriately. Besides, we should make the computer science curriculum systematic and practical in primary and secondary schools, and emphasize its research and application.

[Keywords] Computer Science Education; K-12; America; Computational Thinking; Preschool Education