

欧洲义务教育阶段发展计算思维的理论与实践研究

朱珂, 贾彦玲, 冯冬雪

(河南师范大学 教育学部, 河南 新乡 453007)

[摘要] 计算思维被明确地视为 21 世纪必备的关键技能, 已经被业界推崇为和数学、读写能力一样重要的基本技能。随着人工智能时代的到来, 计算思维得到了更加广泛的关注。然而要将计算思维成功地纳入义务教育中, 仍然面临着诸多问题和挑战。为提供关于计算思维的全面概述, 让学生更好地理解计算思维的核心概念和属性, 欧盟委员会联合研究中心发布了《在义务教育阶段发展计算思维研究报告》。通过对《报告》的解读及其重点关注领域、关键结论、研究成果等的梳理, 结合我国在义务教育阶段发展计算思维的现状和诉求, 提出以下建议: 达成对计算思维的共同理解; 获得社会各界的广泛支持; 制定全面整合计算思维的发展规划; 打造一体化教育生态系统。

[关键词] 计算思维; 义务教育; 实践研究; 21 世纪技能; 人工智能

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 朱珂(1982—), 男, 河南南阳人。副教授, 博士, 主要从事学习分析、STEM 教育和计算思维的研究。E-mail: ezhuke@qq.com。

一、引言

随着人工智能时代的到来, 计算思维被明确地视为 21 世纪必备的关键技能, 已经被业界推崇为和数学、读写能力一样重要的基本技能, 是信息化社会中数字公民所应具备的基本素养^[1]。计算思维是信息学和计算机科学领域的关键思想和概念, 是一种思维过程, 它利用分析和算法的方法来制定、分析和解决问题, 旨在培养学生的逻辑思维及解决问题的能力。在过去的十多年里, 计算思维在教育领域引起了越来越多的关注, 并产生了大量的学术论文及研究报告。然而, 随着计算思维的相关研究和实践项目数量的持续增长, 将计算思维成功地纳入义务教育也面临着诸多的问题和挑战^[2]: (1) 计算思维的核心特征是什么? 计算思维与义务教育中的编程、编码的关系是什么? 计

算思维与数字能力的关系是什么? (2) 如何使教师有效地将计算思维纳入教学实践? (3) 计算思维是否在特定科目中发展? 在义务教育中进一步推广计算思维课程需要什么? 为了给学生提供一个关于计算思维的全面概述, 更好地理解计算思维的核心概念和属性, 了解发展计算思维技能对推动义务教育的潜力, 欧盟委员会联合研究中心发布了《在义务教育阶段发展计算思维研究报告》的科学政策报告(以下简称《报告》), 对最近的研究成果及不同层面的政策措施进行了全面的概述和分析, 以推动 21 世纪学生计算思维能力的发展^[3]。文章主要通过对《报告》整体内容的解读及其重点关注领域、关键结论、研究成果等的梳理, 进而挖掘欧洲义务教育阶段发展计算思维的政策和实践意义, 为我国义务教育阶段计算思维教育的开展提供借鉴和参考。

二、《报告》的整体框架及重点研究领域

《报告》全面概述了学生的计算思维技能,包括近期的研究成果及相关的公、私政策措施,全面审查了计算思维技能的定义和框架,分析并综合利用了影响校内外学生发展计算思维技能的相关成果,旨在全面了解学生的计算思维能力,理解计算思维的核心概念和属性及其在推动义务教育发展中的潜力。《报告》主要包括理论研究、教育部门调查、专家见解及关键数据整合四个主要部分。

理论研究部分主要是对相关文献数据进行的研究综述,该部分收集并分析了来源于政策报告、期刊、会议论文、网站、博客等的 570 多篇学术论文及研究报告;深度解析了英国、法国和芬兰 3 国的国家核心课程,讨论了 4 篇国家层面的政策文献;详细描述了 7 个已经在欧洲地区实施的发展学生计算思维能力的措施;深入分析了与计算思维相关的 20 多门慕课课程。综述还概述了当前关于计算思维的主要研究内容、发现及启示,并对其进行了深入的分析和比较,确定了计算思维与编程、编码及数字素养、数字能力之间的关系,并对计算思维现有的概念进行了重新的界定和分类。教育部门调查部分主要是为了对理论研究和专家访谈的结果进行补充,调查重点关注了计算思维研究的相关政策和文献,内容涵盖了计算思维术语、课程整合、教师培训、评估策略、计算思维与数字素养和数字能力的关系以及计算思维与编程和编码的关系等六大主题。专家见解部分主要包括 9 个国家的政策制定者、14 个研究人员及从业者的半结构化访谈内容,访谈的主要目的是验证和补充理论研究。关键数据整合部分主要包括总结理论研究、教育部门调查、专家见解的关键结论,形成 5 篇总结性的内部报告,并在此基础上得出最终结论。

《报告》重点关注了统一理解、综合整合、系统推

广及政策支持四个重点领域,并对上述领域的具体实施措施提出了建议,如图 1 所示。为了使计算思维在各级义务教育中得到全面整合,首先需要明确计算思维的定义以及如何进行语境化的共同理解,尊重教师以符合其学校背景的方式引入计算思维的自由,澄清计算思维与数字素养、数字能力之间的关系,吸取实践经验和教训。其次,需要设定清晰的整合愿景及具体的实施目标,将计算思维所涉及的内容纳入课程,综合考虑各种因素,确定最佳的课程内容呈现方式。再次,为了能够系统地推广计算思维,可以采取整体引入的方法将计算思维纳入义务教育,包括结合具体实践的评估策略、教师培训等。另外,与政策制定者、基层民众、研究人员及其他利益相关者的交流可以避免发生重复性的错误,促进实践的进行,增加行动策略的价值。最后,还需要一个广角监测系统和分析策略来衡量实施行动的影响力及可持续性。

三、理解计算思维

(一) 计算思维的核心概念和技能

2006 年 3 月,周以真在《美国计算机协会通讯》(Communications of the ACM)专栏中介绍“计算思维”的概念时指出:“计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。”^[4]这篇文章引发了关于计算思维本质及其教育价值的国际讨论,2010 年,美国国家研究委员会(NRC)与包括周以真在内的主要国际研究人员组织了一次“计算思维的范围和性质研讨会”,由于参会者对计算思维的范围和性质都表达了不同的观点,所以会议对计算思维的基本定义最终未达成共识^[5]。2011 年,周以真为了推动对计算思维定义的讨论,提出了计算思维的新定义:“计算思维是涉及制定问题及其解决方案的思维过程,因此,解决方案以一种可以由信息处理代理(机器

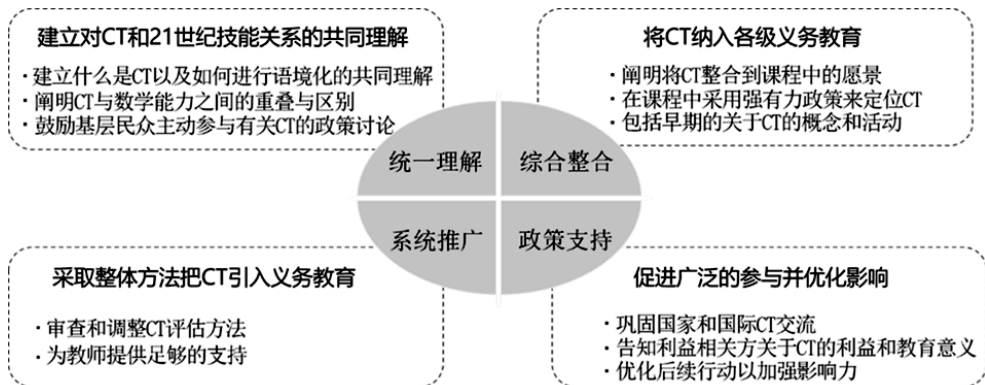


图 1 报告重点关注的领域

或人)有效执行的形式表述出来。”^[6]这个定义中有两个方面对义务教育特别重要,一是强调计算思维是一个思维过程,独立于技术;二是计算思维是一种特殊的解决问题的方法,需要不同的能力参与解决问题^[7]。

《报告》梳理了不同文献中对于计算思维技能特征的描述,见表1^[8-12]。

表1 计算思维的技能特征

作者	Barr&Stephenson (2011)	Lee et al. (2011)	Grover&Pea (2013)	Selby &Woollard (2013)	Angeli et al.(2016)
计算思维的技能特征	抽象化	抽象化	抽象和模式概括	抽象化	抽象化
	算法和程序		控制流程的算法概念	算法思维	算法(包括排序和控制流程)
	自动化	自动化			
		分析			
			条件逻辑		
	问题分解		结构化问题分解(模块化)	分解	分解
			调试和系统错误检测		调试
			效率和性能限制	评估	
				概念化	概念化
			迭代、递归和平行思维		
	平行化				
	仿真				
			符号系统和表征		
		系统处理信息			

表2

计算思维的核心技能和定义

计算思维的技能	定义
抽象	抽象是通过减少不必要的细节使事物更容易被理解的过程。抽象的技巧是选择正确的隐藏细节,使问题变得更容易,而不会丢失任何重要的东西。其关键部分是选择一个良好的系统表示。不同的表述使不同的事情变得容易 ^[3]
算法思维	算法思维是通过对步骤的清晰定义来获得解决方案的一种方法 ^[13]
自动化	自动化是一种节省劳动力的过程,在此过程中,计算机被指示要快速高效地执行一组重复的任务,并且要与人的处理能力相比较。在这种情况下,计算机程序是“抽象的自动化” ^[14]
分解	分解是根据组成部分来考虑事物的一种方式,可以分别对这些部分进行理解、解决、开发和评估。这使得复杂的问题更容易被解决,能够更好地理解新的情况,更容易设计大型系统 ^[15]
调试	调试是分析和评价的系统应用,使用诸如测试、跟踪和逻辑思维等技能来预测和验证结果 ^[16]
概括化	概括化与识别模式、相似性、连接以及利用这些特征相关。这是一种基于先前解决问题的方法 ^[15] ,并且以先前的经验为基础,快速解决新问题的方法。问诸如“这和我已经解决的问题相似吗”和“它有什么不同”在这里很重要,正如在所使用的数据和正在使用的过程/策略中识别模式的过程一样。解决一些具体问题的算法可以适应于解决一整套类似问题

从表1中描述的条目可以概括出计算思维的特征,即计算思维描述了制定问题所涉及的思想过程,涉及抽象、算法思维、自动化、分解、调试及概念化的计算解决方案。具体的特征定义见表2。

《报告》指出,一些研究者认为计算思维不仅以技能为特征,也以态度或性格为特征,认为计算思维是一种能力,是知识、技能和态度的总和。具体要点见表3。

表3 计算思维的属性

参考	计算思维的属性
Barr, Harrison, Conery ^[17]	处理复杂性问题的信心;处理棘手问题的坚持;处理模棱两可问题的能力;处理开放式问题的能力;与他人沟通、合作以达成共同目标或解决问题的能力
Woollard ^[18]	修正;创新;调整;坚持;合作
Weintrop et al. ^[19]	处理复杂性问题的信心;处理具有挑战性问题的坚持;处理开放式问题的能力

(二)计算思维与数字化学习的关系

2006年,欧洲议会和欧盟理事会就终身学习的关键能力提出了建议,确定数字化能力为终身学习能力的八种关键能力之一^[20]。随着在义务教育中整合计算思维的趋势越来越明显,探索计算思维与数字化能力的关系更具现实意义。

通过对《报告》中相关文献的研究,发现只有少量文献明确地探讨了数字化能力与计算思维的关系,其中,最重要的贡献来自于政策文件。挪威强调将计算思维作为一种了解“幕后”的手段并强调其工作原理,倾向于将学生培养成为一个有能力、安全的数字工具和资源的使用者,同时,特别关注解决问题的过程、方法及创造性解决方案。捷克共和国认为,计算思维是

一种能力,而良好的数字素养是培养计算思维的前提。意大利认为,计算思维是数字素养和媒体素养的关键,是学生认识数字世界并发挥其创造能力的基础。立陶宛认为,发展计算思维可以培养学生的数字技能,开发其群体智慧。波兰也认为,在义务教育阶段开设计算机科学课程有助于普及数字文化^[21]。

通过对相关文献的梳理可以明确地区分计算思维与数字化能力,计算思维的独特之处在于其核心是解决问题的过程和方法,并制定可计算的解决方案。虽然两者联系紧密,但计算思维不仅仅是编程,数字化能力不能完全表达计算思维的核心思想及技能。

(三)计算思维与编程、编码的关系

《报告》中对计算思维与编程、编码的关系进行了详细的描述,并指出编码和编程通常可以互换使用,以指示计算机执行“写入”指令的过程。但编程是指分析问题、设计解决方案、实施方案等广泛的活动,而编码是指用特定的编程语言实现解决方案的阶段。有学者将编程看作是通过创造数字故事、视频游戏表达自我,探索其他领域的媒介。另外也有学者认为,计算思维的关键技能是抽象,写作和编程是抽象的一种表达方式,编程是用计算媒体表达自己写作的形式^[22]。

计算思维是利用计算机科学解决问题的一种强有力的思维方式,这种思维不仅体现在解决某一问题上,更体现在探索模式上,能够去除细节、概括抽象、制定解决问题的步骤、建立仿真模型,对解法进行测验和调试,从而解决同类所有问题。计算机科学教育不应当只是培养未来的程序员或计算机科学家,应该使每个生活在数字世界的人,具有运用计算思维解决问题的能力。所以,教育应注重培养孩子的计算思维,而不只是计算机科学或编程。有些学者认为,孩子们必须通过学习编程来锻炼计算思维能力^[23];而另一些学者则关心问题是如何解决的,并不在意解决的方法是否通过编程实现^[15]。

综上所述,编程、编码是计算思维的重要组成部分,它使计算思维的概念变得更具体,编程教育成为

促进计算思维能力提升的有效途径^[24],但计算思维还涵盖其他核心元素,如问题分析、问题分解的过程。

四、义务教育中整合计算思维的主要趋势

(一)在课程中整合计算思维的基本原理

欧洲不同国家在课程中整合计算思维的原理也不同,其中,芬兰、法国、立陶宛、波兰、葡萄牙、瑞士这6个国家课程着重于编码和编程技能的发展;芬兰、法国、立陶宛、波兰4国课程则注重吸引更多的学生学习计算机科学;而芬兰、法国这2国还注重学生在信息通信技术行业的就业能力的培养。具体整合原理见表4。

总之,欧洲大多数国家在义务教育阶段发展计算思维主要是为了培养学生的21世纪技能,其整合原理主要表现在以下两个方面:第一,培养儿童和年轻人的计算思维,使他们能够从不同的角度分析日常问题,以不同的方式思考问题,解决现实问题,通过各种媒体表达自己;第二,通过培养学生的计算思维以促进经济增长,填补信息通信技术岗位空缺,为未来就业做准备。

(二)计算思维在课程中的地位

计算思维在整合的过程中,还涉及一个重要的问题,即计算思维在课程中的地位,是作为一门独立学科存在,还是整合到其他学科领域中?《报告》主要根据两个标准具体考察计算思维在课程中的定位:教育水平和科目。

在芬兰,算法思维和编程是数学(1~9年级)和工艺(7~9年级)课程的一部分,并作为实践活动支持其他课程的学习。1~2年级主要学习分步指令的原则,3年级开始学习可视化编程,7年级学习算法的原理,并理解不同算法的用处。在法国,算法也是数学课程的一部分,主要分为4个周期来学习算法和编程。第一周期主要培养学生对周围世界的认知,使学生学会使用恰当的软件来编码空间的运动;第二周期开始让学生理解简单的算法,并学会生成算法;第三个周期

表4 在课程中整合计算思维的基本原理

	奥地利	捷克	丹麦	芬兰	法国	希腊	匈牙利	意大利	立陶宛	波兰	葡萄牙	瑞士
培养逻辑思维能力	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
培养解决问题的能力	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
培养其他关键能力		√		√		√		√	√	√	√	√
吸引更多的学生进入计算机科学领域				√	√				√	√		
培养编码和编程技能				√	√				√	√	√	√
促进进入信息通讯技术领域的就业能力				√	√							

专注于所有学科领域的抽象化进程,开始正式学习编程;第四个周期主要是培养学生的算法思维和逻辑思维。在葡萄牙和奥地利,计算思维是信息通信技术和信息学课程的一部分,主要学习算法和编程的基本操作原理。

(三)计算思维的教学方法、学习工具及评估方法

1. 计算思维的教学方法

《报告》呈现了多种在义务教育阶段培养计算思维的教学方法,欧洲多数国家常采用的方法之一是CS Unplugged(Computer Science Unplugged),即不插电的计算机科学。它通过一些生动有趣的活动或游戏,采用自主开放的学习方式,把计算思维能力的培养融入青少年的信息技术课程学习中,其创新点是不使用任何实体计算机就能达到学习“计算机科学”的目的^[25]。

不插电意味着将计算机科学原理融入活动或游戏之中,不仅教给学生科学的道理,还促进学生对计算机科学产生浓厚的兴趣。不插电计算机科学中对计算机工作原理的阐释可以激发学生的创造性,能够帮助学生更好地理解并运用计算机科学知识,更有效地激发学生的求知欲和创造力,让学生能够主动探索和积极思考,从而训练学生的计算思维能力,培养学生解决实际问题的能力,理解科学技术服务于生活、让生活更美好的本质^[26]。

培养计算思维的另一种方法是使用计算机模拟支持学习。学习者通过模拟过程探索现象的本质,在改变模拟参数值的同时进行“假设”实验并得到反馈。由于计算模型是可执行的模型,容易测试、调试和改善,学生不仅可以用来模拟,还可以修改底层计算模型,设计并运作理想模型。

2. 计算思维的学习工具

在义务教育阶段引入计算思维的核心概念和技能需要借助学习工具,这些学习工具既能满足学生进行简单的编程活动的需求,也可以使经验丰富的学习者进行具有挑战性的活动。

《报告》指出,编程作为探索其他领域、自我表达的媒介,使计算思维的概念变得更具体,是培养计算思维的学习工具之一^[27]。视觉编程常常被应用到创建数字化的游戏中,学习者可以通过拖放可视化的语言开始创作,但为了控制多个屏幕和交互式动画,编程语言需要包含用于并发和处理事件的原始语句,相当复杂和繁琐。基于组块的编程环境被用于执行动画故事叙述的活动,学习者需要以类似于游戏创作的方式分解场景和角色动作。培养计算思维的学习工具除了

基于屏幕的虚拟环境,还包括有形的编程学习工具,如乐高机器人系列、可穿戴软件 Lilypad、微型可编程计算机 BBC Micro:bit,帮助学习者学习基础的编程知识^[28]。

3. 计算思维的评价方法

在教育中全面有效地整合计算思维,其评价方法至关重要。然而,涉及计算思维概念和结构的评估以及计算思维向其他知识领域转移的研究仍然非常有限^[29]。

《报告》指出,现阶段评估计算思维发展的方法主要有以下几种^[30]:第一种方法是分析学生的项目组合,生成每个项目中使用的编程组块或未使用编程组块的可视化表示。第二种方法是基于对项目选定者的访谈。通过让项目选定者完成多项选择题作答或参与随机访谈的方式评估学生的计算思维能力。第三种方法是使用支持教育工作者评价学生编程和计算思维发展的工具。第四种方法是基于设计的方法。为项目参与者提供低、中、高三个复杂程度的项目,让参与者自主选择,然后根据选择的内容来阐述项目作用,描述扩展过程,制定故障排除方案,重组项目实现新功能转换。通过评估学生的设计方案,了解学生的计算思维发展水平^[31]。

目前,对学生计算思维能力的评估还处于不成熟阶段,现有的评估方法和工具只涵盖了计算思维的部分领域,仍需要进一步的研究才能实现对计算思维的全面评估。

(四)培养教师的计算思维

将计算思维引入义务教育需要专业教师的大力支持,欧洲各国为了将计算思维引入现有课程,对在任教师进行了持续的专业培训。如意大利教育部的“数字学校”计划^[32],通过混合培训、研讨会、在线培训和分层培训的方式,培训教师掌握计算思维的教学方法。

此外,针对职前教师的培训,欧洲各国主要采用以下四种方法:第一种方法是 Partner for CS Professional Development(计算机专业发展合作模式),该模式不仅包括暑期学院学习,还包括后续的课堂教学支持和在线支持服务^[33];第二种方法是将计算思维整合到现有的解决问题和批判性思维模块中,职前教师在学习教育心理学课程时,一并完成对计算科学的学习^[34];第三种方法包括一系列职前发展干预措施,以协助教师在其他学科领域(如音乐、语言艺术、数学和科学)中利用计算思维和编程作为教学工具;第四种方法是培训职前教师使用 Flash 动作脚本

编写伪代码来解决问题,并将伪代码转换成动作脚本,在这个过程中,使教师既提高了计算技能,又学习了编程。培训过程展示了如何使用动作脚本语言制作教学产品,并且在每个阶段,参与者错误的思维都会被及时识别和纠正^[35]。

五、对我国义务教育阶段发展计算思维的启示

(一)达成对计算思维的共同理解

随着信息化、数字化社会的到来,教育正在发生快速的变化,并处于变革的临界点。全球范围内,以教育为主题的自上而下的正式教育改革和自下而上的非正式教育措施正在不断涌现,目的是让年轻人适应全新的数字化生活和学习环境。计算思维作为21世纪必备的关键技能,能够帮助学生更好地利用信息技术理解和解决生活与学习中的真实问题,成为合格的数字化公民。为了保证所有学生能够在数字经济中茁壮成长,需要每一位学生提供与计算思维相关的实践活动及经验。而现阶段关于计算思维的概念、组成要素、基本结构等问题,学术界还未达成共识,而且世界各国对计算思维的称呼术语也不尽相同,特别是当用不同的术语来指代计算思维的核心概念时,容易引起概念混淆。因此,各国的相关学者需要加强相互间的交流、合作,达成对计算思维的共同理解,不仅包括对计算思维概念、要素等一系列问题的理解,还需要达成在不同语境下对计算思维的共同理解,这样既有益于各国之间的学术交流,更有利于借鉴彼此整合计算思维的成功经验,让不同国家以适合自己教育背景的方式引入计算思维。

另外,在现有的相关文献中,关于数字化能力与计算思维之间的关系还存在争议,学者认为二者属于不同的概念,分别培养学生不同方面的能力,但有些国家的教育部门认定两者属于共同的主题,都是为了培养学生实用的信息通信技术技能。针对这一问题,需要学者与教育部门之间共同协商,达成共识,澄清计算思维与数字化能力之间的异同,也便于将相关的科研成果应用于具体的教学实践中,推动计算思维的有效整合。最后,正式教育和非正式教育之间也需要相互合作、协商,共同促进计算思维的发展。正式教育可以借鉴非正式教育的经验教训,为计算思维在正式教育中的整合提供宝贵意见,另外,非正式教育拥有丰富的教育教学资源,不仅可以为正式教育中积极性高的学生提供课外学习的机会,也可以为正式教育提供教育平台,结合正式教育中的核心课程,共同培养所有儿童计算思维的发展。同时,二者之间也可以达

成共同的合作项目,如教师培训等,共同促进彼此的发展。

(二)获得社会各界的广泛支持

计算思维是当前国际广为关注的一个重要概念,得到了世界各国教育界的广泛支持。2008年,美国计算机科学教师协会在微软公司的支持下发布《计算思维:一个所有课堂问题解决的工具》报告^[36];2011年,又提出了《CSTA K-12 年级计算机科学标准》,为 K-12 阶段的计算机科学教育提供了综合全面的标准,并强调了计算思维对计算机科学的重要性。在此基础上,2016年,美国计算机科学协会、计算机科学教师协会等部门又联合指导并发布了《K-12 计算机科学框架》,将计算机科学作为一门独立的学科,把培养学生的计算思维作为框架的核心实践。英国计算机学会也组织了欧洲的学者对计算思维进行研讨,并提出了欧洲的行动纲领^[37]。我国高校信息技术教育领域也正在关注并研究计算思维,于2010年7月在西安交通大学举办了首届“九校联盟(C9)计算机基础课程研讨会”,并在会议上发布了《九校联盟(C9)计算机基础教学发展联合声明》,以计算思维为核心,确定了计算机基础课程的教学改革^[38]。但除此之外,我国目前还没有明确的国家政策支持计算思维的发展,中小学信息技术课程也较少涉及计算思维的培养,因此,需要在不同层面强调计算思维对于青少年的重要性,获得社会各界对发展计算思维的广泛支持。首先,高校是我国计算思维的研究中心,在强调本土研究的基础上,需要加强国内高校之间的合作交流,共同寻找适合我国国情的计算思维发展之路,同时,还需要加强国际学术交流,互相借鉴研究成果,共同迎接科研挑战,推动计算思维的研究发展。其次,国家的政策决策者也需要加强彼此之间的交流、合作,借鉴其他国家整合计算思维的成功经验,再结合本国的实际情况,完善计算思维的发展规划。再次,在获得发展计算思维的国家政策和战略规划支持的基础上,需要采取广泛的监测和分析战略来衡量实施行动的影响力和可持续性,确定行动计划的优先次序,扩大行动影响。最后,在信息技术课程的具体实施阶段,需要将计算思维的核心概念及涉及的主要内容、教育优势等告知课程参与者,让其真正理解计算思维的重要性。同时,学生家长及其他利益相关者也需要明确理解发展计算思维的意义,合力推动计算思维在学校教育中的整合发展。

(三)制定全面整合计算思维的发展规划

在义务教育中整合计算思维已成为未来教育的

发展趋势,要想实现计算思维的全面整合,需要制定完善的教育发展规划。首先,需要以明确的目标阐明在义务教育中整合计算思维的前景,并在此基础上制定具体的实施规划,确定培养不同学段学生计算思维的教学重点、教学方法及评估工具。其次,需要重点考虑计算思维在整合学科领域所占的比重,以及在众多学科领域中的定位。虽然计算思维是信息社会中人们所应具备的基本技能之一,但结合当前的教育实践,仍然不能作为一门独立的学科存在,只能作为一种融入信息技术课程的学科核心素养,通过信息技术课程达到培养学生的计算思维的目的。另外,由于计算思维涉及的内容远不止几个小时的编程那么简单,因此,在现有的课程体系中加入计算思维需要使用科学的策略来处理所涉及的各种因素,准确定位计算思维的地位。计算思维强调发展问题、解决问题,STEM教育也强调培养学生运用多学科知识解决问题的能力^[39],因此,可以将计算思维整合进STEM教育,通过STEM教育提升学生的计算思维能力^[40]。由于STEM教育包含数学、工程、科学等多学科知识,能够开展不同形式的跨学科主题活动^[41],丰富学生的学习生活,增强学习任务的探索性与实践性,使学生的计算思维得到充分的发展。最后,该领域相关专家强调早期的计算思维概念和活动的重要性,认为越早开发学生的相关能力,越能有效地促进计算思维能力的迁移。因此,为了保证计算思维发展规划的全面、有效,需将计算思维的相关概念和活动尽早地引入现有

的教育体系,形成完整的发展链条。

(四)打造一体化教育生态系统

在义务教育阶段整合计算思维,需要采取整体的方法把计算思维引入义务教育。正式的学校教育因其时间、资源、条件等因素的限制,培养计算思维的方法具有局限性。因此,在利用正式的学校教育的基础上,还需要利用非正式教育、课外教育,共同构建一个跨部门合作的教育生态系统。在这个生态系统中,各部门不是简单地拼凑在一起,而是机构之间相互协同,充分发挥各自的优势,创建具有本土特色,突出优势的教育生态系统,最终通过正式教育、非正式教育的融合,真正实现计算思维的全方位发展。首先,为了创建循环的学习系统,不仅需要制定详细的发展战略和措施,还需要教师具备专业的计算思维知识。目前我国大部分学校只在高中阶段配备相应的信息技术教师,而中小学大多为兼职的信息技术教师,因此,在具体的整合过程中需要对在职教师进行大规模、持续的专业知识培训,不仅应注重对教育教学知识的培训,还应注重对具体教学方法、教学实践的培训,同时,还需要加强正式教育和非正式教育之间的衔接,整合校内外资源,共同致力于相关教师的培训。其次,在构建一体化教育生态系统时,需要明确各部门的责任,各司其职,以责任为边界,发挥各自优势,共同推动计算思维的发展。最后,还需要加强媒体对计算思维的宣传报道,引起社会各界的广泛关注,推动形成全社会重视计算思维的育人环境,构建一体化教育生态系统。

[参考文献]

- [1] 张立国,王国华.计算思维:信息技术学科核心素养培养的核心议题[J].电化教育研究,2018,39(5):115-121.
- [2] European Commission. A new skills agenda for Europe. Working together to strengthen human capital, employability and competitiveness[R]. Brussels:European Commission,2016.
- [3] European Commission. Strengthening European investments for jobs and growth: towards a second phase of the European fund for strategic investments and a new European external investment plan[R]. Brussels:European Commission,2016.
- [4] WING J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 2006,49(3):33-35.
- [5] National Research Council. Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking [R]. Washington D.C.: National Academies Press.2010.
- [6] 单俊豪,闫寒冰.美国 CSTA 计算思维教学案例的教学活动分析及启示[J].现代教育技术,2019,29(4):120-126.
- [7] 谢忠新.关于计算思维进入中小学信息技术教育的思考[J].中小学信息技术教育,2017(10):38-42.
- [8] BARR V, STEPHENSON C. Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? [J]. ACM Inroads, 2011,2(1):48-54.
- [9] LEE I, MARTIN F, et al. Computational thinking for youth in practice[J]. ACM Inroads,2011,2(1):32-37.
- [10] GROVER S, PEA R. Computational thinking in K-12 a review of the state of the field [J]. Educational researcher, 2013,42(1): 38-43.
- [11] SELBY C C, WOOLLARD J. Computational thinking: the developing definition[EB/OL].(2013-10-07)[2019-03-19]. <https://eprints.>

- soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf.
- [12] ANGELI C, VOOGT J, et al. A K-6 computational thinking curriculum framework – implications for teacher knowledge [J]. *Educational technology & society*, 2016, 19(3):47-57.
- [13] 黄龙强. 在高中信息技术课程中培养学生算法思维能力的研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2016: 7-9.
- [14] LEE I, MARTIN F, et al. Computational thinking for youth in practice [J]. *ACM inroads*, 2011, 2(1):32-37.
- [15] 刘焱青. App Inventor2 在中学生计算思维培养中的应用研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2016: 9-17.
- [16] 赵科. 高中程序设计课程计算思维培养的策略与方法 [J]. *中国信息技术教育*, 2019(8):44-45.
- [17] BARR D, HARRISON J, et al. Computational thinking: a digital age skill for everyone [J]. *Learning & leading with technology*, 2011, 38(6):20-23.
- [18] WOOLLARD J. CT driving computing curriculum in England [J]. *CSTA voice*, 2016, 12(1):4-5.
- [19] WEINTROP D, BEHESHTI E, et al. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms [J]. *Journal of science education and technology*, 2016, 25(1):127-147.
- [20] The European Parliament and the Council of the European Union. Recommendation of the European parliament and of the council of 18 december 2006 on key competences for lifelong learning [EB/OL]. (2006-12-30)[2019-03-19]. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:en:PDF>.
- [21] 范文翔, 张一春, 李艺. 国内外计算思维研究与发展综述 [J]. *远程教育杂志*, 2018, 36(2):3-17.
- [22] DUNCAN C, BELL T, et al. Proceedings of the 9th workshop in primary and secondary computing education, berlin, 5 november – 7 november 2014 [C]. Germany: ACM, 2014.
- [23] ARMONI M, GAL-EZER J. Early computing education: why? what? when? who? [J]. *ACM Inroads*, 2014, 5(4):54-59.
- [24] 傅骞, 解博超, 郑娅峰. 基于图形化工具的编程教学促进初中生计算思维发展的实证研究 [J]. *电化教育研究*, 2019, 40(4):122-128.
- [25] 周佳伟, 王祖浩. 科学教育中的计算思维: 理论框架与课程设计 [J]. *中国电化教育*, 2018(11):72-78.
- [26] 窦颖. 在中小学信息科技课堂中开展不插电的计算机科学教学的应用研究 [J]. *中国信息技术教育*, 2015(Z1):187-188.
- [27] 王旭卿. 从计算思维到计算参与: 美国中小学程序设计教学的社会化转向与启示 [J]. *中国电化教育*, 2014(3):97-100.
- [28] 谢忠新. 关于计算思维进入中小学信息技术教育的思考 [J]. *中小学信息技术教育*, 2017(10):38-42.
- [29] GROVER S, COOPER S, et al. Assessing computational learning in K-12 [EB/OL]. (2015-05-03)[2019-03-19]. https://www.researchgate.net/publication/266657117_Assessing_computational_learning_in_K-12.
- [30] BRENNAN K, RESNICK M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking [EB/OL]. (2012-07-01)[2019-03-19]. http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf.
- [31] MORENO-LEÓN J, ROBLES G, et al. Scratch: automatic analysis of scratch projects to assess and foster computational thinking [J]. *Revista de educación a distancia*, 2015, 46(9):1-23.
- [32] 顾钧, 顾俊, 唐敏. 意大利“国家数字学校计划”述评 [J]. *现代中小学教育*, 2014, 30(10):117-122.
- [33] MOUZA C, POLLOCK L, et al. Proceedings of the 47th ACM technical symposium on computing science education, memphis, 2 march – 5 march 2016 [C]. Tennessee: ACM, 2016.
- [34] YADAV A, MAYFIELD C, et al. Computational thinking in elementary and secondary teacher education [J]. *ACM transactions on computing education*, 2014, 14(1):1-16.
- [35] SAARI E M, BLANCHFIELD P, et al. Computational thinking: a tool to motivate understanding in elementary school teachers [EB/OL]. (2017-10-05)[2019-03-19]. https://www.researchgate.net/publication/299219814_Computational_Thinking_-_A_Tool_to_Motivate_Understanding_in_Elementary_School_Teachers.
- [36] 牟琴, 谭良. 基于计算思维的探究教学模式研究 [J]. *中国远程教育*, 2010(11):40-45.
- [37] 牛杰, 刘向永. 从 ICT 到 Computing: 英国信息技术课程变革解析及启示 [J]. *电化教育研究*, 2013, 34(12):108-113.
- [38] 何钦铭, 陆汉权, 冯博琴. 计算机基础教学的核心任务是计算思维能力的培养——《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》解读 [J]. *中国大学教学*, 2010(9):5-9.

(下转第 121 页)

a) Teachers in both forums attach importance to teaching methods and evaluation. However, the Chinese English teachers have less interest in pedagogical theory, and foreign English teachers focus more on applying educational technology into their classroom. b) Chinese English teachers' expert reflective level is much lower than that of foreign English teachers, and both of them lack establishing goals and commitment to profession. c) There are some differences of the social network features of sociogram, cohesion, and centrality analysis between the two forums.

[Keywords] English Teacher; Online Forum; Collaborative Reflection; Comparative Study

(上接第96页)

[39] 李克东,李颖.STEM教育跨学科学习活动5EX设计模型[J].电化教育研究,2019,40(4):5-13.

[40] 朱珂,冯冬雪,杨冰,苏林猛.STEM教育战略规划指标设计及评价策略——基于美国北卡罗来纳州STEM教育战略规划启示[J].远程教育杂志,2017,35(5):75-83.

[41] 朱珂,贾鑫欣.STEM视野下计算思维能力的发展策略研究[J].现代教育技术,2018,28(12):115-121.

Research on Theory and Practice of Computational Thinking in Compulsory Education in Europe

ZHU Ke, JIA Yanling, FENG Dongxue

(Department of Education, Henan Normal University, Xinxiang Henan 453007)

[Abstract] Computational thinking, a key skill in the 21st century, has been thought of as a basic skill which is as important as math and literacy. In the era of artificial intelligence, computational thinking has become more and more popular. However, there are still many problems and challenges to successfully integrate computational thinking into compulsory education. In order to provide students with a comprehensive overview of computational thinking and enable them to better understand the core concepts and attributes of computational thinking, the European Commission Joint Research Centre has released *The Research Report on Developing Computational Thinking in the Stage of Compulsory Education*. Based on the analysis of that report and its key areas of concern, key conclusions and research results, and combined with the current situation and demands of developing computational thinking in the stage of compulsory education in China, this paper puts forward the following suggestions: to achieve a common understanding of computational thinking; to gain broad support from all sectors of society; to formulate the developmental plan of comprehensive integration of computational thinking; and to build an integrated educational ecosystem.

[Keywords] Computational Thinking; Compulsory Education; Practical Studies; 21st Century Skills; Artificial Intelligence