

中学生计算思维结构建模与多层次培养评估路径

龚鑫¹, 刘于于¹, 许洁², 乔爱玲¹

(1.首都师范大学 教育学院, 北京 100048;

2.浙江大学 教育学院, 浙江 杭州 310058)

[摘要] 计算思维作为中学生的核心素养之一,探究其进阶路径有助于为学生提供更精准有效的教学支持。然而,当前评估框架缺乏必要的层次性,难以层次化表征学生计算思维结构水平,制约了学生思维的培养与评估效果。研究首先基于思维本质,将计算思维的知识结构和思维结构分别与计算概念和计算实践相匹配,并借鉴 SOLO 分类理论及知识内在结构标准,对计算思维层级结构进行建模。其次,研究采用基于证据的设计,构建计算思维培养与评估的双线三循环路径,涵盖能力—任务—证据三个交互模型:能力模型依据计算思维层级模型展现思维与知识结构;任务模型通过进阶活动设计学习—实践站点和联结站点,分别实现培养与评估三循环;证据模型整合过程性和结果性评价,全面供给实践证据与衡量标准。最后,研究提供计算思维能力培养评估路径的实证经验,旨在为中学生计算思维培养评估提供理论与实践指导,助力学生计算思维的全面提升。

[关键词] 计算思维; SOLO 分类理论; 以证据为中心的设计; 结构建模; 中学生

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 龚鑫(1999—),女,重庆人。博士研究生,主要从事编程教育研究。E-mail:gongxinjys@163.com。乔爱玲为通信作者,E-mail:qiaol@126.com。

一、引言

计算思维(Computational Thinking, CT)已经成为 21 世纪必备的基本技能^[1]。学者们对 CT 的理解主要有三种观点^[2]:复合能力观^[3]、编程技能观^[4]和思维过程观^[5]。其中, Brennan 和 Resnick 基于 Scratch 编程环境提出的 CT 三维框架(计算概念、实践和观念)作为编程技能观被广泛采纳,为教育实践提供了可操作性指南^[4]。然而,当前的 CT 教学与测评研究仍存在诸多不足。在研究对象上,研究多聚焦于大学生^[6]和小学生^[7],而对中学生的 CT 评估相对匮乏,导致纵向追踪研究出现断层,难以揭示 CT 发展的关键衔接期特征。在评估维度构建上,现有模式多局限于“概念—实践—观念”的松散线性排列^[8],尚未形成多层关联的立体目标体系。此外,过程性评价^[9]与结果性评价^[10]的割裂运

用,使 CT 能力进阶的认知呈现片段化,无法全面把握其动态发展规律。更为关键的是,教学与测评环节相互脱节,未能形成有效的协同机制,制约了 CT 的进阶发展。《义务教育信息科技课程标准(2022 年版)》提出以核心素养为导向的“教—学—评”一致性原则^[11],强调通过知识融合实现 CT 的螺旋式进阶发展。参照思维进阶的规律,构建一个结构清晰、层次分明的 CT 框架,是推进思维导向的“教—学—评”一体化落地的关键举措。因此,应对 CT 进行认知层级划分以外化表现,并结合过程评价性和结果性评价来综合刻画中学生的思维水平。

根据皮亚杰的认知发生理论,思维借助其过程既塑造知识结构,也构建思维结构^[12]。而将对知识结构的层级化等同于对 CT 的层级化^[13],或直接用思维结构层级表征 CT 层级^[14-15],皆未从知识和思维结构融合

基金项目:全国教育科学“十四五”规划 2022 年度重点课题“‘双减’背景下信息技术支持的差异化教学设计模型构建以及干预策略研究”(课题编号:DCA220449)

层面构建 CT 的进阶结构。鉴于此,本研究引入观察学习结果结构 (Structure of the Observed Learning Outcome, SOLO) 分类理论(前、单点、多点、关联和抽象扩展结构)划分 CT 思维结构层级^[12],并结合知识三重内涵(符号、逻辑、意义)说明 CT 知识结构水平^[16],以问题解决为途径联结知识和思维结构^[14-15]。同时,依循证据中心设计 (Evidence-Centered Design, ECD)^[17]的能力—任务—证据逻辑,搭建培养与评估的循环迭代体系,使 CT 思维结构、知识结构与问题解决途径紧密联动,高效达成 CT 培养目标。能力模型纵向匹配 SOLO 分类理论和知识三重标准,设计 CT 层级化进阶式目标体系。任务模型在培养 CT 时根据威廉霍顿的活动理论设计学习—实践站,在评估 CT 时设计联结站,以确保任务的适切性。证据模型综合过程性和结果性两方面进行全面鉴定,借此为中学生在编程领域的 CT 培养和评估提供一个更加系统和有效的路径。

二、计算思维层次化结构表征

(一) 计算思维层次内涵

计算思维层次结构可以分为知识结构和思维结构两个维度^[18]。知识结构指所涉及的知识,思维结构表示对知识加工、利用或调动后形成的动态关系网。基于覆盖度视角,覆盖广度指思维的广泛程度,从 CT 的知识结构来看,表示从横截面补充与拓展知识,延伸知识体系的前后内容,通常用“知识点”的多少进行量化^[19]。在思维运行时,个体自发激活知识的数量越多,则 CT 覆盖越广。覆盖深度泛指思维的深度,从 CT 的思维结构来看,表示从纵向丰富知识点与知识点之间的“关联”^[12],通常用各子能力的水平来判断。在思维运行时,个体积累的知识点关系越复杂,CT 覆盖越深。

计算思维层次结构模型如图 1 所示,以覆盖广度为 XY 截面,以覆盖深度为 Z 轴。从 XY 截面来看,每多增加一点或者一种连接,意味着个体能激活更多种类的知识点且综合应用各种知识点的能力得到加强;从 Z 轴来看,运用 SOLO 分类理论的五个等级(前、单点、多点、关联和抽象扩展结构)刻画思维结构建模水平,运用知识三重内涵(符号、逻辑、意义)阐释知识结构建模水平^[16]。其中,符号是知识的纯粹形式化概念,逻辑是知识间的相关性,意义是知识的应用及产生的效果。综合来看,学生通过问题解决过程五步骤(问题识别、问题分解、抽象建模、问题解决和问题迁移)连接层与层,呈现出螺旋式上升的状态。每一层的横截

面积越大,说明思维结构水平越高,学生问题解决过程中所必需的知识点及知识点间的连接越复杂。由此,计算思维层次结构经问题解决驱动,构建起知识结构显性编码与思维结构隐性图式的双向映射机制,推动思维实现跨层级的螺旋式进阶。

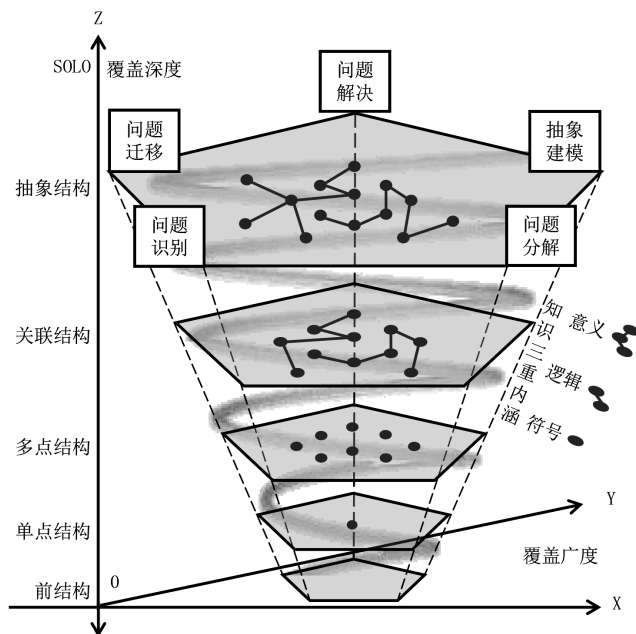


图1 计算思维层次化结构模型

(二) 计算思维能力拆分

为培养和评估学生在编程环境下应用 CT 解决问题的能力,本研究借鉴并选取了博南等提出的 CT 三维框架中与我国信息技术课程标准对 CT 的内涵及外延的界定较为契合的前两个维度^[20],即计算概念(编程中形成的跨情境迁移技能或知识)与计算实践(计算学习或编程练习中形成的解题策略)。本研究综合编程技能观中 CT 三维框架的子能力^[4]和思维过程观中的抽象、分解、算法思维、概括、评估等核心要素^[5],并参考了李锋等构建的 K-12 计算思维“目标—内容”评价框架^[21],最终确定了 CT 能力框架(见表 1)。

计算概念拆分实质上就是细化知识结构,分析研究文献中计算概念相关的评价案例,将计算概念维度中粒度较大的要素进行多层切分细化。受编程教学观念影响,程序及相关内容仍为计算概念主要评价要点,数据结构次之。本研究将计算概念划分为:数据(数据收集、数据组织、数据分析、数据表示)和程序(顺序、循环、条件和函数)。

计算实践是在应用 CT 解决问题的过程中对计算概念的综合应用。本研究将计算实践划分为:问题分析(问题识别、问题分解、抽象建模、问题解决、问题迁移)和作品开发(方案制定、递增迭代、重用与模块化、迭代调试、运行评估)。

表 1 计算思维能力框架

一级	二级	三级	解释
计算概念	数据	数据收集	获取所需的信息和资料
		数据组织	整理数据,使其有序且易于分析
		数据分析	深入研究和解读数据,提取有价值的信息
		数据表示	用图表、图像等形式直观地展示数据
	程序	顺序	按特定顺序执行指令以完成任务
		循环	重复执行相同指令序列
		条件	根据条件选择执行不同指令
		函数	使用函数指令实现特定功能
计算实践	问题分析	问题识别	确定问题的真实性和解决需求
		问题分解	将问题细分为可管理的子问题
		抽象建模	将问题转化为可描述的模型
		问题解决	提出并验证解决方案
		问题迁移	将经验应用于类似问题
	作品开发	方案制定	从问题概念化到将概念转化为代码
		递增迭代	将复杂任务分解为简单的子任务和目标
		重用与模块化	将程序分解为可重用的模块
		迭代调试	对代码指令进行多次增删,优化程序
		运行评估	测试结果,迅速发现错误并修正

三、中学生计算思维能力水平多层次培养与评估路径设计

考虑到 CT 多层次发展机制主要以计算概念和计算实践的培养和考核评价为核心,本研究引入 ECD 评价设计模式作为 CT 培养和评估的理论框架^[2],遵循 ECD 的能力—任务—证据的设计逻辑,以此实现 CT 培养目标与评估标准的精准对接,达成“教—学—评”的一体化设计。

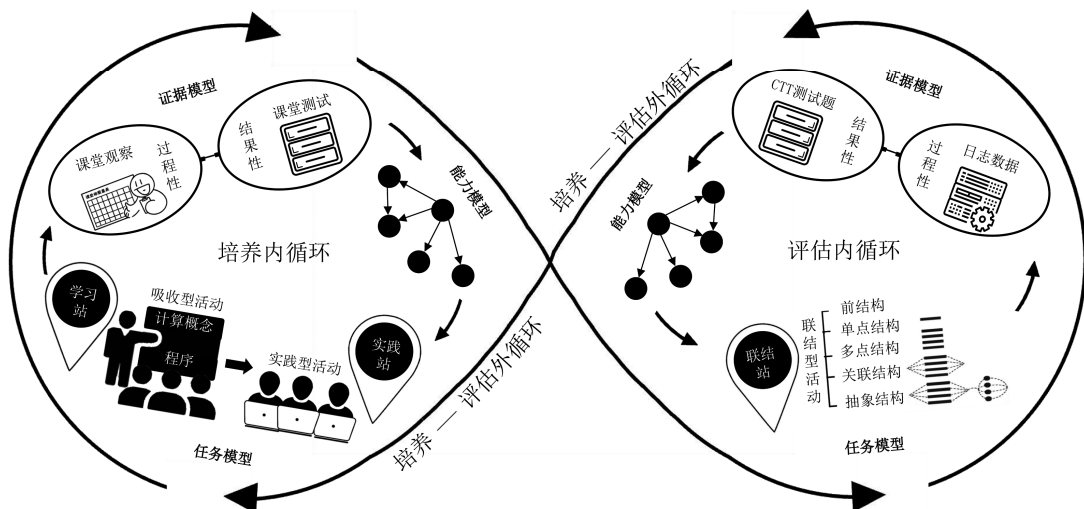


图 2 计算思维多层次培养与评估循环路径

计算思维多层次培养与评估循环路径如图 2 所示。培养和评估相互连通构成“∞”,包含三层循环:培养内循环、评估内循环和培养—评估外循环。培养 CT 时,除教师讲解计算概念外,也涉及学生对计算概念的练习实践(计算实践),这一过程中教师可以随时对学生的 CT 表现进行评价和反馈,这构成了培养内循环。评估 CT 时,知识结构涵盖三重内涵,学生对概念及其逻辑关系的掌握随层次提升而更加系统化。思维结构对应 SOLO 分类理论的五个等级,学生的思维水平从简单到复杂逐级质变。计算思维整体呈现出从单一节点到结构化网络的“螺旋状”发展脉络。这一过程中对学生计算实践表现进行评估的同时,也能促进学生计算概念的掌握和实践能力的提升,这构成了评估内循环。而最终评估的结果又会反作用于 CT 的培养,这就构成了培养—评估外循环。三层循环相互配合,将知识结构与思维结构有机统一,实现 CT 的培养和评估层级化的目标。

(一)计算思维能力水平认证

能力模型关注所要掌握的 CT 内容。本研究已经明确了计算思维能力框架,即计算概念(数据和程序)和计算实践(问题分析和作品开发)。在此基础上,厘清 CT 能力与其对应的不同水平等级观测指标的实质性联系。具体来说,依据计算思维层次结构模型,针对知识结构的评价标准,选用知识内在结构的三重内涵作为可操作行为观测指标,并依据概念节点数量和概念间关系复杂程度划分低、中、高三个等级。针对思维结构,选用 SOLO 分类理论作为运用知识结构解决问题时的层级依据。本研究将“知识结构三重内涵”标准与 SOLO 分类法相结合,分别从知识和思维结构界定可观察的行为及其操作性定义(见表 2),以此进一步支持 CT 的培养和评估。

表 2 计算思维层级标准及其对应的可观察行为

计算实践			计算概念		
思维结构	SOLO 分类法	可观察行为	知识结构	知识结构三重内涵	可观察行为
	P 前结构	学生缺乏基本的编程能力,无法理解简单程序中的语法		符号逻辑意义	低层次:学生能够准确描述部分计算概念,概念间联系较少且不够深入
	U 单点结构	学生能够专注于一个相关的计算概念来解决问题			中层次:学生能够准确描述大部分计算概念,建立相对全面的认知结构,并体现出个体深入的思考
	M 多点结构	学生能够较为熟练地整合多个计算概念,形成较为完整的解决方案,但可能仍需进一步优化			高层次:学生能准确描述所有计算概念且建立丰富的联系,形成整合的良好认知结构并体现出个体独特新颖的思考
	R 关联结构	学生能够较为流畅地将编程任务的不同方面整合成一个连贯的结构,能够较好地满足任务需求			
	EA 抽象结构	学生能够从整体抽象的角度思考问题,将多个计算概念整合到更高层次的抽象框架中,设计出具有通用性的解决方案			

(二)计算思维层级化任务

任务模型指引任务情境设计,激发学生行为表现,进而系统获取学习证据。参考威廉霍顿的学习活动设计^[23],自左向右分别设置两个进阶站点,包括学习—实践站点和联结站点(如图 2 所示)。

一方面,在培养 CT 时,学习—实践站点融合了吸收型(Absorb-Type)与实践型(Do-Type)活动,吸收型活动主要依赖于教师对计算概念单个要素的系统讲解,实践型活动则让学生通过具体的生活实例和简单的任务自主练习已学知识点,这两种活动循环进行,有效促进对计算概念多知识点的掌握。

另一方面,在评估 CT 时,联结站点旨在依据“计算思维层级标准及其对应的可观察行为”设置包含不同难度层级任务的联结型活动(Connect-Type)。通过收集学生绘制的概念图(画出各层级任务涉及的计算概念及概念间的关系)并观察学生完成任务的过程,研究者能够建立起行为表现与计算概念和实践各成分之间的关联,并在此基础上,准确判断学生行为反应的等级水平。

(三)计算思维证据类型与标准

证据模型包含测量模式和证据规则,即什么样的行为表现能够为测量的内容提供证据。评价证据类型与评价方式相关,为防止对 CT 的理解产生偏差,本研究采用过程性评价和总结性评价。通过对学生的编程过程进行定性与定量的挖掘,从中理解学生的编程学习以及判断学生对计算概念与实践的掌握。

一方面,在培养 CT 时,过程性评价证据类型为教师课堂行为观察记录,能够实时捕捉学生的学习动态和参与度,有助于教师及时调整教学策略。总结性评价证据类型为课堂知识点测试,评估学生对计算知识的掌握程度,确保学习目标的达成。

另一方面,在评估 CT 时,针对知识结构的评估,总结性评价证据为联结型活动任务中所涉及计算概念的概念图,借助“计算思维层级标准及其对应的可观察行为”知识结构维度的低、中、高三个层次标准能够有效评估学生对知识的掌握情况。针对思维结构的评估,过程性评价证据主要采用后台日志数据,记录学生在获得正确答案之前的尝试次数和达到的任务等级水平等。依据“计算思维层级标准及其对应的可观察行为”思维结构维度设计的层级任务本身就可以作为 CT 评价标准,既能精准甄别学生在任务各环节调用的思维技能差异,又能明晰任务执行中需完成的步骤与行为,从而精准定位学生的思维进阶层级,而非仅以模糊分数进行评判。此外,CT 测试题(Computational Thinking Test,CTT)^[10]凭借其涵盖基本的计算概念,以及依托可视化编程界面的高度可操作性设计,适宜作为评估学生 CT 的总结性评价证据。

四、中学生计算思维层次化培养评估实践

(一)实践概况

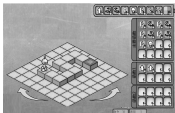
1. 研究对象

本研究选择了某中学七年级的 35 名学生为研究对象,平均年龄为 13.49 岁($SD=0.50$),其中,男生 21 人(占 60.0%)、女生 14 人(占 40.0%)。所有参与学生之前没有任何的编程经验,他们在计算机教室完成了 6 周的 CT 层级化培养和评估认证实践。项目由一名具备专业学科知识与技能、经验丰富的信息科技教师开展教学。

2. 研究过程

本研究遵循 CT 层级化培养和评估循环模型,对学生 CT 能力水平进行培养和测评,以检验 CT 层级化机制应用于教学的合理性和有效性。项目分为两个

表 3 SOLO 层次任务

SOLO 层次任务	计算概念	可观察行为	计算实践	可观察行为
P(不涉及此等级)				
U(不涉及此等级)				
M 	顺序+循环+函数	学生精心绘制了一幅全面概念图,图中囊括了层级任务包含的所有计算概念	方案制定+递增迭代+重用与模块化+迭代调试+运行评估	学生将问题分解为子任务,构建模块结构,运用函数简化顺序排列的代码实现循环功能,制定测试计划进行修正
R 	顺序+条件 (“if ... then ...”)+循环+函数			学生整合子任务与模块,实现复杂逻辑(运用函数简化排列的代码实现条件和循环),执行全面测试确保程序可靠性,并进行优化调整
EA 				学生审视并优化模块设计,结合函数和顺序、条件和循环结构提升算法效率,思考未来项目应用,提炼设计原则

阶段,第一阶段(4 周)为培养阶段。教师在学习—实践站点讲解 Python 语言的基本知识,学生学习顺序、选择、循环和函数等计算概念,并通过简单的问题探究来关联计算概念。经过 4 周的学习,学生已经具备利用计算机解决问题的能力,并学习完成了 Python 语言的基本知识和实践运用。

表 4 SOLO 层次任务日志数据评估指标

维度	具体描述
编程时间 (Programming Time;TPT)	计算加载一个子任务和进入下一个子任务的时间之差
平均编程尝试的次数 (Average Number of programming attempts;NAA)	解决 SOLO 层次任务的平均尝试次数(包含正确和不正确的情况)
平均使用的代码数量 (Average Number of codes Used;NAU)	正确解决 SOLO 层次任务的平均使用代码数量
最大层级 (Number of Max game Level;NML)	所完成的 SOLO 层次任务最高等级

第二阶段(2 周)为评估阶段。首先,能力模型以 CT 能力拆分框架(计算概念的维度度和计算实践的作品开发维度)为依据。其次,任务模型设置了三个难度逐级上升的联结型活动——SOLO 层次任务(见表 3),该任务设计依托于 Lightbot 的“关卡编辑器”^[24],学生需要在有限的程序空间中借助编程指令设计路径来控制机器人移动,并绘制对 SOLO 层级任务中涉及的计算概念理解的概念图,解决所有任务预计需要 30~60 分钟。最后,在证据模型中,过程性评价依托编程平台,全面记录了学生的编程行为操作数据(见表

4)。而总结性评价则综合采用了 CT 测试题与概念图。其中,CTT 由 28 道测试题组成,总计 103 分。它涵盖了顺序、循环(简单和直到型)、条件(if、if-else、while)、函数等 4 种结构下的 7 个计算概念,解题过程中充分展现了调试和纠错、再利用和再创作、抽象化和模块化等 3 种计算实践。

(二)结果分析

第一,本研究呈现学生的 CTT 测试结果,发现 35 名学生在顺序结构上的平均得分为 3.48 ($SD=0.15$),循环结构平均得分为 3.39($SD=0.39$),条件结构平均得分为 2.65 ($SD=0.48$),函数结构平均得分为 3.73 ($SD=0.41$)。

第二,为了深入分析学生的 CT 能力层级,通过描述性统计对“SOLO 层次任务”行为数据进行分析。建立行为反应与 CT 层级化级别标准(见表 3)各级别间的关联,并在此基础上判断学生行为反应的等级水平。针对思维结构,采用 SOLO 层次任务日志记录,计算所有关卡涉及变量的平均值,发现 35 名学生平均花费 18.15 分钟用于编程(TPT: $SD=5.02$),平均编码次数为 1.73 次(NAA: $SD=0.76$),平均使用 9.76 个代码块(NAU: $SD=0.94$),SOLO 层次任务最高达到 3.57 层(NML: $SD=0.49$)。针对知识结构,需要进一步描述学生的知识结构层级,概念图反映了学生对学习内容(主要为学科事实性知识和概念原理性知识)内在逻辑联系的理解程度。

所有学生都完成了 M 级,依据不同学生达到的思维结构水平分别选取 R 级的 1 名学生(甲同学)和 EA 级的 1 名同学(乙同学),详细描述他们的知识结

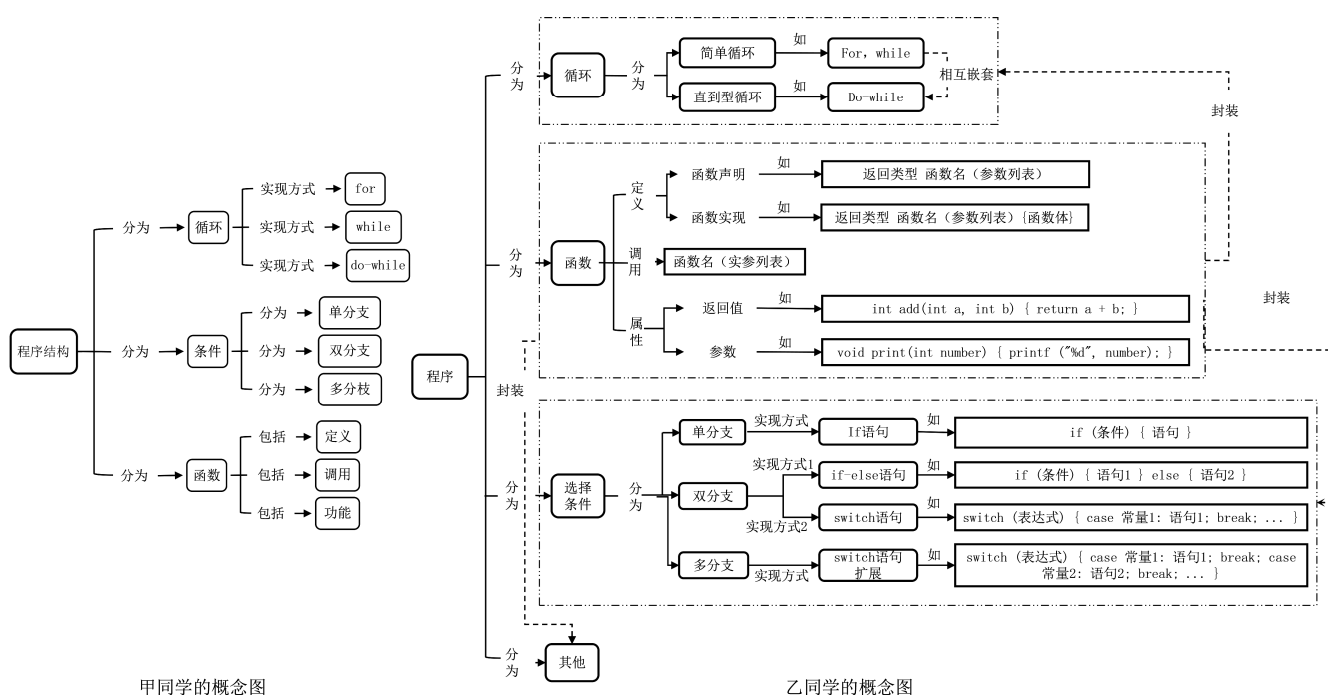


图3 学生的概念图

构所达到的等级(如图3所示)。甲同学仅完成了编程任务的R级,从程序本身来看,他能够使用基本的控制逻辑(如“如果……那么,否则……”和“重复执行”)来操纵机器人进行移动和跳跃。尽管他的程序能够实现目标功能,但在代码优化方面存在不足,没有充分利用函数封装重复代码,导致代码效率不高和冗余。此外,在概念图的表现上,甲同学对顺序的基本理解尚可,但对循环和函数的关系理解不够深入,显示出对这些计算概念的掌握还不够全面,仅符合中等水平表现。总体来说,甲同学CTT得分为84分,在思维结构达到了R级,知识结构为中等水平,在循环和函数的深入理解上需要进一步提高。

乙同学在编程任务中表现出色,完成了编程任务的EA级。他熟练运用了逻辑运算和循环结构,通过函数封装优化了代码,提高了代码的可读性和效率,调试次数仅为1.25次。在概念图绘制方面,乙同学展现了对循环和函数结构的深刻理解,其概念图结构复

杂且准确,显示了他对编程概念的深入掌握和灵活应用。总体来看,乙同学CTT综合得分为99.5分,思维结构达到EA级,知识结构为高水平。

五、结束语

本研究在CT框架的构建、培养与评估方面实现了理论与实践的双重创新,为计算机科学教育提供了新视角。理论上,通过深入剖析SOLO分类理论与CT的内在联系,构建了层次清晰、结构完整的CT层级化进阶式目标体系,明确了学习方向和进阶路径。同时,结合ECD的设计理念,实现了CT“教—学—评”的一体化,确保了CT教学与评估的同步进行和相互促进。实践上,以威廉霍顿的活动理论为基础,创新性地设计了学习—实践站点和联结站点,让学生在编程实践中锻炼CT,促进综合能力提升。此外,引入了SOLO层级游戏关卡作为评估工具,通过游戏化的方式激发学生的学习兴趣,同时确保评估的全面性和精确性。

参考文献

- [1] SUN L H, LIU J J. Effects of gamified python programming on primary school students' computational thinking skills: a differential analysis of gender[J]. Journal of educational computing research, 2024, 62(3): 626-654.
- [2] 庞敬文, 马可心, 许晋, 等. 微认证赋能高中生计算思维培养的结构表征与路径设计[J]. 现代教育技术, 2023, 33(10): 63-73.
- [3] KORKMAZ Ö, ÇAKIR R, ÖZDEN M Y. A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS)[J]. Computers in human behavior, 2017, 72: 558-569.
- [4] BRENNAN K, RESNICK M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking[C]//Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association. Canada: Vancouver, 2012: 25.

- [5] SELBY C, WOOLLARD J. Computational thinking: the developing definition[C]//Proceedings of the 18th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. Canterbury:ACM,2013:1-6.
- [6] 周平红,桑雪梅,张屹,等. 同伴互评支持的结对编程对学习计算思维的影响研究[J]. 电化教育研究,2023,44(11):105-112.
- [7] 程妙婷,李艳,孙丹,等. 基于三维框架的小学生计算思维综合测评[J]. 现代远程教育研究,2023,35(5):86-95.
- [8] 朱彩兰,周铭,李艺,等. 指向人的内在品质刻画计算思维框架构建[J]. 电化教育研究,2024,45(4):67-73,87.
- [9] 吴怵,王戈. 协作编程中的计算思维发展轨迹研究——基于量化民族志的分析方法[J]. 现代远程教育研究,2019,31(2):76-84,94.
- [10] ROMÁN-GONZÁLEZ M, PÉREZ-GONZÁLEZ J C, JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ C. Which cognitive abilities underlie computational thinking?Criterion validity of the computational thinking test[J]. Computers in human behavior,2017,72:678-691.
- [11] 中华人民共和国教育部. 义务教育信息科技课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
- [12] 张沿沿,冯友梅,顾建军,等. 从知识结构与思维结构看思维评价——基于皮亚杰发生认识论知识观的演绎[J]. 电化教育研究,2020,41(6):33-38.
- [13] 冯友梅,王昕怡,温佳,等. 信息科技课程中计算思维多层进阶式目标体系设计[J]. 电化教育研究,2024,45(5):51-57,66.
- [14] KASPERSEN M H, GRAUNGAARD D, BOUVIN N O, et al. Towards a model of progression in computational empowerment in education[J]. International journal of child-computer interaction,2021,29:100302.
- [15] 马志强,沈诗森,杜鸿羽. 基于 SOLO 分类理论的思维发展表现性评价研究[J]. 远程教育杂志,2024,42(3):52-58,67.
- [16] 昌家立. 试论知识的本质[J]. 青海社会科学,1995(4):50-55.
- [17] 龚鑫,许洁,乔爱玲. 基于沉浸式学习环境的隐形性评估:机理、框架与应用[J]. 电化教育研究,2023,44(12):64-72.
- [18] 陈兴冶,董玉琦,杨伊. 促进计算思维发展的学习设计模型开发——基于上海市实验学校的实践[J]. 全球教育展望,2024,53(6):115-127.
- [19] 孔凡哲. 基础教育新课程中“螺旋式上升”的课程设计和教材编排问题探究[J]. 教育研究,2007,28(5):62-68.
- [20] 冯友梅,王珊,王昕怡,等. 支持我国信息技术课程评价体系构建的计算思维描述框架设计[J]. 电化教育研究,2022,43(6):115-121.
- [21] 李锋,程亮,顾小清. 计算思维学业评价的内容构建与方法设计——文献比较研究的视角[J]. 中国远程教育,2022(2):65-75,77.
- [22] 柏毅,吕泽恩. 美国教育评估系统的 ECD 模型[J]. 教育测量与评价,2016(1):35-39.
- [23] 威廉霍顿. 数字化学习设计[M]. 吴峰,蒋立佳,译. 北京:教育科学出版社,2009:32-35.
- [24] GOUWS L A, BRADSHAW K, WENTWORTH P. Computational thinking in educational activities:an evaluation of the educational game light-bot [C]//Proceedings of the 18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. New York:Association for Computing Machinery,2013:10-15.

Modeling the Computational Thinking Structure of Middle School Students and A Multi-level Cultivation and Evaluation Pathway

GONG Xin¹, LIU Yuyu¹, XU Jie², QIAO Ailing¹

(1.College of Education, Capital Normal University, Beijing 100048;

2.College of Education, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310058)

[Abstract] Exploring the progression path of computational thinking, one of the core competencies for middle school students, helps provide more precise and effective instructional support for students. However, the current assessment framework lacks the necessary hierarchy to characterize students' computational thinking level, thereby restricting the development and assessment effects of students' thinking. The study, based on the nature of thinking, first matches the knowledge structure and thinking

(下转第120页)

- [31] 田小红,季益龙,周跃良. 教师能力结构再造:教育数字化转型的关键支撑[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2023,41(3):91-100.
[32] 周成海. 教师教育范式论[M]. 长春:东北师范大学出版社,2008.

Research on Support System and Operation Mechanism for Cultivating Digital Literacy of Rural Teachers

KONG Xinyu¹, KANG Hongqin², WANG Zhixiang¹, DAI Ling¹

(1.Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062;

2.Institute of Vocational and Continuing Education, Qufu Normal University, Qufu Shandong 273165)

[Abstract] Cultivating the digital literacy of rural teachers is a crucial measure to accelerate the digital transformation of rural education. The study constructs a theoretical framework of "Environment-Organization-Technology-Individual" (EOTI) based on the questionnaire data of 844 rural teachers, analyses the current state and operation mechanism of support system for cultivating digital literacy of rural teachers, thereby explores influencing factors and their relative contribution rates. The results demonstrate that: (1)collaborative competence at the individual level is the "weak point" in the support system; (2)rural teachers' digital literacy varies across variables such as years of teaching experience, highest degree obtained, instructional grade level, and school geographic location, but no differences are found in terms of gender and professional title; (3)policy support, management system, resource guarantee, and collaborative competence have a significant impact on rural teachers' digital literacy, with relative contribution rates of 21.895%, 23.832%, 33.280% and 15.193% respectively; (4)the operation mechanism of digital literacy cultivation support system of rural teachers presents a chain mediating effect of "policy support → management system → resource guarantee → collaborative competence → digital literacy".

[Keywords] Rural Teachers; Digital Literacy; Cultivation; Support System; Operation Mechanism

(上接第 105 页)

structure of computational thinking with computational concepts and computational practices respectively, and draws on the SOLO taxonomy theory and the criterion of intrinsic structure of knowledge to model the hierarchical structure of computational thinking. Subsequently, the study adopts an evidence-based design to construct a dual-line, triple-loop pathway for developing and assessing computational thinking. This pathway includes three interactive models: a competency model demonstrates the thinking and knowledge structure based on the computational thinking hierarchy model; a task model achieves the triple cycle of development and assessment through advanced activity design learning-to-practice and linkage sites; an evidence model integrates the formative and summative evaluations to comprehensively provide practice evidence and measurement standards. The study provides empirical experiences on the assessment path of computational thinking ability development, aiming to provide both theoretical and practical guidance for the assessment of computational thinking development of middle school students, and help students to improve their computational thinking in a comprehensive way.

[Keywords] Computational Thinking; SOLO Taxonomy Theory; Evidence-based Design; Structural Modeling; Middle School Student