

何谓人工智能素养:本质、构成与评价体系*

钟柏昌¹ 刘晓凡¹ 杨明欢²

(1. 华南师范大学教育信息技术学院, 广州 510631; 2. 广东省教育厅事务中心/广东省电化教育馆, 广州 510000)

摘要: ChatGPT 等新一代人工智能技术给教育带来了积极和消极影响, 教育领域不仅要被动应对人工智能带来的诸种挑战, 更应该主动思考如何培育学生具备适应和驾驭人工智能的素养, 本文将这种素养称之为人工智能素养, 即通过人工智能教育培养的领域特定性与领域一般性兼具的学生核心素养。对人工智能素养的解析可以追溯到三维目标模式下的诸类研究, 但这些研究未能廓清其内涵本质和内在逻辑。鉴于人工智能素养是因应人工智能技术的发展而产生的一种新的素养类型, 本文首先从技术本体论视角分析了人工智能素养的本质——人的技术化, 并从哲学认识论与教育心理学视角出发, 把握了人工智能素养的构成: 核心素养发展的实质就是一个“知识与思维”的动态转化过程; 情感作为源于认知过程的情绪化体验, 不仅涵养了知识建构与思维发展的过程, 也是人类获得道德观念的根据和渊源。由是, 知识、情感与思维的相互作用关系共同构成了学生人工智能素养的底层逻辑。藉此, 本文从人工智能知识、人工智能情感、人工智能思维三个维度出发, 重点构建并详述了人工智能素养的评价指标体系, 以期为人工智能教育的健康发展提供指引。

关键词: 人工智能教育; 人工智能素养; 思维方式; 行为方式; 存在方式; 评价体系

ChatGPT 的横空出世, 让人们真切地感受到人工智能时代未来已来, 每一个人都将不得不面对人工智能、学会与人工智能和谐相处和共同发展。近年来, 中国、美国、日本、韩国、欧洲等国家和地区纷纷发布国家人工智能发展战略规划, 极大促进了全球人工智能教育的发展。我国中小学人工智能教育也正处于快速发展阶段, 但由于缺少顶层设计和系统性的国家课程支持, 仍然存在技能化、工具化、零碎化等问题。在主编中小学人工智能系列教材的过程中, 我们深刻地感悟到, 要解决这些问题, 就需要回归教育本质, 开展系统性的思考和设计。我们认为, 教育始终是面向全人发展的富有德性的活动, 人工智能教育也要时刻秉持“全人教育”思想, 超越知识掌握与技能训练的窠臼, 强调对学生关键能力和必备品格的培养, 融知识、情感与思维于一体, 使之成为具有“核心素养”的人(李艺, 钟柏昌, 2015)。区别于一般意义上的核心素养, 本文将这种通过人工智能教育培养的学生核心素养称为“人工智能素养”。显然, 本文所言人工智能素养不是关于人工智能的专业素养, 而是随着人工智能社会的到来, 每一位公民所应具备的、与读写算一样重要的素养。那么, 这种素养究竟有何所指、特征如何、当如何评价, 诸类问题亟待廓清, 本文将予以重点讨论。

一、缘起三维目标: 人工智能素养的框架综述

核心素养的学科性与跨学科性一直是讨论核心素养内涵的一个重要议题。所谓学科核心素养, 是个体解决特定学科或领域问题中所表现出的核心素养或领域特定素养(Domain-specific competence)(OECD, 2003); 而跨学科核心素养则是可以应用至不同任务、情境、目的和领域中的核心素养或领域

* 基金项目: 国家社会科学基金教育学一般课题“面向学生跨学科创新能力培养的4C教学模式研究”(BCA220219)。

一般素养(Domain-general competence)(Davies, 2013)。对于特定领域的复杂问题解决,不仅需要个体一般意义上的心智机制,还需要特定领域的结构化知识与思维模式(Hassebrock & Prietula, 1992)。在此背景下,一方面,我们必须反对分科主义的泛滥,淡化各门学科之间的边界,推动学科间的互融互通,当且仅当如此,以学科活动为载体发展学生学科核心素养的同时,才有可能触及跨学科核心素养的培育;另一方面,开展专门的跨学科学习活动培养学生的跨学科核心素养也是全球各经济体普遍采用的策略(史威, 2021)。由此可见,学科核心素养与跨学科核心素养共同构成支撑学生核心素养发展的整体框架。作为一门交叉学科,人工智能不仅具有学科属性,还涉及诸多学科领域,在教育领域中更具独特的跨学科优势,即强调学生通过软硬结合的方式将学习到的科学、技术、工程、数学等领域知识来解决复杂的实际问题,获得高阶思维能力的显著提升。从这个意义上说,人工智能素养是一种具备领域特定性和领域一般性双重属性的核心素养,这是我们理解人工智能素养的一个基本出发点。

早在20世纪70年代,已有学者提出人工智能素养(AI Literacy)一词(Agre, 1972),主要强调的是人工智能专业技术人员的素养结构,并没有引起人们的广泛重视。直到2018年,人工智能素养再次进入大众视野并引发教育界的研究热潮(Ng et al., 2021)。大多研究从三维目标角度构建人工智能素养框架。例如,Wong等认为人工智能素养包括“AI概念、AI应用、AI伦理”三个部分,其中“AI概念”是指基本的人工智能知识与起源,“AI应用”是指人工智能技术在现实世界中的应用,而“AI伦理”是指人工智能应用过程中所面临的道德挑战和安全问题(Wong et al., 2020)。又如, Kim等从“AI知识、AI技能、AI态度”三个维度构建了人工智能素养模型,其中“AI知识”是指人工智能的核心概念,“AI技能”是指学生在人工智能应用过程中所具备的计算思维能力,“AI态度”是指学生能够批判性思考人工智能技术的社会影响并正确看待人类与人工智能的关系(Kim et al., 2021)。再如,张银荣等从使能目标、内核目标和发展目标出发,将“AI知识、AI能力、AI伦理”作为人工智能素养的三个重要维度,其中“AI知识”是指人工智能发展史和技术原理等,“AI能力”是指计算思维、数据能力、编程能力等这些利用人工智能解决问题时的智能思维能力,“AI伦理”是指对如何规范、合理开发AI技术,使用AI产品,以及如何应对人机交互过程中可能出现的社会问题的一种态度和价值观,包含AI接受度、AI公平意识等(张银荣等, 2022)。此外,在核心素养的基础上,艾伦从“人与工具、人与自己、人与社会”三个层面提出了人工智能课程核心素养,其中“人与工具”反映了智能化社会中人类如何重塑与新工具之间的关系,“人与自己”反映了智能化社会中人类如何重建与“自我”的关系,“人与社会”反映了智能化社会中人类如何面对新的社会关系(艾伦, 2018)。

同时,也有研究提出了人工智能素养的四维框架。例如,杨鸿武等从核心概念、技术实践、跨学科思维与伦理态度等方面构建了STEM背景下的人工智能素养框架。其中,核心概念包括人工智能的基础知识、工作方式、工作流程与典型应用等,技术实践包括编程、协作、问题解决与创新等核心能力,跨学科思维包括计算思维、数据思维、批判性思维与设计思维等,伦理态度是指正确看待人工智能的优缺点及其带来的影响,并积极地规制风险等(杨鸿武等, 2022)。又如,人工智能教育研究标准课题组认为中小学人工智能核心素养由智能意识、智能思维、智能应用与创造、智能社会责任四个核心要素构成。其中,智能意识是指个体对人工智能的敏感度、理解力和价值判断;智能思维是指个体运用人工智能领域的技术方法,在问题解决过程中产生的一系列思维活动;智能应用与创造是指个体根据实际需求,批判性地评估并选用合适的人工智能资源与应用工具;智能社会责任是指个体在隐私保护、伦理规范和行为自律方面应尽的责任(人工智能教育研究标准课题组, 2023)。再如,中央电化教育馆从“人工智能与人类、人工智能与社会、人工智能技术、人工智能系统设计与开发”四个领域制定了人工智能技术与工程素养框架,其中“人工智能与人类”部分强调人工智能与人类之间复杂的关系与伦理道德,“人工智能与社会”部分强调人工智能对人类社会发展可能产生的深远影响,“人工智能技术”部分强调如何选择和利用人工智能工具解决具体的问题,“人工智能系统设计与开发”部分强调从系

统工程的角度,引导学生设计、开发和测试人工智能应用系统(中央电化教育馆,2021)。

此外,郑勤华等进一步从智能知识、智能能力、智能思维、智能应用、智能态度等方面提出了智能素养的五维框架。其中,智能知识主要包括人工智能的发展历程、基本概念、技术体系、应用领域及社会影响等,智能能力主要包括信息能力、数据能力、编程能力、算法能力等人机协同的重要能力,智能思维主要包括人机协同思维和主动调节思维,智能应用主要包括AI应用与AI动手能力,智能态度主要包括AI价值观、AI伦理与AI志趣(郑勤华等,2021)。

总之,无论是三维框架,还是四维框架,抑或五维框架,都表现出一个明显的特征,即都强调了人工智能不同维度的内容,并与第八次课改之初所倡导的三维目标高度类似:知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观,这为本研究提供了重要启示。同时,现有框架也存在明显不足:首先,人工智能素养常被作为一般概念提出,缺乏对其内涵的深入探讨与本质廓清,所采用的术语也尚未统一(如智能素养、人工智能核心素养、人工智能课程核心素养、人工智能技术与工程素养、人工智能素养等),为避免概念泛化,亟须确立一个广受认同的专门术语,指向人工智能时代每一位公民所应具备的通用素养;其次,现有论者所提框架的维度之间与维度内部的各要素较为分散,缺乏清晰的逻辑梳理与学理论证,如同散落的珍珠,不利于读者整体把握素养框架的全貌和构建逻辑。基于此,本文试图正式确立“人工智能素养”这一概念,把握人工智能素养的本质,追溯人工智能素养的构成,追寻人工智能教育价值的全面彰显。

二、融合三个视角:人工智能素养的本质与构成

毋庸讳言,人工智能素养是因应人工智能技术的发展而产生的一种新的素养类型。因此,要把握人工智能素养的本质就不得不追溯技术本体论,而对其构成的追问又离不开哲学认识论和教育心理学思想。

(一) 本质:人工智能素养始于人的技术化

人工智能素养关乎智能技术时代中人的成长问题,对人工智能素养的溯源,自然离不开“人与技术”关系的探寻。技术发端于人类对自然的改造,这是技术哲学的逻辑起点(陈昌曙,1999)。自然改造论认为,从“天然物”向“人造物”的转化,就是通过人为干预来“打断”自然界运动的自然进程,使其转向人工进程。自然进程只是一个单纯的因果过程,而人工进程则体现了自然规律与人类目的的统一。可以说,人对自然物的改造或者“创建、加工出自然界本来没有的东西”,本质上都是自然界的“人工化”(陈昌曙,1999)。换言之,技术具有控制品性——将自然进程“打断”与“人工化”(李美凤,李艺,2008)。

在此基础上,马克思的实践哲学对人和技术的本质进行了独到分析,揭示了人与技术的内在联系。首先,人的主体性不是天生的、一成不变的,而是人在实践活动中不断生成和发展的本质力量。需强调的是,这里的本质力量不是单一结构,而是由自然力、认知能力、实践能力以及情感等多种成分之间密切联系所构成的有机整体。其次,技术是人创造的,是人的本质力量对象化的产物,技术活动是人类活动的最基本形式。根据主客体关系的作用方向,马克思进一步区分出“主体客体化”与“客体主体化”两个过程,前者是主体作用于客体并使其本质力量对象化于客体之中(即对象化的过程),后者则是客体作用于主体并转化为主体本质力量(即非对象化的过程)(陈维维,李艺,2009),即人在构造对象的同时也在构造自身。人与技术正是处于这样一种主客体相互作用、双向建构的实践关系:一方面,人根据自身需要创造或改造出各种形态和功能的技术客体,实现人的本质力量从主体向技术客体的运动;另一方面,技术一经创造出来就具有了相对独立的存在形态,通过一定途径和方式对人类活动产生规范与制约,而人发挥自身的主观能动性,把握技术的客观规律,掌握技术活动的规则和流程,从而把技术品性内化为自身的本质力量(李美凤,李艺,2008)。在这种双向互动过程之中,人的本质力量与技术品性不断融合并返回自身,这种返回不再是在原有基础上的简单重现,而是人对自身本质的扬弃、

发展与完善,这就是人的技术化。

然而,在特定社会历史条件下,人的技术化总是与异化相伴生的。一方面,人类对自然规律的认识总是存在历史局限性,对自然进程的人为干预并不总是符合人类的整体或长远利益;另一方面,作为多元主体的本质力量对象化的产物,技术身上积累着多种利益和价值取向的力量,这些力量博弈的结果并非总是合理的(李美凤,李艺,2008)。于是,在人的技术化过程中,人从技术身上也会受到“异质”力量的强制甚至被其同化,此系技术对人的奴役和异化的一个重要根源。尤其是人工智能“器用”价值野蛮生长的今天,技术的运算能力、存储能力、交互能力、控制能力等仍在持续突破,数据隐私、技术伦理等问题也接踵而至,人类有可能在整体上面临着异化风险,逐渐片面发展甚至是畸形发展为工具理性支配下的“冷酷路人”或“科技巨婴”。尽管如此,人的技术化仍然是人类通达自由与解放的合理途径。马克思认为“人的类特性恰恰是自由的、自觉的活动”(马克思,恩格斯,1979)，“自由不是上帝的恩赐,也不是自然进化意义上的天赋,而是人通过自己的历史活动……自我进化、自我生成的”(林剑,1996)。作为贯穿于历史实践中人在不断生成中的过程性状态,人的技术化与人类自由发展具有历史和逻辑一致性,技术化是主体性发展的主要途径。当人类的本质力量受限而不得不忍受作为异己的、支配人类行动的自然规律的束缚时,人的技术化使人不断将外在的客观必然性融入自身本质力量之中,在自然与人工、技术与人性的平衡中找到新的起点,从而克服技术的异己力量。作为适应和驾驭人工智能的素养(即本文所言人工智能素养),它的本质就是通过人的技术化过程,获得人的本质力量的提升,最终实现人与智能技术的和谐发展。

(二) 构成 1: 知识结构与思维结构的内在一致性

人工智能素养作为人与 AI 技术打交道形成的本质力量,在内化于心和外化于行的过程中,必然形成某种结构,那么,这种结构究竟是什么?首先需要回到认识论中寻找线索。

传统认识论经历了唯理论、经验论及康德先验建构论的发展脉络。唯理论认定一切可靠的、普遍的、必然的知识只能来自理性,认识的过程便是天赋观念的演绎过程;经验论则认定经验是知识的唯一来源,认识的过程便是由感觉经验引发的联想过程;康德则用先验“知性”范畴对以上两者进行了调和,认为知识既非纯粹天赋,亦非仅缘于经验,而是二者的综合:认识过程是先验知性范畴对感觉经验的系统化、规范化的过程(邓晓芒,2004)。然而,康德对先验主体的认识过程绝对化,忽视了现实情境中认识主体有着具体性、历史性与偶然性的特征(罗亚玲,2017)。作为后来者,皮亚杰的发生认识论批判性继承了康德的范畴思想,摒弃康德范畴中“时间上先验”的成分,吸收其“逻辑上先验”的思想,形成最为成熟的认识论成就。

皮亚杰认同主体所完成的一切建构都以先前已有的内部条件为前提,但并不接受其凭空而来的“先验”,而是直接从人与客观世界的关系角度,追问认识发生的内在机制。皮亚杰认为,主体以遗传适应机能,如吮吸需求、抓握需求等内部条件为基础,通过与客观世界的持续互动,逐渐建构起对客观世界的日益复杂、丰富的认识(李其维,1999)。这里的遗传适应机能,其内在机制便是同化和顺化(又译“顺应”),前者是把自身的意义赋予外物,后者是自身受所同化元素的影响而发生某种改变。以吮吸行为为例,主体在建立“圆柱体 \leftrightarrow 可吮吸”这一意义关联后,如果同化过程不遇到阻碍,那么主体便会一直建立以上这种在我们看来有明显问题的意义关联;如果主体试图吮吸一个很大的圆柱体,他会意识到并非圆柱体都可吮吸,于是便取消“圆柱体”与“可吮吸”的必然关联。只有通过同化、顺化过程的持续循环,主体才能建构越来越多的意义关联,而这些意义关联的结合结果便是日益复杂的知识结构(冯友梅等,2021)。可以认为,知识结构是静态的建构结果,而建构过程则是意义关联的过程或思维过程,思维过程呈现出的动态结构便是思维结构,从这个意义上说,知识与思维结构具有内在一致性。

同化和顺化为认知发展提供了心理学解释,在此基础上,皮亚杰进一步使用“逻辑数学范畴”和

“物理范畴”的协同运作为知识发生或思维过程提供了哲学解释。前者是主体(身体)作用于客体的动作(或动作结构)经抽象、内化而产生并存在于主体头脑中的用以转换、解释知识的逻辑(内化的逻辑结构),是一切外部世界的认识得以形成的先行条件;后者则是主体把自身的逻辑数学范畴应用于或归因于客体的结果(外化的知识或规律),大体对应一般意义上的规律或“知识”,由此构成了“内化—外化”双向建构的认知发生过程(熊哲宏,2002)。以此为关照,在认识发生和逻辑发展的过程中,运行的思维以各种逻辑范畴的形式展现,在思维发生的那个当下所显现出来的逻辑结构即是思维结构,而在知识发生的当下的逻辑数学运演导致了知识结构的变化(张沿沿等,2020)。故言之,知识结构与思维结构是在状态与运动的循序转换中螺旋上升、共同发展的。

值得补充的是,在康德的影响下,胡塞尔将范畴看作是客观知识得以成立的先天形式,认识活动是在以主体的先验认识形式为条件推动的意向性活动中展开的,这种先验的认识形式即是先验范畴(吴汝钧,2008)。这种先验范畴为意向性活动中的“本质直观”提供了对象内容与事态的先天形式法则,从而使得朴素的感觉材料成为可理解的东西。具体而言,这种先验范畴又可以细分为形式逻辑范畴和形式本体论范畴,两者分别指向逻辑(基于概念的逻辑)和概念(作为内容形式的概念,纯粹概念)。由此可见,胡塞尔思想中的先验范畴摆脱了康德的先天绝对性,较好地触及先验范畴中的细节,并与皮亚杰的两个范畴说思想不谋而合,即共同强调知识与思维在认识发生过程中的重要性。

学习的认知观和建构主义观点强调学习者知道什么(知识)以及他们是如何思考(认知过程)这些知识的。由此形成了熠熠生辉的教育目标分类成果,典型如安德森等人主导的《布卢姆教育目标分类学修订版》,其按照“从简单到复杂”“从具体到抽象”的组织原则,从“知识”与“认知过程”双重维度出发,构建了认知领域的教育目标框架(安德森等,2009)。该框架不仅突出了“知识”和“认知过程”之间不可分离的、内在的逻辑关系,而且展示了个体参与知识的意义建构的过程方式(即思维方式),映证了知识与思维之于认知发展的重要性,也反映出哲学认识论领域与教育心理学领域互相补充、相互映射的内在关系。

(三) 构成 2: 认知与情感的双螺旋结构

众所周知,理性和感性是人的一体两面,既是区别于动物,也是超越人工智能的基本属性。具体到教育领域,大体对应了认知领域教育目标和情感领域教育目标。然而,上述关于知识结构与思维结构的讨论,仅仅涉及了前者,人工智能素养是否在逻辑上包含情感?如果包含,情感与认知又是何种关系?

具身哲学领域的代表人物梅洛·庞蒂在深入考察人类身体认识世界的过程后,提出两类身体——生物层面的身体(客观身体)和社会文化中所经验的身体(现象身体),两种身体形式的联结为运动本身及其承载的符号意义之间的交流搭建了桥梁(梅洛·庞蒂,2001)。这种联结关系的产生在具身认知的诸多理论模型中得到了确认,即高级认知过程涉及感觉—运动状态的部分激活,并由此构成了认知过程的基本成分(Fraley & Marks, 2011)。回顾皮亚杰的发生认识论哲学,其不仅揭示了知识与思维的内在一致性,也始终强调身体的感知运动:物理范畴作为主体与外界沟通的中介,负责对外部刺激的接纳。事实上,恰是对“身体”的关注,才可透过“知识”与“思维”的动态转化过程来洞察主体内在统一发展的本质。也正是因为“身体”的介入,这种“统一发展”就不仅仅是知识与思维的统一,更是知识、思维与情感作为整体人意义上的统一(冯友梅等,2021)。因此,具身认知理论所倡导的教学观认为,素养的发展不仅需要思维等理性因素,更需要基于身体的感知、体验来调动个体内部情感等感性因素的参与和互动,而这些正是构成个体调动知识、能力和态度解决复杂问题的基础和前提(钟柏昌,刘晓凡,2022a)。遗憾的是,这些从具身哲学引申出来的观点均不能直接为“情感与知识、思维的内在关联”提供生成机制的解释。

为此,我们不得不另辟蹊径。在心理学领域,有人发现,主体认识世界的同时还会产生对此认识的

肯定、认同、期待的情感,可称之为理智情感(毛豪明,周黎,2006)。当遇到有悖于此认识的表述时,主体便会产生消极的情绪体验,反之,便会产生积极的情绪体验。由于主体行为具有社会意义,理智情感必然伴随着道德情感,且最终的情绪体验往往由道德情感决定(颜士刚等,2019)。当然,作为一个较为宽泛的情感范畴,“情感”并不仅指“道德情感”这类高级情感,还包括人的直观感觉、情绪、感受、体验等基本情感。正如季塔连科教授所言:“情感是复杂的、多级的、深刻的道德心理机制……这种机制是获得道德观念的根据和渊源”(朱小蔓,2013)。基于此,我们尝试从教育心理学视角出发,通过“认知”与“情感”的关系分析来反映知识、思维与情感的关系。

长期以来,由于认知领域的广泛发展及其与学科知识的紧密联系,认知领域一直以绝对优势占领基础教育的“主场”,而情感领域往往被忽视。例如,上述认知领域的布卢姆教育目标分类被研究者和实践者广泛引用、借鉴,而情感领域的教育目标分类却很少被关注。实际上,早期的布卢姆教育目标分类学包含了情感领域的分类,其本人也认为,情感领域与认知领域的划分并不意味着这两个领域之间存在着根本分离,实际上,这两个领域之间不存在任何分离(安德森等,2009)。

当我们再次回溯先贤的研究,依然能够获得诸多启示。早在上个世纪八十年代,克拉斯沃尔、布卢姆等人通过对兴趣、态度、价值观等核心成分的深层解析,发现人的情感发展“是从个体觉察到引起情感行为的刺激开始的;在下一个层次上,他对情感刺激作出固定反应;再下一个层次,当个体的行为始终如一时,他开始持有一种价值;接着,当学习者把各种价值相继加以内化时,他遇到了与各种价值有关的情境,这就需把各种价值组织成一个体系;这个体系不断增加复杂性,最终成为他的价值观或世界观”(克拉斯沃尔,布卢姆,1989)。由此形成一个以“内化”为组织原则的情感连续体,其可划分为接受/注意(A 1.0)、反应(A 2.0)、价值评价(A 3.0)、组织(A 4.0)、由价值或价值复合体形成的性格化(A 5.0)五个情感类别以及13个子类别。随着内化的进展,情感目标中不同行为成分的排列顺序很好地描述了情感发展的主要过程。更为重要的是,克拉斯沃尔和布卢姆(1989)以列表方式比较了情感连续体与认知连续体的发展过程,发现两者具有明显的交叠关系。鉴于两人的研究采用的是早期认知领域教育目标分类法,且原文对两类教育目标的对应描述较为简略(主要为一级维度的比较),为此,本文采用《布卢姆教育目标分类学修订版》中的认知目标分类,根据记忆/回忆(C 1.0)、理解(C 2.0)、应用(C 3.0)、分析(C 4.0)、评价(C 5.0)、创造(C 6.0)六个主要认知类别及其19个子类别,进一步细化比较了认知目标与情感目标的二级维度,我们依然能够直观地发现两者的交叠关系(见表1)。

首先,当个体觉察到某种现象(A 1.1)并进行辨认(C 1.1)时,了解这种现象所含知识(C 1.2)是主动接受(A 1.2)甚至积极注意(A 1.3)这种现象的先决条件,而且只有当人们愿意注意某种现象时,才能继续加深对它的了解。例如,对于“形成对建筑物的美感意识”这一情感目标,个体首先要了解美学知识,才能在建筑群中主动接受甚至有选择地注意具有美感的建筑物。

其次,当个体开始对现象作出默认的反应(A 2.1),通过不断加深对现象所含知识的理解(C 2.1-2.7),逐渐增加自己的意志成分(A 2.2-3.1),直到在价值驱使下积极地追求、寻找、发展并扩大作出反应的情境(A 3.2-3.3),这个过程也是个体将理解的知识应用于各种情境(C 3.1-3.2)的过程。在这一部分的最低层次上,即在“默认的反应(A 2.1)”这一亚类别上,以“愿意遵守游戏规则”这一情感目标为例,这个目标包含“至少要能够理解(C 2.0)这些游戏规则,并能够把它们应用(C 3.0)到新的情境中去”这样的认知行为。

最后,当个体把他已作出反应的价值进行抽象或概念化(A 4.1),使个体已有价值与新价值相联系,并加以综合、组织成一个更高层次的价值复合体(A 4.2),最终在持续一致的情境反应(A 5.1)中将价值复合体内化成个体内部的完整世界观(A 5.2)。在此过程,个体肯定会遇到各种价值有关的情境,这就需要个体具有分析(C 4.1-4.3)情境中的共同价值要素的能力、在各种价值要素之间保持相互平衡的能力(C 5.1-5.2),以及重组要素来创造(C 6.1-6.3)新价值体系的能力。在这个层次上,各种态度、观

念、信念已被内化成一种个体内部协调一致的性格特征并控制着个体的行为,例如“形成一套作为个人和公民的生活规范”。

表 1 认知连续体与情感连续体的对应关系描述

认知领域	情感领域
<p>认知连续体以个体在长时记忆中查找与呈现材料相吻合的知识为起点(C 1.1 识别),并提取相关知识(C 1.2 回忆)。</p> <p>个体将转化知识的表示形式(C 2.1 解释),找到概念和原理的具体例子(C 2.2 举例)并进行归类(C 2.3 分类),再通过概括(C 2.4 总结)主题或要点来推断合乎逻辑的结论(C 2.5 推断),进而发现多种观点间的对应关系(C 2.6 比较)并建构一个系统的因果关系(C 2.7 说明)。</p> <p>个体将他已理解的知识应用于熟悉的情境(C 3.1 执行)与不熟悉的情境(C 3.2 实施)。</p> <p>个体将呈现材料分解为各组成部分(C 4.1 区分),确定部分之间的相互关系(C 4.2 组织),以及各部分在总体结构之间的关系(C 4.3 归因)。</p> <p>个体能够在这种知识领域中根据特定的目的来判断材料和方法的有效性(C 5.1 检查)和恰当性(C 5.2 评论),并基于相异假设(C 6.1 产生),将要素重新设计(C 6.2 计划)并组织(C 6.3 生成)成新的模型或结构。</p>	<p>情感连续体以个体注意到(A 1.1 觉察)刺激为开端,再到主动接受刺激(A 1.2 愿意接受),逐渐延伸到个体选择并注意自己喜欢的刺激(A 1.3 有控制的或有选择的注意)。</p> <p>个体对刺激作出反应(A 2.1 默认的反应),逐渐愿意对刺激作出反应(A 2.2 愿意的反应),并在作出这种反应时感到愉快、兴奋、乐趣等(A 2.3 满意的反应)。</p> <p>个体对某一类刺激作出一致性反应(A 3.1 价值的接受),再到他主动寻找、追求这种价值(A 3.2 对某一价值的偏好),逐渐延伸到利用某种方式来扩大并发展这种价值的情境(A 3.3 信奉)。</p> <p>个体将作出反应的价值与已有价值相互联系(A 4.1 价值的概念化),并把这些价值组织成一个有序、和谐的价值复合体(A 4.2 价值体系的组织)。</p> <p>个体在各种情境中作出持续一致的反应(A 5.1 泛化心向),最终形成个体内部的完整世界观(A 5.2 性格化)。</p>

综上,情感连续体中较低层次的目标通常与认知连续体中较低层次的目标相对应,情感连续体中较高层次的目标通常与认知连续体中较高层次的目标相对应(克拉斯沃尔,布卢姆,1989)。在教学情境中,达到某一领域的目标常被看作达到另一领域目标的手段。例如,将认知目标用作情感目标的手段时,可以让学生分析一件艺术作品,使他理解色彩对情调等方面的影响;又如,将情感目标作为达到认知目标的手段时,可以使学生对材料感兴趣,以便让他学会使用这种材料。因此,认知过程与情感过程在不断相互影响和共同发展的过程中推动着个体的整体发展。正如克拉斯沃尔、布卢姆等人在书中所言:认知过程与情感过程就像是一对并排的梯子,个体只有通过协调交替地攀登这两个梯子(从一个梯子上的一级踏到另一个梯子上够得着的一级),才能达到某些复杂的目的(克拉斯沃尔,布卢姆,1989)。这种关系如同DNA双螺旋结构一样令人震撼!因而可以说,情感作为缘于认知过程的一种情绪体验,涵养着人的知识建构与思维发展过程,对素养培育发挥着不可或缺的驱动作用。

三、回归三维框架:人工智能素养的评价指标

前文的讨论对如何准确认识人工智能素养奠定了坚实的理论基础,但要将其转换成实践指南,还需与学习评价紧密结合。

根据前文论述,无论是胡塞尔的形式逻辑范畴和形式本体论范畴,还是皮亚杰的逻辑数学范畴和物理范畴,都表明知识水平(知识结构)和思维水平(思维结构)理应作为素养评价的重要依据。但对于素养教育而言,如若将知识水平和思维水平作为评价的唯一依据,难免会重新陷入“重认知轻情感”的传统评价窠臼。幸运的是,教育心理学领域的研究表明,认知连续体与情感连续体的发展同样具有内在一致性,因此,素养评价还不得不关注认知发展过程中所“伴随”或“滋生”的其他东西,即“情感”。

就人工智能素养评价而言,不仅需要关注素养建构的起点水平(知识),也要关注素养建构的高度(思维,这里特指具有“人工智能领域特定性的思维”),更要关注素养建构过程的温湿度状态(情感,这里特指具有“人工智能领域特定性的情感”)。基于此,本文将从人工智能知识、人工智能情感、人工

智能思维三个维度来构建人工智能素养的评价指标体系,并以某些人工智能教育的评价场景为例,描述评价指标的证据收集途径。

(一) 人工智能知识

思维的培养离不开基础知识的铺垫(安德森,索斯尼克,1998)。在人工智能时代,学生不仅需要理解人工智能的基础概念与原理、体验人工智能技术应用,还需了解智能交互系统的工作流程与运行方式。对于后者而言,智能交互系统的构建至少需要经历设计、开发、评价、优化四个环节,“设计与开发”“评价与优化”分别形成两个前后关联、逻辑紧密的阶段。理解每阶段的运行方式与原理,有助于学生合理地利用人工智能技术解决现实问题。需要注意的是,此处及之后我们将采用“智能交互系统”替代前文提及的“人工智能系统”,旨在彰显“人机共智”“人机共生”理念:“智能交互系统”体现了人工智能技术与人类主体之间的双向建构,是智慧系统而非单向度的技术系统。基于此,针对“人工智能知识”这一指标,可以进一步细化为“人工智能理解与体验”“系统设计与开发”“系统评价与优化”三个二级指标,详见表2。

表2 “人工智能知识”维度的指标详解

一级指标	二级指标	三级指标
1.人工智能知识AI Knowledge	1.1人工智能理解与体验(K. UE)	1.1.1理解人工智能概念(K. UE. 1)
		1.1.2理解人工智能原理(K. UE. 2)
		1.1.3体验人工智能技术(K. UE. 3)
	1.2系统设计与开发(K. DD)	1.2.1系统分析与方案设计(K. DD. 1)
		1.2.2软硬件选择/改造(K. DD. 2)
		1.2.3算法选用/设计(K. DD. 3)
	1.3系统评价与优化(K. EO)	1.3.1测试与改进(K. EO. 1)
		1.3.2评估与升级(K. EO. 2)

1. 人工智能理解与体验(Knowledge for Understanding and Experiencing AI)

“人工智能理解与体验”维度旨在让学生充分理解人工智能基础概念与原理、体验人工智能技术应用。具体而言,在基础概念方面,作为模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法与技术,人工智能自20世纪50年代起经历了多个发展阶段,并呈现出不同的阶段性特点,当前仍处于快速发展与迭代创新之中。在基本原理方面,人工智能技术需要数据、算法与算力作为重要支撑技术,基于计算机视觉、智能语音、自然语言处理、推理与决策、大数据与统计分析等人工智能基础应用技术,实现对人类行为与思维方式的模拟;同时,人工智能是一项系统工程,智能交互系统需要对各个组成要素进行科学分析、优化设计,使其相互协调、相互配合,以实现对问题的最优解决。在应用方面,人工智能技术正在深入到人类社会中,助力人类解决工作、生活、学习等多种问题,但是当前的人工智能技术在解决问题时还具有局限性。基于此,该指标可以进一步细化为:①在“理解人工智能概念”方面,学生在系统设计与学习总结的过程中,能够表达人工智能的基本概念、发展历史、阶段特点、发展现状及未来发展趋势等。②在“理解人工智能原理”方面,学生在系统设计与学习总结的过程中,能够表达人工智能支撑技术(例如数据、算法、算力等)和基础应用技术(例如计算机视觉、智能语音、自然语言处理、推理与决策、大数据与统计分析等)的原理、实现过程与局限性,以及人工智能解决问题的系统工程思想与方法。③在“体验人工智能技术”方面,学生需要体验人工智能技术的感知、交流与行动、推理与决策的能力,并在系统设计与学习总结的过程中表达人工智能解决感知、交流与行动等问题时的局限性。

2. 系统设计与开发(Knowledge for Designing and Developing AI System)

“系统设计与开发”维度旨在让学生了解智能交互系统的设计方法与开发流程。在设计环节,学生需要根据实际需求,遵循科学、创新、实用、经济、通用及安全等设计原则,采用系统工程的方法设

计并选择最优的智能交互系统方案;在开发环节,学生需要根据设计方案,选择合适的软硬件、设计合适的算法,实现问题的具体解决。基于此,该指标可以进一步细化为:①在系统分析与方案设计方面,学生能够明确表述需求分析的逻辑,方案设计、比较的原则与方法。②在软硬件选择/改造方面,学生能够明确表述各种软硬件的功能、性能与使用方式,软硬件选择/改造的基本原理与方法,以及不同软硬件组合环境对开发的智能交互系统性能的影响;③在算法选用/设计方面,学生能够明确表述不同编程语言、计算机算法的特点与优劣,算法选用/设计的基本原理与方法,以及不同算法对开发的智能交互系统性能的影响。

3. 系统评价与优化(Knowledge for Evaluating and Optimizing AI System)

“系统评价与优化”具有两层含义:一是指智能交互系统开发结束后的测试环节,需要对设计、开发中的各个环节进行不断测试,选择最优的测试方案并实施,发现和改进系统出现的问题;二是指智能交互系统实际应用中的评估环节,需要持续分析、评价智能交互系统的运行效果,以提供更加稳定、优质的智能交互系统。基于此,该指标可以进一步细化为:①在“测试与改进”方面,学生能够明确表述智能交互系统测试方案与改进方案的制定方法以及不同测试方案对问题改进的影响;②在“评估与升级”方面,学生能够明确表述智能交互系统评估方案与升级方案的制定方法以及不同评估方案对系统优化的影响。

(二) 人工智能情感

情感作为心理状态和人格特质贯穿于人的整个思维过程(魏屹东,周振华,2015)。作为人之为人的根本,情感(尤其是道德情感)在形塑品格、涵养德性、生成价值观的过程中占据着不可忽略的基础性地位,不仅可以应对现代社会风险的不确定性,还可以反映良性的人际互动与社会关系,为人类社会行为提供普遍指导的原则、观念、标准或态度(Glanzer & Milson, 2006; 叶方兴, 2014; 王平, 2020)。考虑到人工智能素养的终身性和持续性,不仅要强调学生在问题解决过程中的主动性、合作性,还需着重考虑人工智能技术与人类、社会的复杂关系,这些问题会直接影响学生高效率、重规范、合伦理运用人工智能技术的自主性。基于此,“人工智能情感”维度旨在从“人工智能与人类”“人工智能与社会”“交流与合作”三个维度来探讨人工智能时代学生所应具备的情感要素,详见表3。

表3 “人工智能情感”维度的指标详解

一级指标	二级指标	三级指标
2. 人工智能情感 AI Affectivity	2.1 人工智能与人类 (A. H)	2.1.1 人工智能与人类的关系 (A. H. 1)
		2.1.2 伦理道德 (A. H. 2)
	2.2 人工智能与社会 (A. S)	2.2.1 人工智能与社会的交互 (A. S. 1)
		2.2.2 社会规范 (A. S. 2)
		2.3.1 理解与表达 (A. CC. 1)
	2.3 交流与合作 (A. CC)	2.3.2 责任分担 (A. CC. 2)
2.3.3 协商共进 (A. CC. 3)		

1. 人工智能与人类(Affectivity on AI and Human)

人工智能技术区别于其他技术的关键之处在于,未来人工智能技术可能实现对人类思维方式的模仿,人工智能和人类之间的界限变得愈渐模糊,甚至威胁人类的主体地位。在此背景下,强调人工智能与人类之间复杂、深刻的关系,并进一步明确人工智能与人类之间可能产生的伦理道德问题是很有必要的。前者有助于树立技术理性的价值观,引领个体找到智能时代下的人类角色定位,批判看待人工智能技术及其发展,同时正确地看待人机关系;后者则有利于塑造科学合理的伦理观,指导人类规范、合理地开发人工智能技术与产品,形成应对人机交互过程中可能出现的社会问题的态度和价值观,保障人工智能的可持续发展。基于此,该指标可以进一步细化为:①在“人工智能与人类的关系”方面,

学生在系统设计与学习总结的过程中,能够表达人工智能不但能够模仿人类的身体能力,也能模仿人类的认知能力,以及人工智能与人类产生诸如赋能、竞争、协同等复杂关系。②在“伦理道德”方面,学生在系统设计与学习总结的过程中,能够围绕人工智能与人的关键伦理道德问题,探究人应该具备的伦理意识与态度、应当承担的责任,以及人工智能必须服务于人类并为人类发展做出贡献的技术价值和角色定位。

2. 人工智能与社会(Affectivity on AI and Society)

以人工智能技术为代表的第四次工业革命正在改变人类社会的各个方面,促使新型社会系统的生成与嬗变,调适乃至颠覆人类社会发展的观念、架构与演进轨迹;同时,人类社会的发展也进一步推动人工智能的变革,促使人工智能由学术牵引式发展迅速转变为需求牵引式发展。未来,人工智能将推动人类真实社会与智能社会相互融合,实现人机共生的智慧社会。然而,人工智能技术发展依然面临着不稳定、算法黑箱、数据不安全等风险,极有可能被不法分子利用或出现设计缺陷、功能故障等问题,致使人工智能技术实施危害行为。在此背景下,将技术进步与社会公平、法治相结合刻不容缓,不仅要防范人工智能给社会公平、法治可能带来的风险隐患,还要制定相应的公平机制与法律措施来避免人工智能技术的可能性危害,保证人工智能健康、合法地发展。基于此,该指标可以进一步细化为:①在“人工智能与社会的交互”方面,学生在系统设计与学习总结的过程中,能够表达人工智能与人类社会发展的相互促进作用,人工智能技术作用下人类真实社会与智能社会的融合趋势。②在“社会规范”方面,学生在系统设计与学习总结的过程中,能够探究人工智能开发和应用可能带来的公平问题和法律风险及相应措施;明确并遵循人工智能开发与应用的公平机制与法律规范。

3. 交流与合作(Affectivity on Communication and Cooperation)

面对人工智能与人类、人工智能与社会之间的伦理威胁与社会挑战,世界各国、各地区亟需加强人工智能发展主体之间的合作。一方面,合作是当今时代发展之主流,人工智能的通用性使得国家、地区之间具有广泛的合作前景;另一方面,人工智能产生的社会影响或问题往往是全球性的,只有通过交流与合作来解决问题,才能构建和谐的人工智能发展生态(李政涛,2017)。因此,在智能时代背景下,个体需具备完成合作任务而体现出的品格和态度的集合,主要表现为学生个体能够认同团队目标及核心价值观,积极主动分担团队任务,通过团队成员间的平等协商,灵活地作出妥协、解决问题,促进共同发展(徐冠兴等,2020)。基于此,该指标可以进一步细化为:①在“理解与表达”方面,学生在智能交互系统开发的过程中,能够根据团队目标、使命及价值观,调适个人目标与团队愿景的一致性;有效运用口语、书面语和非语言等多种交流形式,清晰传达信息、表达思想观点。②在“责任分担”方面,学生在智能交互系统开发的过程中,能够合理分解目标、定位成员角色并分配团队任务,及时监控进程并进行任务协调;积极主动承担分内职责,结合自身目标制定工作方案,有序推进工作进程并进行监控、反思与调整。③在“协商共进”方面,学生在智能交互系统开发的过程中,能够运用沟通技能,本着互尊互助的原则,与其他成员展开交流;能够适时、灵活地作出必要的妥协和让步,有效推进团队合作进程,实现智能交互系统开发的目标。

(三) 人工智能思维

思维贯穿于学习活动的始终,思维能力是学习能力的核心(毕华林,2000)。工程思维、计算思维、设计思维和系统思维相互联系、互为补充,共同构成人工智能背景下适应终身发展和整体发展需要的关键能力(钟柏昌,刘晓凡,2022b)。其中,设计思维与工程思维属于设计和开发人工智能应用系统时需要使用到的两种重要思维,因两者具有紧密的逻辑关系,在实践过程中常常融合为“工程设计思维”,旨在让学生创造性提出多种解决问题的思路与方案,并根据方案来综合选用材料、工具与技术等,实现创造性智能交互系统的开发、测试与优化,实现“人机共智”;计算思维能够使学生更深层地了解人工智能解决问题的过程、正确看待人与智能机器的关系,从而更加有效地利用智能机器;系统思

维则渗透至工程设计思维、计算思维,共同作用于系统设计、开发、测试与优化的全过程,要求学生能从控制与反馈的视角理解智能人造物的构成和功能特点。基于此,“人工智能思维”维度可以从系统思维融合下的“工程设计思维”与“计算思维”两个维度来探讨人工智能时代学生所应具备的思维方法,详见表4。

表4 “人工智能思维”维度的指标详解

一级指标	二级指标	三级指标	
3.人工智能思维AI Thinking	3.1工程设计思维(T.ED)	3.1.1创造认知(T.ED.1)	
		3.1.2创造实践(T.ED.2)	
		3.1.3创造美(T.ED.3)	
	3.2计算思维(T.CT)	3.2.1分解与模块化(T.CT.1)	3.2.1分解与模块化(T.CT.1)
			3.2.2抽象与建模(T.CT.2)
			3.2.3数据与标注(T.CT.3)
			3.2.4训练与模拟(T.CT.4)
			3.2.5部署与推理(T.CT.5)
			3.2.6优化与迭代(T.CT.6)
			3.2.7复用与迁移(T.CT.7)

1. 工程设计思维(Engineering Design Thinking)

从思维结果与现实关系来看,设计思维的实质是“设计性”关系,工程思维的实质是“制造性”关系,前者是指“设计的对象是现实世界中并不存在的想象结果”,后者则是指“通过工程制造将设计结果转化为现实的人工物品”。作为一种融合式思维,工程设计思维既要具备设计思维的“共情”与“创造”特征,也要具备工程思维的“实践”与“物化”特征,其目的就是要把设计思维的“想象结果”通过工程实践活动而“创造”出现实世界原本没有的“人工物品”(李伯聪,2018)。基于此,对于智能交互系统的工程设计过程,在认知层面,学生需要具备了解、预测他人行为和感受社会的洞察力,根据用户的真实需求来发现问题,并通过多种形式提出创造性解决问题的方案;在实践层面,学生需根据构想方案来实现智能交互系统的开发、测试与优化。无论是认知还是实践阶段,学生都需要合理地统筹系统功能、结构、美观等各个要素及要素间的作用关系,实现能够最大限度满足需求的智能交互系统。因此,该指标可以进一步细化为:①在“创造认知”方面,学生在智能交互系统设计的过程中,能够通过共情、观察等方式获得用户的真实需求来发现问题;采用类比、归纳、想象等方法,积极调动发散思维、聚合思维、直觉等形式,提出创造性解决问题的多种方案。②在“创造实践”方面,学生在智能交互系统开发的过程中,能够根据构想方案,综合选用材料、工具与技术等,实现创造性智能交互系统的开发;将开发后的系统置于情境中进行实效检验与迭代优化,确保系统结构与功能的稳定性。③在“创造美”方面,学生在智能交互系统设计及开发的过程中,能够按照美学规律,从情感计算、艺术仿真、审美创造的角度来思考设计方案与实施过程。

2. 计算思维(Computational Thinking)

自2006年美国学者周以真(Jeannette M. Wing)教授首次提出计算思维的系统性定义后,学界一直对“计算思维”保持着高度关注,但并未就计算思维的定义与内涵达成一致意见。通过对既有观点的全景扫描,笔者认为Brennan和Resnick提出的计算思维三维框架具有良好的操作性,这个框架包括:计算概念(设计者在编程时接触到的概念,如序列、循环、并行、事件、条件、运算符和数据等)、计算实践(设计者在接触这些概念时发展的实践,比如增量和迭代、测试和调试、重用和再混合、抽象和模块化)、计算观点(设计者对周围世界和自身形成的观点,如表达、连接和质疑)(Brennan & Resnick, 2012)。鉴于其优点,笔者曾将其提炼修改为五个部分:规划与设计、抽象与建模、模块化与复用、优化

与迭代、测试与调试(Zhong et al., 2016)。后经思索,发现各部分间存在维度交叉或联系不强问题:例如,“规划与设计”实际包含“模块化”与“建模”等主要内容,“优化与迭代”实际包含“测试与调试”等主要内容;“模块化”与“复用”虽相关但无必然联系。为此,本文结合新一代人工智能背景,对原有传统意义上的计算思维做了扩充与修订,最终确定如下七个要素作为该部分的三级指标:①在“分解与模块化”方面,学生在设计智能交互系统的过程中,能够将大问题分解成小问题,将复杂问题(系统)自顶向下划分(分解)成若干个子模块;②在“抽象与建模”方面,学生在设计智能交互系统的过程中,能够运用计算机科学领域的思想方法,通过问题抽象来形成模型化的问题解决方案;③在“数据与标注”方面,学生在设计智能交互系统的过程中,能够对文本、视频、图像等原始数据添加元数据进行标注,即通过“打标签”形成训练数据集;④在“训练与模拟”方面,学生在开发智能交互系统的过程中,能够将标记好的数据用于训练机器学习的模型,并通过模拟、仿真,验证模型的运行效果;⑤在“部署与推理”方面,学生在开发智能交互系统的过程中,能够将训练好的模型部署到嵌入式设备中,并接收新数据进行推理与预测;⑥在“优化与迭代”方面,学生在测试智能交互系统过程中,能够持续反思当前模型训练方案的不足,逐步求精和优化完善;⑦在“复用与迁移”方面,学生在开发智能交互系统的过程中,能够利用已有问题解决方案,并将其迁移运用于解决其他问题。

四、总结与思考

综上,本文从技术本体论视角分析了人工智能素养的本质——人的技术化,并从哲学认识论与教育心理学视角出发,把握了人工智能素养的构成:核心素养发展的实质就是一个“知识与思维”的动态转化过程;情感作为源于认知过程的情绪化体验,不仅涵养了知识建构与思维发展的过程,也是人类获得道德观念的根据和渊源。由是,知识、情感与思维的相互作用关系共同构成了学生人工智能素养的底层逻辑。因此,对于人工智能素养评价而言,不仅需要关注素养建构的起点水平(即知识),也要关注素养建构的高度(即思维,这里特指具有“人工智能领域特定性的思维”),更要关注素养建构过程的温湿度状态(即情感,这里特指具有“人工智能领域特定性的情感”)。

需强调的是,全面精准的人工智能素养评价离不开智能技术的支持,更离不开智能化评价方法的构建;人工智能教育评价不仅具有过程性与结果性,更应具备证据导向(钟柏昌,詹泽慧,2022)。关键问题在于,如何获取人工智能教育实践中的过程性和结果性“证据”并形成有效的学习历程档案?显然,素养培育是一个极其复杂和抽象的过程,其评价元素不仅限于个体的外在行为表现,还包含个体的内在心理与认知过程,完全依赖人工方式难以达到对某种教育现象的完整理解。近年来,随着智能技术的快速发展,多模态数据逐渐出现在大众视野中,其要求通过两种或两种以上数据获取方式以解释某一现象、过程或环境。基于此,笔者团队在打造立体化人工智能教材的基础上,结合本文设计的评价体系,成功设计了与之配套的智能化学历史案,初步打通了纸质教材和线上学习平台的衔接,不仅能够方便地采集和加工数据(用点阵笔或高清智能摄像头收集学习历程性数据、上传平台做自动标注统计),结合人工智能素养评价体系从不同维度和层次对学生的人工智能素养水平进行评价,而且还能够为学生的合作探究和实践创新提供学习支架。未来,笔者团队将进一步拓宽多模态的数据表征模式(文本、语音、视频等)与多模态的数据采集机制(眼动、脑电、红外等智能传感设备),促进人工智能素养的立体化精准评价。

(钟柏昌工作邮箱:zhongbc@163.com; 本文通信作者为刘晓凡:liuxfet@163.com)

参考文献

- 艾伦.(2018).做智能化社会的合格公民——探讨智能化时代人工智能教育的核心素养.《中国现代教育装备》,(8),1—14.
- 安德森等.(2009).布卢姆教育目标分类学修订版(完整版)——分类学视野下的学与教及其测评(蒋小平,等译).上海:华东师范大学出版社.

- 安德森,索斯尼克.(1998).《布卢姆教育目标分类学:40年的回顾》(谭晓玉,译).上海:华东师范大学出版社.
- 毕华林.(2000).学习能力的实质及其结构构建.《教育研究》,(7),78—80.
- 陈昌曙.(1999).《技术哲学引论》.北京:科学出版社.
- 陈维维,李艺.(2009).论人类的技术化过程.《学术论坛》,(4),24—27.
- 邓晓芒.(2004).康德先验逻辑对形式逻辑的奠基.《江苏社会科学》,(6),1—6.
- 冯友梅,颜士刚,李艺.(2021).从知识到素养:聚焦知识的整体人培养何以可能.《电化教育研究》,(2),5—10+24.
- 克拉斯沃尔,布卢姆.(1989).《教育目标分类学(1964)》,《教育目的分类法,手册2:情感领域》(施良方,等译).上海:华东师范大学出版社.
- 李伯聪.(2018).工程思维的性质和认识史及其对工程教育改革的启示——工程教育哲学笔记之三.《高等工程教育研究》,(4),45—54.
- 李美凤,李艺.(2008).人的技术化之合理性辩护.《科学技术与辩证法》,(1),66—70+112.
- 李其维.(1999).《破解“智慧胚胎学”之谜:皮亚杰的发生认识论》.武汉:湖北教育出版社.
- 李艺,钟柏昌.(2015).谈“核心素养”.《教育研究》,(9),17—23+63.
- 李政涛.(2017).人工智能时代的人文主义教育宣言——解读《反思教育:向“全球共同利益”的理念转变》.《现代远程教育研究》,(5),3—11.
- 林剑.(1996).《人的自由的哲学思索》.北京:中国人民大学出版社.
- 罗亚玲.(2017).先验语用学何以可能?——阿佩尔论终极奠基.《哲学分析》,(1),39—52,197.
- 毛豪明,周黎.(2006).当代中国情感教育理论研究检视.《中国教育学报》,(4),27—29.
- 马克思,恩格斯.(1979).《马克思恩格斯全集(第42卷)》.北京:人民出版社.
- 梅洛·庞蒂.(2001).《知觉现象学》(姜志辉,译).北京:商务印书馆.
- 人工智能教育研究标准课题组.(2023).中小学人工智能课程标准.《华东师范大学学报(教育科学版)》,(3),121—134.
- 史威.(2021).跨学科学习范式及其生成策略.《教学与管理》,(9),21—24.
- 王平.(2020).价值观育人的情感教育阐释.《教育研究》,(10),33—44.
- 魏屹东,周振华.(2015).基于情感的思维何以可能.《科学技术哲学研究》,(3),5—10.
- 吴汝钧.(2008).《胡塞尔现象学的知识论析论》.新北:鹅湖月刊社.
- 熊哲宏.(2002).《皮亚杰理论与康德先天范畴体系研究》.上海:华东师范大学博士学位论文.
- 徐冠兴,魏锐,刘坚,李静懿,康翠萍,马利红,甘秋玲,刘妍.(2020).合作素养:21世纪核心素养5C模型之五.《华东师范大学学报(教育科学版)》,(2),83—96.
- 颜士刚,冯友梅,李艺.(2019).“知识”及其把握方式再论——缘于对认知心理学之理论困境的思考.《电化教育研究》,(5),18—24.
- 杨鸿武,张笛,郭威彤.(2022).STEM背景下人工智能素养框架的研究.《电化教育研究》,(4),26—32.
- 叶方兴.(2014).现代社会与公民品格.《西南大学学报(社会科学版)》,(6),25—30+181.
- 张沿冯,冯友梅,顾建军等.(2020).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.《电化教育研究》,(6),33—38.
- 张银荣,杨刚,徐佳艳等.(2022).人工智能素养模型构建及其实施路径.《现代教育技术》,(3),42—50.
- 郑勤华,覃梦媛,李爽.(2021).人机协同时代智能素养的理论模型研究.《复旦教育论坛》,(1),52—59.
- 中央电化教育馆.(2021).《中小学人工智能技术与工程素养框架》.取自:<https://www.ncet.edu.cn/zhuozhan/xgwzxwzx/20211130/5559.html>
- 钟柏昌,刘晓凡.(2022a).论具身学习环境:本质、构成与交互设计.《开放教育研究》,(5),56—67.
- 钟柏昌,刘晓凡.(2022b).人工智能教育教什么和如何教——兼论相关概念的关系与区别.《中国教育科学(中英文)》,(3),22—40.
- 钟柏昌,詹泽慧.(2022).人工智能教育的顶层设计:共识、差异与问题——基于4套标准文件的内容分析.《现代远程教育研究》,(4),29—40.
- 朱小蔓.(2013).永恒的道德 无尽的思念——写在俄罗斯著名伦理学家季塔连科教授20周年忌辰.《教育研究》,(5),112—118+128.
- Agre, P. E. (1972). What to read: A biased guide to AI literacy for the beginner. *MIT Artificial Intelligence Laboratory*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1721.1/41185>.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, 1, 25.
- Davies, M. (2013). Critical thinking and the disciplines reconsidered. *Higher Education Research & Development*, 32(4), 529—544.
- Fraley, R. C., & Marks, M. J. (2011). Pushing mom away: Embodied cognition and avoidant attachment. *Journal of Research in Personality*, 45(2), 243—246.
- Glanzer, P. L., & Milson, A. J. (2006). Legislating the good: A survey and evaluation of character education laws in the United States. *Educational Policy*, 20(3), 525—550.
- Hassebrock, F., & Prietula, M. J. (1992). A protocol-based coding scheme for the analysis of medical reasoning. *International Journal of Man-*

Machine Studies, 37(5), 613—652.

Kim, S., Jang, Y., Kim, W., et al. (2021). Why and what to teach: AI curriculum for elementary school. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(17), 15569—15576.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, K. W. S., et al. (2021). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504—509.

OECD. (2003). *Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundations (DeSeCo)*. Retrieved from <https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/41529556.pdf>.

Wong, G. K. W., Ma, X., Dillenbourg, P., et al. (2020). Broadening artificial intelligence education in K-12: Where to start?. *ACM Inroads*, 11(1), 20—29.

Zhong, B., Wang, Q., Chen, J., et al. (2016). An exploration of three-dimensional integrated assessment for computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 53(4), 562—590.

(责任编辑 陈振华)

What is Artificial Intelligence (AI) Competency: Essence, Composition and Evaluation Systems

Zhong Baichang¹ Liu Xiaofan¹ Yang Minghuan²

(1. School of Information Technology in Education, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;

2. Application Promotion Department, Guangdong e-Education Center, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The ChatGPT has both positive and negative effects on education. The field of education should consider not only how to empower students to meet the challenges posed by AI, but also how to develop students' competency to adapt to AI. In this paper, we refer to this competency as AI competency, i.e., the core competency of students with both domain specificity and domain generality cultivated through AI education. AI competency is a new competency arising from the development of AI technology. Technology ontology, philosophical epistemology and educational psychology are interconnected to understand the essence and composition of AI competency. From the perspective of technology ontology, this paper analyzes the essence of AI competency—the technicalization of human beings. From the perspective of philosophical epistemology and educational psychology, this paper analyzes the composition of AI competency. Key competency development is essentially a dynamic transformation process of “knowledge and thinking”. Affectivity, as a knowledge-derived emotional experience, not only nourishes the process of knowledge construction and thinking development, but also serves as the foundation and source for acquiring moral conceptions. Thus, the interplay of knowledge, affectivity and thinking underpins the logic of students' AI competency. In this vein, this paper constructs an evaluation system of AI competency based on three dimensions: AI knowledge, AI affectivity, and AI thinking.

Keywords: AI education; AI competency; way of thinking; way of behavior; way of existence; evaluation system