

智能时代的中小学人工智能教育： 总体定位与核心内容领域*

□ 卢宇 汤筱琦 宋佳宸 余胜泉

【摘要】

随着智能时代的到来，人工智能在多个领域日益发挥其重要的应用价值，我国也积极倡导和支持开展多层次的人工智能教育。然而，在基础教育领域，人工智能教育仍然面临课程定位模糊、教学内容分化、课程体系与资源庞杂等诸多现实问题。本研究面向中小学教育阶段，对国内外人工智能教育的现状进行了深入调研和总结，将人工智能教育与现有的相关教育进行了系统比较和辨析，明确了中小学阶段人工智能教育的总体定位。针对当前人工智能教育中缺乏对内容领域进行科学界定和清晰完整的描述，本研究提出了六个核心内容领域并进一步阐述了基于内容领域的课程设计基本原则。本研究有助于进一步推动当前人工智能教育的深入探索，促进我国中小学人工智能教育持续、健康地发展。

【关键词】 人工智能教育；中小学教育；基础教育；核心内容领域；课程设计；智能体

【中图分类号】 G632.0

【文献标识码】 A

【文章编号】 1009-458x(2021)5-0022-10

DOI:10.13541/j.cnki.chinade.2021.05.003

一、研究背景

人工智能、移动互联网、大数据、云计算等技术正在助推人类社会迈入发展的新阶段，未来的时代将是智能化的时代。在教育、医疗等多个垂直领域，人工智能已经展现了其重要的应用价值和影响力，并逐渐成为这些领域发展和变革的新动力。随着人工智能与各个垂直领域的不断深入融合，普通公民也越来越需要具备人工智能的基本知识和应用能力，人工智能教育开始受到广泛关注。2017年7月国务院发布《新一代人工智能发展规划》，明确指出“实施全民智能教育项目，在中小学阶段设置人工智能相关课程”（国务院，2017）。2018年4月教育部印发《高等学校人工智能创新行动计划》，提出“构建人工智能多层次教育体系，在中小学阶段引入人工智能普及教育”（教育部，2018a）。这些政策的颁布为我国人工智能教育在中小学阶段的发展指明了方向，推动了当前对

人工智能教育在课程设置、培养模式等方面广泛而深入的探索，人工智能正在逐步成为中小学阶段的重要教学内容之一。

（一）国内外人工智能教育发展现状

1. 国外发展现状

当前各国都高度重视人工智能技术的应用并视其为提升国家竞争力的重要力量，并开始逐步在基础教育阶段开展人工智能人才培养。

美国国家科学基金会联合谷歌、微软等企业以及美国计算机科学教师协会（Computer Science Teachers Association, CSTA）等组织，多年来一直致力于中小学计算机科学的课程标准制定及相关课程的普及，但是仍然难以满足人工智能教育的需求。2018年5月，美国人工智能促进协会（Association for the Advancement of Artificial Intelligence, AAAI）与计算机科学教师协会联合成立了工作组，启动美国K-12人工智能教育行动（AAAI, 2018）。人工智能领域的学者和一线教师开始探讨和细化面向

* 基金项目：教育部产学合作协同育人项目“中小学人工智能课程建设与师资培养”（201902259008）。



K-12阶段人工智能教育的相关教学内容 (Touretzky, Gardnermccune, Martin, & Seehorn, 2019), 涉及“知识表示”“机器学习”“伦理道德”等多个方面, 并对相关人工智能教育的工具与资源进行了推荐。

2019年, 麻省理工学院推出了面向K-12阶段人工智能教育的资源网站, 汇聚了不同研究项目、学习单元与教学工具, 并针对不同学段开设不同的研究主题 (MIT Media Lab, 2019a)。例如, 针对幼儿园至2年级学生, 主要围绕陪伴机器人等开展简单的体验活动; 针对9-12年级学生, 则着重让学生经历一个完整的从设计到开发的人工智能应用流程, 让学生可以利用Doodle Bot或其他人工智能创意实践平台 (MIT Media Lab, 2019b)。

英国自20世纪80年代开始, 人工智能课程就以选修课的形式出现在信息与通信技术 (Information and Communications Technology, ICT) 的课程体系中, 该课程重视相关思维能力和人文价值的培养, 并积极通过与本国高校协作的方式来开展教学, 包括聘请高校专家参与课程建设、搭建教学平台以及参与讨论与答疑等 (英国政府, 2017)。2018年4月, 英国上议院发布题为《人工智能在英国: 准备、意愿和能力》的专题报告, 强调在基础教育阶段需要让学生对人工智能有必要的知识储备和基本理解, 以应对社会的发展, 课程的核心是技术的使用和伦理 (英国上议院人工智能特别委员会, 2018)。

芬兰是欧盟成员国中第一个将人工智能发展列入国家战略的国家, 并注重在已有人工智能技术的基础上进行发展和创新型教育。2017年, 芬兰政府发布《芬兰的人工智能时代》报告, 明确提出要积极寻求新的教育创新, 以满足人工智能应用领域的人才需求 (芬兰经济事务与就业部, 2017)。在芬兰担任欧盟轮值主席国期间, 发起“1%的欧盟公民掌握人工智能基础”的倡议, 并向全球开放了“Elements of AI”等在线课程, 鼓励更多的人了解人工智能是什么, 可以解决什么问题, 对生活产生了什么影响, 以及如何开始创建人工智能项目。该课程由芬兰赫尔辛基大学等联合研发, 提供英语、芬兰语、德语、瑞典语等几乎所有欧盟成员国语言的版本 (芬兰经济事务和就业部, 2019)。

日本自2016年开始提出要对中小学教育进行改革, 以帮助年青一代适应以人工智能为代表的第四次

工业革命。同时, 在基础教育阶段需要重视培养学生运用信息技术的能力以及使用数据进行分析的素养 (段世飞, 等, 2019)。此后, 日本文部科学省等主要国家部委陆续发布了一系列相关报告和政策, 强调培养学生具备使用人工智能技术并可以为企业创造价值的的能力。

新加坡政府于2018年3月发布“AI Singapore”项目, 旨在促进和增强新加坡在人工智能领域的创新能力, 同时推出了“AI for Students”“AI for Kids”两项人工智能教育计划。其中, “AI for Students”计划主要面向中学阶段, 在该计划下学生和教师可以自由访问其课程的核心内容 (AI Makerspace和Data Camp), 并参与专业社区讨论 (AI Singapore, 2018a); “AI for Kids”计划则面向小学阶段, 在该计划下学生学习人工智能基本概念、开放工具、开发应用, 以解决日常生活中的实际问题 (AI Singapore, 2018b)。

在各国对人工智能教育日益重视的背景下, 联合国教科文组织于2019年3月组织了以“人工智能和可持续发展”为主题的“移动学习周”, 同年5月发布了《北京共识——人工智能与教育》。《北京共识》建议将人工智能相关技能纳入中小学课程、职业技术教育与培训以及高等教育的资历认证体系中, 并提高社会各个层面所需的基本人工智能素养 (联合国教科文组织, 2019, p.59)。2020年11月, 联合国教科文组织教育信息技术研究所发布了《教育中的人工智能》(AI in Education: Change at the Speed of Learning), 探讨了人工智能技术对学生、教育者、家长、教育管理者等产生的深刻影响以及带来的伦理道德方面的挑战 (UNESCO IITE, 2020)。

2. 国内发展现状

我国很早就开始将人工智能教育引入中小学课堂。“人工智能初步”早在2003年就被纳入我国《普通高中信息技术课程标准》的选修模块中, 与“算法与程序设计”“网络技术应用”“数据管理技术”等并列五个选修模块, 在全国发行的多套高中信息技术学科教材中也都有相应的人工智能分册或相关内容。但是, 受限于当时人工智能技术本身的发展, 教学内容更多涉及的是“专家系统”“分布式计算”等传统概念以及递归程序设计等实践内容。2017版的《普通高中信息技术课程标准》保留了“人工智能初

步”，将其作为选择性必修模块，主要分为“人工智能基础”“简单人工智能应用模块开发”“人工智能技术的发展与应用”三个主题，要求学生了解人工智能的发展历程及概念，描述典型人工智能算法的实现过程，搭建简单的人工智能应用模块，同时增强利用智能技术服务人类发展的责任感。在必修模块中也多处涉及人工智能相关内容，如在必修模块“数据与计算”中通过人工智能典型案例的剖析让学生认识到人工智能在信息社会中越来越重要的促进作用（教育部，2018b）。在此基础上，教科版、人教版、浙教版和粤教版的《人工智能初步》教材陆续出版，这些教材均涵盖人工智能的概念特征、历史发展、核心算法、典型应用等部分，但侧重点有所不同（詹泽慧，等，2020）。相关的课程项目案例与教学资源也在不断丰富（张学军，等，2019）。近年来，我国高度重视人工智能教育，提供了一系列政策引导与保障。2017年7月8日，国务院发布《新一代人工智能发展规划》，提出“在中小学阶段设置人工智能相关课程”（国务院，2017）。2018年1月，中共中央、国务院发布《全面深化新时代教师队伍建设改革的意见》（国务院，2018），提出教师要主动适应信息化、人工智能等新技术变革，积极有效开展教育教学。教育部教师工作司发布的《教育部教师工作司2018年工作要点》也明确支持部分学校引入人工智能教学实验，推动教师主动适应信息技术变革（教育部教师工作司，2018）。2018年4月，教育部颁布《高等学校人工智能创新行动计划》《教育信息化2.0行动计划》，强调构建人工智能多层次教育体系，在中小学阶段引入人工智能普及教育（教育部，2018a），并进一步对人工智能教师培养、完善课程方案和标准提出要求（教育部，2018c）。2019年2月，教育部发布《2019年教育信息化和网络安全工作要点》，指出要推动在中小学阶段设置人工智能相关课程（教育部，2019）。

在人工智能教育相关政策的推动下，广州、深圳、天津、南京等多个城市进行了人工智能教育的探索。广州市计划到2022年实现人工智能教育覆盖全市学校，以培养适合未来的创新型人才（广州市教育局，2019）。深圳市遴选了61所中小学作为首批“中小学人工智能教育”项目实验校，积极探索在中小学开设人工智能课程的有效方式（深圳市教育局，

2019）。天津市印发了《〈关于开展人工智能知识教育普及活动方案〉的通知》，推进人工智能知识教育普及活动（天津市人民政府，2018），并在中小学建立人工智能创新教育实验室，推动实施人工智能创新课程规划（天津市教育委员会，2018）。南京市在多个中小学设立人工智能选修课，主要从加强教师技术培训、组织专题论坛、鼓励参与竞赛几个方面推动人工智能教育发展（南京市人民政府，2018）。各地中小学也开始以校本选修课等形式积极推进人工智能课程的落地。例如，北京师范大学附属中学从2018年开始逐步进行初中阶段的人工智能课程的建设，课程内容除涵盖一些关键人工智能技术外，还涉及物联网、大数据、云计算等，并辅以模块化编程等实践教学环节（张建彬，2019）；中国人民大学附属中学在初中阶段开展语音识别等人工智能基础概念课程，同时组织学生在无人驾驶、图像处理、自然语言处理等领域进行跨学科实践活动（袁中果，等，2019）；上海浦东教育发展研究院基于皮亚杰的认知发展理论，在小学、初中、高中三个学段设计了侧重点不同的课程内容（谢忠新，等，2019）。学术界也开始关注人工智能课程在中小学实施过程中的现实矛盾（乐进军，2020），在积极提倡借鉴国外经验的同时（方圆媛，等，2020）开始探索相关的解决方法与策略（张珊珊，等，2020）。

综上所述，面向中小学阶段的人工智能教育国内外目前都处于起步和探索阶段。国际上多以政府部门和学术机构联合的方式来开展人工智能教育，人工智能领域专家参与课程建设、平台搭建及资源开发，将研究和实践进行结合并应用于教学。相关的课程学习网站和工具资源向公众开放，鼓励一线教师 and 不同年龄段学习者直接使用。在具体实施上，围绕人工智能学科本身的关键领域知识和学科特点，针对不同学段开设适宜的研究主题，鼓励学生解决日常生活中的实际问题。另外，在引导学生系统学习人工智能知识及其实际应用的同时，也将使用人工智能的伦理和道德等问题作为重点内容纳入教学之中。这都是我国在开展人工智能教育时可以借鉴的宝贵经验。

（二）我国人工智能教育面临的问题

相比较而言，我国当前人工智能教育的政策引导更加明确，涵盖教育体系、教师教育、课程标准等多个方面，地方政府也通过评选实验校、开展竞赛活



动、组织交流分享、加强教师培训等多种方式推进人工智能教育的发展。人工智能教育在中小学阶段的迅速发展,一方面提升了学生的相关能力和素养,另一方面也为我国人工智能领域的人才培养奠定了基础。然而,当前我国中小学人工智能教育,尤其是面向初中和小学学段的人工智能教育,在具体实施中面临以下几个问题:

1. 课程定位模糊

人工智能学科本身知识覆盖范围广,很多子领域理论性强且仍然处于快速发展与创新的阶段,在很多关键问题上还没有形成共识。即使在高等教育阶段,人工智能专业的设立与课程体系建设也仍然处于发展初期。在中小学阶段的人工智能教育实践过程中,由于教育管理者 and 教师普遍缺乏对人工智能学科的清晰认识,容易将其与创客教育、编程教育或机器人教育等混淆。有的学校开设的人工智能课程,只是将原有的机器人课程或编程课程稍加修改,其课程内容和实践活动基本未作改变甚至完全一样。除校内课程外,各类校外培训机构以人工智能为主题推出的针对各学段的培训课程,其课程体也存在着类似问题,并且由于受到商业利益的驱动,更加偏离原本的方向。课程定位的模糊直接导致教学内容与人工智能学科本身的核心内容相去甚远,有悖于人工智能教育的初衷。

2. 教学内容分化

在教学内容上有些学校将人工智能某些子领域的模型和理论直接搬到课堂,以技术性知识为主组织教学。这些内容通常复杂抽象,对学生的数理和逻辑能力有较高的要求,中小学阶段的学生难以理解且易对课程产生抵触情绪。例如,“卷积”运算属于泛函分析范畴,在中小学人工智能课堂上直接讲解基于该运算的“卷积神经网络”等复杂的机器学习模型,学生很难对其有深入的认识和理解。有些学校的教学内容,只强调学生的体验,侧重于吸引学生进行简单的动手实践,虽然会让学生在课堂中感到新奇有趣,但知识学习却停留在表层,学生难以体会和学到人工智能的重要概念和思想方法。

3. 课程体系与资源庞杂

在初中和小学阶段,人工智能课程多作为选修或校本课程,属于学校的“个性化课程”。各个学段之间课程的连贯性不足,所采用的教学资源迥异,普遍

缺乏整体性的课程体系设计与系统性的教学资源建设。同时,不同学校在教学理念、师资培养以及教材使用上的差异也较为显著。自2018年开始在全国范围内已经出版了超过二十种人工智能教材,教材编写人员涵盖高校教师、中小学教师、研究机构、培训机构等多方主体,覆盖从幼儿园到中学的多个学段。然而,相当一部分教材并不遵循人工智能学科本身特点,而是以购买实践环节所需的软硬件平台为导向,进行教学内容的编写,缺乏基本的科学性与合理性。

总体而言,当前中小学阶段的人工智能教育面临良好的发展机遇,在课程开展和资源建设方面也取得了较大的进展。然而,由于国内中小学人工智能教育尚未形成清晰、完整、独立的总体定位与核心内容,仍然面临课程定位模糊、教学内容分化、课程体系与资源庞杂等问题。本研究依据人工智能学科的专业特点和国际发展趋势,针对当前我国中小学阶段人工智能教育面临的实际问题,厘清中小学人工智能教育与STEM教育、编程教育、创客教育等的区别和关系,梳理和明确中小学人工智能教育的总体定位与核心内容领域,以期帮助本领域的研究者和实践者更好地进行课程建设和教学实践。

二、中小学人工智能教育的总体定位

如前所述,当前中小学人工智能教育课程定位模糊,经常与计算思维教育、STEM教育、机器人教育等混淆,通常是这些现有课程的照搬或混杂。本研究首先对人工智能教育与现有的相关教育进行比较和辨析,进而提出面向智能时代的中小学人工智能教育的总体定位。

(一) 人工智能教育与相关教育的比较

1. 计算思维教育

计算思维教育强调用计算机科学的概念和方式把复杂问题拆解成为简单、可操作的子问题,使用一系列清晰的步骤生成解决方案,然后将解决方案迁移运用到类似问题中,从而使问题解决过程自动化(Jeannette, 2006)。简言之,计算思维教育关注的是计算本身,研究一个问题中哪些可以计算并且怎样进行计算,是对数学思维和工程思维的补充。计算思维教育的基本理念是让人能够把实际问题转化为可计

算问题,并设计相应的步骤让计算机去执行,计算机负责具体的运算任务,这就是计算思维里的人机分工。而人工智能教育关注的核心之一是如何设计智能机器代替人解决实际问题,从而不再需要由人来完成计算思维中最困难的问题拆解与抽象表达。因此,两者关注的重点有较大区别。

2. STEM教育

在中小学阶段,STEM教育重点强调对学生四个方面的培养:一是科学素养,即运用科学知识(如物理、化学、生物科学和地球空间科学)理解自然界并参与影响自然界的过程;二是技术素养,即使用、管理、理解和评价技术的能力;三是工程素养,即对技术工程设计与开发过程的理解;四是数学素养,即学生发现、表达、解释和解决多种情境下的数学问题的能力。STEM教育在发展过程中又逐渐增加了艺术、人文等素养(秦瑾若,等,2017)。STEM教育的基本理念之一是基于现有学科知识(科学、技术、工程和数学学科),跨学科并使用多学科的思维方式和知识解决实际问题。人工智能教育也同样需要培养跨学科知识素养,但需要突破现有的学科知识和思维方式,从创建和实现类人智能机器的角度解决实际问题。

3. 机器人教育

机器人教育是指通过设计、组装、编程、运行机器人,激发学生学习兴趣,培养学生综合能力。机器人的构建融合了机械原理、电子传感器、计算机软硬件及人工智能等众多先进技术。在中小学阶段,机器人教育的形式多以搭建机器人结构、编写与调试控制程序、设计创意项目为主。机器人结构、外形和配件相对固定,主要以插接积木式或标准件组合式为主。当前的机器人教育更多强调通过程序设计及模块组合完成某项既定任务或某个功能应用,有时也被视为STEM教育或创客教育的工具(钟柏昌,2016)。智能机器人无疑是人工智能领域的重要代表成果之一,但是当前大多数机器人教育并不涵盖人工智能教育中应涉及的大量基础性知识和思想(如知识的推理与学习、道德与伦理等),相关的教学也不必由机器人作为载体来进行。

4. 编程教育

编程教育主要是用编程的方法来解决实际问题,包括使用变量、循环、递归、程序调试和优化等常见的编

程概念和方法,一方面可以培养学生计算思维,另一方面可以帮助学生提高程序设计的基本能力。在中小学阶段,编程教育通常可以通过编程游戏启蒙、可视化图形编程等方式开展。编程教育可以为中小学人工智能教育提供工具性支持,但不应成为人工智能教育的主要内容和唯一实践形式。

5. 创客教育

创客教育的核心是支持学生开展基于创造的学习,鼓励学习者在学习过程中主动发现、自主探究,培养批判性思维,强调在解决问题的过程中培养学生的创新能力和艺术创作能力。在中小学教育阶段,创客教育通常融合信息技术,以某种电脑开源硬件为平台,进行创意设计、作品开发,可以为培养学生的创新精神和实践能力提供有效路径(郑燕林,2015)。创客教育强调发展人的智能性,而中小学人工智能教育则强调探索和理解机器的智能性,这两者存在本质的区别。

(二) 人工智能教育的总体定位

随着人工智能技术的飞速发展,大规模、高效率、深层次的人机协同成为趋势,同时也会带来更为灵活、开放、联通的社会形态,人类将进入智能时代。智能时代对公民的能力素养提出了新的要求,包含人工智能在内的信息素养以及对智能化社会生活方式的深度认知,是智能时代公民所必备的(陈凯泉,等,2018)。新的时代需要有与之相适应的教育。人工智能教育需要让学生在体验实践中了解“人工智能技术可以用来解决什么问题”,在理论学习中掌握“人工智能学科有哪些重要概念和思维方式”,在深入思考中体会“人工智能在解决实际问题的过程中会带来什么新的问题”。只有在这些方面对人工智能有了较为深入的认知,学生才能成为智能技术的驾驭者和协作者,才能主动构建人机协同的新型生产与生活方式(李政涛,等,2019),最终促进技术与社会的进一步发展。

换言之,中小学阶段的人工智能课程需要促使学生乐于进行相关的理论探索和动手实践,引导学生重视智能技术所带来的社会伦理与道德等问题,最终帮助学生适应未来的智能化学习与生活方式。在当前中小学人工智能课程的教学设计中,可以将“机器人”“编程”等作为基本工具,以“创意设计”“作品开发”等为补充形式,但人工智能教育的总体定位要



遵从人工智能学科本身的知识体系、思想方法和发展趋势。

三、中小学人工智能教育的核心内容领域

当前中小学人工智能教育经常涉及机器学习、深度学习、自然语言处理、机器人等多方面的内容,并经常以不同的组合在课堂中进行讲授。这种方式看似包含丰富的内容,但由于缺乏对核心内容领域进行科学界定和清晰完整的描述,导致课程结构松散且整体逻辑混乱,极不利于学生系统地学习、理解和应用人工智能。学科教学中的核心内容领域应是该学科在理论和实践中均已达成一致的奠基性思想表述和具有组织功能的关键内容和概念。同时,核心内容应可以作为基础工具,帮助学习者探究更复杂的本学科知识与问题,并可以与实际生活进行关联。

总体而言,人工智能学科的核心任务是构建智能体(intelligent agent)。智能体是人工智能学术领域主要的研究对象,指能同外部环境或社会进行自主交互的各类型实体(entity)。实体既可以是硬件形态,如服务类机器人,也可以是软件形态,如棋类博弈程序。北京大学等高校在其人工智能课程中以“构建完整的智能体”为核心脉络进行教学,课程内容涵盖了所需的理论与关键技术,章节之间彼此联系,在课程实施中取得了良好效果(罗定生,等,2019)。完整讲述如何构建智能体需要涉及智能控制、知识工程、机器决策等复杂的理论和模型,显然不适宜作为中小学阶段的教学内容。然而,可以从已经构建完成的智能体出发,梳理智能体所具备的多种基本能力,进而定义适合中小学人工智能课程的核心内容领域。

典型的智能体需要对外部世界进行观察和理解,并在此基础上进行新知识的生成和学习,最终通过多种方式与外部世界完成交流。智能体具备的这些基本能力可以简单概括为“感知”“推理”“学习”“决策”“交互”。这些基本能力的设计和实现涵盖了当前人工智能的大多数子领域,也有一定的理论和实践深度。同时,这些基本能力已广泛应用于社会日常生活之中,是让学生了解人工智能的绝佳入口和接触更抽象理论模型的有力支撑。这些基本能力兼具学科显著性、可解释性与一般性,且可与生活实际紧密关联,

适合作为中小学阶段人工智能学科的核心内容领域。另外,随着智能技术所带来的社会伦理与道德问题的增多,研究者在探索逐渐增强智能体的道德能力,这也是智能时代人机协同的基础和保障。因此,在中小学人工智能教育中也应该将其作为智能体的基本能力引入。以上各项基本能力的具体阐述如下:

(一) 智能体的感知

智能体使用各类传感器,对外部世界的信息进行采集并提取有意义的知识,使自己了解世界,具备诸如“看”“听”等能力。如果期望智能体达到像人类一样的感知能力,就需要让智能体具备常识性的知识。例如,需要让智能体了解正在“听”的某种语言具有怎样的语法结构和使用习惯。如果不具备这样的常识性知识,智能体的信息感知能力很难达到和超越人类。同时,智能体可以感知很多人类所不能或难以精确感知到的信息维度,如地理位置(GPS)、地磁方向、加速度等。智能体信息感知能力的提升,是人工智能领域迄今为止最重要的成就之一。该项能力可以被简单概括为“采集信息、了解世界”。

(二) 智能体的推理

基于采集到的知识,智能体模拟人类逻辑思维和求解问题的过程,最终得到新的信息和知识。无论对于人类智能还是人工智能,推理都是智能直接且最重要的表现形式之一。知识推理能力是建立在已有知识基础上的。例如,已知“康熙是雍正的父亲”和“雍正是乾隆的父亲”,那么智能体可以通过知识推理得到“康熙是乾隆的祖父”。知识通常以数据的形式进行表示和存储,便于智能体运行相应的算法、实现推理的过程。虽然智能体已经可以进行非常复杂的逻辑推理和问题求解,但他们目前仍然不能像人类一样进行创造性思考。很多人类轻而易举就可以完成的推理,最先进的人工智能推理系统也很难完成。该项能力可以被简单概括为“逻辑思维、求解问题”。

(三) 智能体的学习

智能体在很多任务中,不能仅仅依靠知识推理而达成目标,还需要通过不断观察客观世界,从中寻找规律或模式,进而改善和提高自身的性能。被观察的客观世界通常需要以大量数据的形式表现,这些数据既可以由人们提供,也可以由机器自己获取。智能体

用特定的统计推断的方式找到适用于新情况的规律或模式，这个过程就是机器学习。统计推断可以有多种方式，基于人工神经网络的方式是迄今为止最接近人类大脑学习机制的一种。该项能力可以被简单概括为“观察世界、寻找规律”。

（四）智能体的决策

智能体在行动之前需要设定“特定目标”，并为达到该目标做出决定或选取具体方案。人类的决策通常是一种认知过程，可以根据个人信念或综合考虑各项因素而完成，而智能体则需要设计和量化特定的目标，然后根据该既定目标和环境信息计算出当前最优的决策结果。做出高质量的决策，无论对于人类还是智能体来说，都不是一件容易的事情。例如，著名的“囚徒困境”问题就反映了即使个体做出理性的决策，也可能导致在集体层面上非理性的结果。该项能力可以被简单概括为“权衡利弊、做出决定”。

（五）智能体的交互

智能体需要用人类可以理解并感到舒适的方式与外部进行沟通和交流。这就要求其可以全方位理解人类，包括理解人类复杂的自然语言、多变的情绪以及隐含的想法或意图。这种能力即使对于很多正常人来说也并不完全具备，因此构建智能体的交互能力，尤其是与人类进行自然交互的能力，是人工智能领域最具挑战性的问题之一。当前的各种智能音箱和智能助理（如苹果手机的Siri）等，都是智能体与人类进行自然交互的重要尝试。但智能体的交互能力目前仍停留在初级阶段，其自然交流和沟通的能力可能只相当于幼儿的水平。该项能力可以被简单概括为“理解人类、沟通交流”。

（六）智能体的道德

各类智能体正在让我们的生活和工作更加方便和高效，但同时也可能给我们的社会带来负面影响和危害。例如，智能体无法保证决策或行动百分之百的准确，也可能会侵犯个人的隐私和数据安全，其从人类社会学习到的知识可能带有选择性的“歧视”或非故意的“偏见”等。因此，需要引导学生深入认识和讨论这些问题，并从道德层面对智能体进行设计和约束，从而对其行为进行规范，使智能体具备符合人类社会标准的道德能力。该项能力可以被简单概括为“公平安全、摒弃偏见”。

综上所述，本研究提出现阶段我国中小学人工智能教育的六个核心内容领域，即“智能体的感知”“智能体的推理”“智能体的学习”“智能体的决策”“智能体的交互”“智能体的道德”。所提出的每个内容领域都易于中小学阶段学生的理解和掌握，且有一定的理论和实践深度，可以帮助学生进一步学习更抽象和复杂的人工智能理论与概念。在此基础上，当前中小学人工智能教育的目标可以被简单概括为“了解人工智能的基本能力并认识它的正面和负面影响”。图1给出了上述各项核心内容领域以及其与中小学人工智能教育目标的关系示意图。

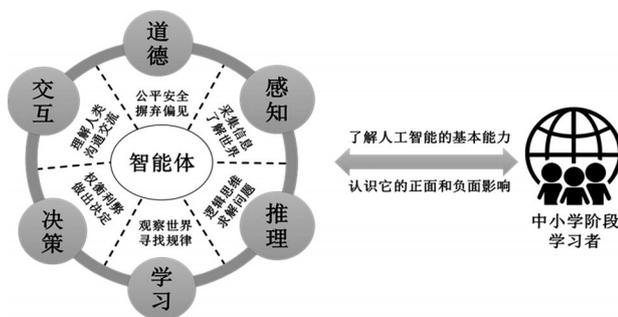


图1 中小学人工智能教育中的核心内容领域与主要目标

四、基于核心内容领域的课程设计基本原则

基于以上提出的核心内容领域，本研究提出人工智能课程设计的三条基本原则，希望有助于组织和规范教学内容，更加科学合理地构建当前中小学人工智能课程体系。

（一）强调核心内容的掌握：求基不求全，求实不求新

人工智能学科涵盖了计算机科学、数学、神经科学、心理学、控制科学、语言学、经济学和哲学等多个领域，学科跨度大且覆盖范围广。在人工智能学科中相当数量的算法和模型，需要较深厚的数学基础和长时间的实验积累才能完全理解和掌握，如大部分机器学习模型依靠优化算法进行训练，而即使优化算法中较简单的随机梯度下降法也需要微积分与随机过程等高等数学知识。同时，当前人工智能领域知识正处在快速演进和革新的过程之中，几乎每个月都有旧知识被替代或者淘汰。另外，与传统学科（如数学、物理等）不同，人工智能领域的很多新理论和新知识还没有经过长期的实践检验，缺乏经典性和稳定性。例



如,当前对于深度神经网络(deep neural network)的理解正在被快速发展的可解释人工智能(explainable artificial intelligence)所改变。因此,中小学阶段的人工智能教育,应该让学生掌握人工智能学科中的核心内容,而不能急于将大量仍处于探索阶段或深奥难懂的人工智能知识搬进课堂,陷入盲目“求新”或“求全”的误区中。

(二)以核心内容领域为主线:横向联系,纵向连续

中小学阶段人工智能的课程内容之间不应该是相互独立的,在教学中突出不同核心内容领域的同时,需要强调内容领域间的横向联系,培养学生的系统思维。要使学生能够逐步认识到不同内容领域之间的内在联系和相互关系,由浅入深,促进学生的知识整合与迁移,使学生能够综合运用所学的属于不同内容领域的人工智能知识,进行相关系统的设计和实际问题的解决。在实际教学中可以将“智能体或智能机器如何完成(某项)任务”作为主题,以核心内容领域为主线,逐步讲解感知、推理、决策、学习、交互和道德等核心领域,促进学生对人工智能进行系统化的深入学习。

(三)围绕核心内容领域展开:步步进阶,逐层分解

随着学生年级的逐步提高,数学、信息技术等学科学习的更加深入,学生的理解认知能力、逻辑思维能力 and 实践应用能力均会有所提升。围绕已经确立的内容领域,中小学人工智能教育可以有针对性地对每个学段的学生制定符合其认知规律的具体教学内容和目标,不同学段之间的教学目标要有明显的区分和承接。例如在小学阶段对于内容领域的学习,主要以体验和讨论为主,在初中阶段则更多侧重于理解和动手实践这些内容领域。同时,在中小学阶段课程实施过程中要强调将复杂的“黑匣化”的智能体的工作过程,进行逐层分解、分层次地向学生进行传授,并尽量借助生活中可以接触到的实例进行教学,让学生容易接受并产生使用和深入探索的兴趣。在具体教学实施过程中,引导性案例的讲授应以为学生提供思路为主,尽量避免让学生机械模仿,要激发学生主动思考的意识。如表1所示,本研究选取了三个核心内容领域,给出了分学段进阶教学的部分示例。在实际教学中,可以在知识层面与实践层面做进一

步扩展。

表1 基于部分核心内容领域的分学段进阶教学

	小学1~3年级学段	小学4~6年级学段	初级7~9年级学段
智能体的感知	体验智能体可以感知听觉信息,如声控智能家居等;体验智能体可以感知视觉信息,如进行人脸识别或物体识别等;识别安装在智能体上的一些简单传感器	了解智能体可以感知不同维度的信息,如声音、地理位置等;了解智能体中各类传感器的作用;使用单个传感器搭建感知应用,如图片自动分类应用	理解智能体的部分感知能力超过人类,如声波、速度等;理解图像和声音识别的基本原理;使用多个传感器搭建感知应用,如垃圾自动分类应用
智能体的交互	体验人与人的自然交互是利用声音、表情和肢体动作等多种方式完成;体验智能体与人进行对话、识别面部表情和肢体动作,如智能音箱和教育机器人等	了解人类的自然语言和人工语言(如程序语言)的异同;了解人类的肢体语言如何能够被智能体识别;使用聊天机器人和机器翻译,并讨论其是否和人一样具有智能	理解人类自然语言的复杂性与歧义性;理解智能体处理人类语言和动作的基本方法以及局限性;实现可以用语言或动作进行简单互动的智能应用
智能体的道德	体验人工智能是如何影响甚至改变我们日常生活的;体验人工智能已经超越人类和难以超越人类的不同领域和方面;体验人工智能无法保证其决策或行动的完全正确,如自动驾驶汽车等	了解人工智能对人类生活同时具有正面和负面的影响;了解可能会被人工智能取代的人类职业和难以被取代的职业,并讨论其原因;思考与讨论人工智能如何与人类协同工作、和谐共处	理解人工智能可能会侵犯个人的隐私,并讨论应有的道德约束和行为规范;理解智能体存在的“选择性歧视”和“非故意偏见”,并了解产生的原因和可能带来的影响;讨论如何设计一个更具包容性、公平性并尊重隐私的智能体

五、总结与展望

我国人工智能教育在中小学阶段的研究和实践仍处于起步阶段,当前面临课程定位模糊、教学内容分化、学科体系与资源庞杂等现实问题。本研究面向中小学教育阶段,首先对国内外人工智能教育的现状进行了较深入调研,将人工智能教育与现有的相关教育进行了系统比较和辨析,并从智能时代对公民素养要求的角度阐述了中小学人工智能课程的总体定位。在此基础上,基于人工智能学科本身的知识体系与思想方法,本研究提出了适用于中小学阶段人工智能教育的六个核心内容领域。围绕这些内容领域,进一步探讨了课程设计的基本原则。为更好地开展中小学人工智能教育,本研究提出以下建议:

1. 自上而下：开展协同育人，培养专业师资

相关政府部门可以联合高校专家团队、行业协会、科技企业、一线中小学等共同组成工作组，发挥各方优势，从课程内容设计、资源平台开发、教师培养培训等方面进行规范化与系统化建设。政府部门进行总体规划，高校专家团队与行业协会提供理论和实践指导，有资质的科技企业承担平台与工具的开发。同时，针对当前大多数中小学一线信息技术教师尚不具备人工智能学科基本知识和素养的现状，开展大规模在职教师培训，并积极变革教育技术专业师范生培养方案。另外，可以搭建多种形式的国际交流平台，鼓励不同层次骨干人才开展国际交流、研讨与合作，以促进本学科先进教学理念的传播和成果分享，从而提高我国人工智能教育人才的整体水平。

2. 自下而上：挖掘典型成果，辐射带动区域

开展全国性的征选评选，挖掘来自一线的人工智能教育成果，包括课程体系、创新项目、综合实践活动、研究型学习活动等多种形式，积极评选示范区、示范校、示范班与示范教师，并开展线上线下宣传和交流分享活动。在此过程中，对不科学、不规范、不合理的课程和工具资源进行整改与规范。最终可以将优质教案、资源、课堂实录等加工整理形成体系化、结构化的案例集、资源库、教案库，免费向社会和一线教师开放，并在大规模教学实践中持续迭代与优化，最终构建具有中国特色的国家级中小学人工智能教育共享与示范平台。

“教育是人类应对人工智能挑战的根本力量”（曹培杰，2018），在中小学阶段科学、合理地设计和开展人工智能课程，不仅可以帮助学生应对智能时代的变革和挑战，也是国家培养高科技人才及应对国际竞争的迫切需要。因此，需要教育领域与人工智能领域的研究者和实践者共同努力，为我国中小学人工智能教育的健康、有序发展贡献力量。

[参考文献]

- 曹培杰. 2018. 智慧教育：人工智能时代的教育变革[J]. 教育研究(8):121-128.
- 陈凯泉,何瑶,仲国强. 2018. 人工智能视域下的信息素养内涵转型及AI教育目标定位——兼论基础教育阶段AI课程与教学实施路径[J]. 远程教育杂志,36(1):61-71.
- 段世飞,龚国钦. 2019. 国际比较视野下的人工智能教育应用政策[J]. 现代教育技术(3):11-17.
- 方圆媛,黄旭光. 2020. 中小学人工智能教育:学什么,怎么教——来

自“美国K-12人工智能教育行动”的启示[J]. 中国电化教育(10):32-39.

广州市教育局. 2019-08-23. 广州市教育局关于公示广州市中小学人工智能课程改革实验区、校评审结果的通知[EB/OL]. [2020-10-20]. http://jyj.gz.gov.cn/yw/wsgs/content/post_5691550.html

国务院. 2017-07-08. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. [2020-05-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm

国务院. 2018-01-20. 关于全面深化新时代教师队伍建设改革的意见[EB/OL]. [2020-04-10]. http://www.gov.cn/zhengce/2018-01/31/content_5262659.htm

教育部. 2018a. [2018-04-03]. 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知[EB/OL]. [2020-04-07]. http://www.moe.gov.cn/srscite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html

教育部. 2018b. 普通高中信息技术课程标准(2017年版). 北京:人民教育出版社.

教育部. 2018c. [2018-04-18]. 教育部关于印发《教育信息化2.0行动计划》的通知[EB/OL]. [2020-04-05]. http://www.moe.gov.cn/srscite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html

教育部. [2019-03-01]. 2019年教育信息化和网络安全工作要点[EB/OL]. [2020-04-15]. http://www.moe.gov.cn/srscite/A16/s3342/201903/t20190312_373147.html

教育部教师工作司. [2018-01-22]. 教育部教师工作司2018年工作要点[EB/OL]. [2020-04-23]. http://www.moe.gov.cn/s78/A10/tongzhi/201801/t20180124_325390.html

乐进军. 2020. 中小学人工智能教育的现实矛盾研究[J]. 教学与管理(34):1-3.

李政涛,罗艺. 2019. 智能时代的生命进化及其教育[J]. 教育研究,40(11):39-58.

联合国教育、科学及文化组织. 2019. 人工智能与教育北京共识[EB/OL]. [2020-04-20]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/201908/W020190828311234679343.pdf

罗定生,李文新,邓志鸿,等. 2019. 北京大学人工智能课程教学改革与实践[J]. 计算机教育(10):3-8,15.

南京市人民政府. [2018-07-23]. 南京多措并举推进中小学人工智能教育[EB/OL]. [2020-10-30]. http://www.nanjing.gov.cn/bmdt/201807/t20180723_872271.html

秦瑾若,傅钢善. 2017. STEM教育:基于真实问题情景的跨学科式教育[J]. 中国电化教育(4):67-74.

深圳市教育局. [2019-07-10]. 关于“中小学人工智能教育项目”实验工作学校名单的公示[EB/OL]. [2020-10-20]. http://szzeb.sz.gov.cn/home/jyfw/fwjs/jyxxgg/content/post_2955619.html

天津市教育委员会. [2018-04-19]. “人工智能+教育”进校园,我市探索教学新模式[EB/OL]. [2020-10-30]. http://jy.tj.gov.cn/JYXW/TJJY/202007/t20200710_2788114.html

天津市人民政府. [2018-11-26]. 我市印发《〈关于开展人工智能知识教育普及活动方案〉的通知》[EB/OL]. [2020-10-30]. <http://www.>



- tj.gov.cn/sy/tjxw/202005/t20200520_2554973.html
- 谢忠新,曹杨璐,李盈. 2019. 中小学人工智能课程内容设计探究[J]. 中国电化教育 387(4):22-27.
- 袁中果,梁霄,武迪. 2019. 中小学人工智能课程实施关键问题分析——以人大附中人工智能课程实践为例[J]. 中小学数字化教学(7): 19-22.
- 詹泽慧,钟柏昌. 2020. 高中人工智能教育应该教什么和如何教——基于四本《人工智能初步》教材的内容分析[J]. 电化教育研究(6): 68-74, 82.
- 张建彬. 2019. 初中人工智能课程建设初探[J]. 中小学信息技术教育(12):62-64.
- 张珊珊,杜晓敏,张安然. 2020. 中小学开展人工智能教育的挑战、重点和策略[J]. 中国电化教育(11):67-72,96.
- 张学军,董晓辉. 2019. 高中人工智能课程项目案例资源设计与开发[J]. 电化教育研究,40(8):87-95.
- 郑燕林. 2015. 美国高校实施创客教育的路径分析[J]. 开放教育研究,21(3):21-29.
- 钟柏昌. 2016. 中小学机器人教育的核心理论研究——机器人教学模式的新分类[J]. 电化教育研究,37(12):87-92.
- Association for the Advancement of Artificial intelligence (AAAI). (2018) AAAI Launches “AI for K-12” Initiative in Collaboration with the Computer Science Teachers Association (CSTA) and AI4All. Retrieved January 29, 2021, from <https://aaai.org/Pressroom/Releases/release-18-0515.php>
- AI Singapore. (2018a). AI for Students. Retrieved October 10, 2020, from <https://www.aisingapore.org/talentdevelopment/ai4s>
- AI Singapore. (2018b). AI for Kids. Retrieved October 11, 2020, from <https://www.aisingapore.org/talentdevelopment/ai4k/>
- House of Lord, Select Committee on Artificial Intelligence. (2018, April 16) AI in the UK: ready, willing and able? Retrieved June 17, 2020, from <https://publications.parliament.uk/pa/ld201719/ldselect/ldai/100/100.pdf>
- Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. (2017, October 23). Finland’s age of artificial intelligence. Retrieved October 21, 2020, from <https://www.tekoalyaika.fi/en/reports/finlands-age-of-artificial-intelligence/>
- Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. (2019, December 12). Finland to invest in the future skills of Europeans—training one per cent of EU citizens in the basics of AI. Retrieved October 21, 2020, from https://eu2019.fi/en/article/-/asset_publisher/suomen-eu-puheenjohtajuuden-aloite-suomi-investoi-eurooppalaisten-tulevaisuustaitoihin-tavoitteena-kouluttaa-prosentti-eu-kansalaisista-tekoalyn-perus
- MIT Media Lab. (2019a). Learning about artificial intelligence: A hub of MIT resources for K-12 students. Retrieved May 21, 2020, from <https://aieducation.mit.edu>
- MIT Media Lab. (2019b). Doodlebot. Retrieved May 21, 2020, from <https://mitmedialab.github.io/doodlebot/make.html>
- The UK Government. (2017, October 15). Growing the artificial intelligence industry in the UK. Retrieved May 15, 2020, from <https://www.gov.uk/government/publications/growing-the-artificial-intelligence-industry-in-the-uk>
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D.. (2019). Envisioning AI for k-12: what should every child know about AI?. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33, 9795-9799.
- UNESCO IITE. (2020). AI in Education: Change at the Speed of Learning. Retrieved January 26, 2021, from https://iite.unesco.org/wp-content/uploads/2020/11/Steven_Duggan_AI-in-Education_2020.pdf.
- 收稿日期:**2021-01-08
- 定稿日期:**2021-01-29
- 作者简介:**卢宇,博士,副教授,博士生导师;宋佳宸,硕士研究生;余胜泉,博士,教授,博士生导师。北京师范大学未来教育高精尖创新中心(100875)。
汤筱琦,硕士研究生,北京师范大学教育技术学院(100875)。
- 责任编辑 刘莉**



Keywords: online education; online learning; educational equity; balanced education development; ICT in education; COVID-19; suspending classes without stopping learning; digitalization leadership

Artificial intelligence education in K-12 schools in the intelligent era: strategic positioning and core content domains

Yu Lu, Xiaoyu Tang, Jiachen Song and Shengquan Yu

With the arrival of the intelligent era, artificial intelligence (AI) has been increasingly applied in various areas, demonstrating its great application potential. The Chinese government advocates and supports the introduction of AI courses into education at different levels. Nevertheless, AI education for K-12 schools faces some critical challenges, including, inter alia, ambiguous course objectives, incoherent course content, complex and disorderly course curriculum and over-abundant resources. In light of this scenario, a review was conducted to understand the status quo of AI education in and outside China, followed by a comparison and distinction between AI education and relevant types of education to identify the strategic positioning of AI education. Given that content domains of AI education are not scientifically defined and adequately described, this article proposes six core content domains and goes on to set forth content domain-based principles for AI education course design.

Keywords: Artificial Intelligence Education; primary and secondary education; strategic positioning; core content domain; course design; agent

Transformation of internationalization in higher education: from classrooms to virtual settings

Yasar Kondakci and Elif Erberk

Internationalization in higher education (IHE) has been a policy issue for countries and a strategic orientation for individual universities. Historically, internationalization has always been a part of the university. In the traditional, face-to-face education, internationalization has specific rationales and meanings for countries, universities and individuals. However, with the developments in ICT, internationalization has gained a new meaning. The most prominent aspect of this meaning is that internationalization has gained a virtual dimension. The purpose of this article is to identify the traditional meaning and rationales of IHE as well as approaches to internationalization. Furthermore, the article defines virtual internationalization and discusses the approaches to virtual internationalization in the context of open and distance education. Finally, the article covers the opportunities and challenges that come along with virtual internationalization. It concludes that although virtual internationalization provides new opportunities, failure to tackle the challenges may end up with limited accomplishment of internationalization.

Keywords: internationalization; virtual internationalization; definition; rationale; driving force; approach; higher education; open and distance education

(英文目次、摘要译者:肖俊洪)