

中小学人工智能课程指南^{*}

中小学人工智能课程指南课题组

摘 要: 我国的中小学人工智能教育起步不久,由于缺乏统一的课程标准,在课程的性质与目标、教材开发和学业评价等方面仍然面临诸多理论与实践困难。华东师范大学联合上海人工智能实验室编写《中小学人工智能课程指南》,从课程性质与基本理念、核心素养与课程目标、课程结构、课程内容与要求、学业质量评价标准、实施建议等六个方面,构建一套科学开放的中小学人工智能课程指南,为我国中小学人工智能教育体系建设提供参考。

关键词: 人工智能; 课程指南; 中小学

引言

人工智能作为第四次工业革命的重要驱动力量,正在深刻地改变着各行各业,极大地推动了社会进步,产生了巨大的社会影响。《新一代人工智能发展规划》首次将人工智能发展上升到国家战略层面,明确指出要完善人工智能教育体系,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。我国基础教育阶段一直重视人工智能教育,两次颁布的《普通高中信息技术课程标准》和最新颁布的《义务教育信息科技课程标准(2022年版)》均将人工智能纳入中小学信息科技教育的课程体系之中,对完善人工智能教育体系和提升全民人工智能素养起到了巨大的推动作用。然而,我国的人工智能发展相对较晚,基础教育阶段的人工智能教育也起步较迟,目前仍缺少一个相对完整的、小初高一体化的人工智能课程标准,导致在课程内容选择与衔接、教学设计与实施等方面缺少系统科学的理论依据。为贯彻落实《中国教育现代化 2035》,促进人工智能教育在中小学的高质量实施,华东师范大学联合上海人工智能实验室编写《中小学人工智能课程指南》,旨在为我国中小学人工智能课程体系建设提供参考。

中小学人工智能课程是一门旨在全面提升学生人工智能素养,帮助学生掌握人工智能技术基础知识与技能,增强智能意识,激发智能思维,提升智能应用与创造能力,培养智能社会责任的基础课程。本课程指南以提升学生人工智能核心素养为宗旨进行学习目标设定,以人工智能技术路径为牵引进行学习内容组织,以项目式学习为主要形式进行教学实施。课程围绕人工智能核心素养,精炼学科大概念,吸纳人工智能学科领域的前沿成果,构建具有时代特征的学习内容;课程兼重方法学习与实践应用,通过丰富多样的人工智能应用场景案例,鼓励学生利用智能化平台开展学习与实践;课程倡导跨学科主题的项目式学习,将知识建构、技能培养与思维发展融入运用人工智能技术方法解决问题和完成任务的过程中。

执笔人: 江 波¹

核心成员: 戴娟² 周爱民¹ 董晓勇² 刘啸宇²

参与人员: 洪道诚¹ 姜飞¹ 郑隆威¹ 赵佳宝¹ 章恒远³ 刘雅琳³

顾问: 袁振国¹

单位信息

1. 华东师范大学上海智能教育研究院, 上海 200062

2. 上海人工智能实验室, 上海 200232

3. 华东师范大学上海数字化教育装备工程技术研究中心, 上海 200062

^{*} 基金项目: “智能教育”上海市 IV 类高峰学科建设计划; 国家自然科学基金: 面向图形化编程项目式学习的自动评价研究及应用(61977058); 华东师范大学教育科学研究战略基地开放课题: 中小学人工智能课程标准研究。

本课程指南充分借鉴国内外人工智能教育研究的优秀成果,体现人工智能的核心理念与方法,兼容现有的普通高中信息技术课程标准和义务教育信息科技课程标准,努力将中小学人工智能课程指南打造成符合我国中小学信息科技教育实际情况,兼顾基础性、发展性和连贯性的纲领性教学文件,构建具有中国特色的中小学人工智能课程体系。

一、课程性质与基本理念

(一) 课程性质

人工智能学科具有多学科交叉性质,中小学人工智能课程内容具有综合性特征。课程内容涉及数据、算法、硬件等多领域专业知识,并与数学和科学等基础学科紧密相关。同时,人工智能的广泛应用也伴随着社会影响、隐私保护、伦理道德等众多社会公共议题。人工智能课程的实施,需要融合多学科的知识与技术、覆盖各行业的应用形式、关注全社会中的广泛议题,内聚成紧密关联的特有内容结构,努力提升学生对所学内容的整体理解与横纵迁移。

中小学人工智能课程内容体现基础性,注重实践性,课程内容符合中小学生的知识体系和理解能力,强调以情境体验和动手实践驱动知识习得。课程的开发需以面向全体学生的普及性教育为基础,以培养学生的人工智能核心素养为宗旨,选取贴近学生日常学习和生活经验的人工智能应用情境,让学生在环境体验和行动实践的过程中,感受、理解、掌握人工智能的原理、方法和技能。在此基础上,引导学生发现生活中应用人工智能的需求,鼓励学生尝试提出新的问题和新的解决方法,并能够批判性地看待人工智能,从而培养学生的问题解决能力、创新思维和批判性思维,以适应智能社会的发展。

人工智能是一门新兴学科,中小学人工智能课程是一门发展性的课程。中小学人工智能课程的知识体系与时俱进,内容选择上需要与人工智能技术发展保持同步,应有一定的前瞻性、开放性、灵活性,允许课程中技术内容修订的可持续性。在课程组织上,各地区需要结合当地中小学信息科技教育开展的实际情况,充分利用必修和选修相结合、课内与课外相结合的课程组织形式,面向不同学习条件、背景和能力基础的学生,开设适合的人工智能课程。

(二) 基本理念

1. 教育性

课程体系满足我国未来人工智能人才培养需求,提升学生对智能技术发展的敏感度与智能社会的适应性,帮助其学会有效利用智能社会中的技术、工具与服务,提高未来人才参与智能社会的能力。课程开发要从人本主义出发,引导学生思考人工智能技术应用过程中个人与社会的关系,思考智能技术为人类社会带来的机遇和挑战,履行个人在智能社会中的责任和义务,帮助学生成长为智慧的技术使用者、理性的技术反思者和创新的技术设计者。课程内容结合人工智能的前沿技术与发展趋势,引导学生学习人工智能的基础原理与技能,感悟人工智能学科方法与学科思想,理解人工智能的伦理与安全问题。结合学生已有经验,在课程中引入人工智能相关的真实问题并创设情境,横纵融合学习内容,增强学生的智能社会责任意识,实现智能技术知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观的统一。

2. 选择性

课程体系遵循我国各地办学的实际水平,面向不同学习条件、背景和能力基础的学生,为各地区、学段学生提供适应未来智能社会的普及性教学内容,以保证学生在未来智能社会中的基本能力和核心素养。在确保基础知识的基础上,体现人工智能课程在各阶段的多样性、系统性和开放性,培养学生的学习兴趣,拓展课程内容的广度、深度和问题情境的复杂度,以满足学生对人工智能课程的多元需求。在实现普及性与多样性的基础上,实施以项目活动为载体的提升性学习活动,倡导基于动手实践的教学策略。激发学生开放、合作、协同和循证的行动意识,使其积极参与到真实情境下的智能互动学习活动中。鼓励学生在不同的问题情境中综合运用学科知识形成解决方案,体验真实的工作模式和思考方式。

3. 连贯性

课程体系设计以小初高一体化为出发点,构建具有高度连贯性的中小学人工智能课程体系。围绕人工智能核心理念,确保课程内容合理渗透于小初高全学段,各阶段课程内容能够很好地衔接,使知识累积呈现循序渐进的过程。小学阶段注重生活体验和图形化实现;初中阶段初步学习基本概念和基本原理;高中阶段深化原理认识,探索利用人工智能解决问题的过程和方法。同时,根据学段升迁的特殊需求,在过渡期围绕知识体系、环境条件、评价方式等进入新学段所出现的关键变化,实施有针对性的准备型和适应型教学措施,避免产生因课程体系衔接所产生的知识断层。课程体系需以跨学科的视角把控各阶段的课程内容,确保知识体系与数学、物理、信息技术等其他学科知识的累积相互同步,创造机会使学生感受智能技术与其他学科间的相互关系,实现人工智能技术与各学科知识的融会贯通。

二、核心素养与课程目标

(一) 核心素养

核心素养是学科育人价值的集中体现,是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观、必备品格和关键能力。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。它们是中小学生在接受人工智能教育过程中逐步形成的有关人工智能的知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观的综合表现。四个要素互相支持,相互渗透,共同促进学生人工智能核心素养的提升,具体内涵表述如下。

1. 智能意识

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。具备智能意识的学生能够判断场景是否应用了人工智能,能够区分动物智能、人的智能和机器智能,知道人工智能的发展历史和基本分类,掌握人工智能的基本概念,理解人工智能的有限替代作用,能够意识人工智能的优缺点,并想象人工智能的未来。

2. 智能思维

智能思维是指个体运用人工智能领域的技术方法,在形成问题解决方案的过程中产生的一系列思维活动。具备人工智能思维的学生,能够理解人工智能的核心理念,在任务中能够运用核心理念分析和界定问题,采用适当的方法处理数据和提取特征,通过判断、分析、实验等途径,选取合理的或创造新颖的算法形成问题解决方案,总结利用人工智能解决问题的过程与方法,并迁移到其他领域的同类问题中。

3. 智能应用与创造

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。与人工智能进行有效沟通和合作,管理学习与生活,辅助增强人类智能,解决实际问题。树立“智能”是手段,“人”才是目的的理念,将人工智能融入日常的学习、生活与工作中。具备智能应用与创造能力的学生,能够识别智能应用与资源的优势与局限性,使用人工智能优化实际应用并进行创造性的实践。

4. 智能社会责任

智能社会责任是指在智能社会中的个体在隐私保护、伦理规范和行为自律方面应尽的责任。具备智能社会责任的学生,能够理解人在人工智能中的重要作用,理解数据偏见和算法偏见是造成人工智能偏见的主要原因,能够批判性地解释数据和看待算法;具有一定的数据安全意识与能力,能够遵守个人数据信息的法律法规,信守智能社会的道德与伦理准则;关注人工智能技术创新对社会的影响和冲击,能够辩证、发展和客观地看待人工智能的社会影响;对于人工智能技术创新所产生的新观念和新事物,具有积极学习的态度、理性判断的思维和负责行动的能力。

(二) 课程目标

1. 培养适应智能社会发展的未来公民

人工智能课程应提升学生对智能技术发展的敏感度与智能社会的适应性,帮助其学会有效利用信息社会中的智能技术、工具与服务,优化自己的学习和生活,提高参与社会的能力。课程开发要引导

学生思考人工智能技术应用过程中个人与社会的关系,思考智能技术为人类社会带来的机遇和挑战,履行个人在智能社会中的责任和义务,帮助学生成长为智慧的技术使用者、理性的技术反思者和创新的技术设计者。

2. 支撑学生人工智能核心素养的发展

课程内容以学习主题为结构组织与推进路径,融入数据、智能算法、智能应用和智能社会等学科重要概念及技能。结合人工智能的前沿技术与发展趋势,引导学生学习人工智能的基础原理与技能,感悟人工智能学科方法与学科思想。结合学生已有的经验,在课程中引入人工智能相关的真实问题并创设情境,纵横融合学习内容,增强学生的智能社会责任意识,实现智能技术知识与技能、过程与方法、态度与价值观的统一。

3. 满足学生对人工智能的学习兴趣

课程体系遵循中小学学生的认知特征和多样化学习需要,体现人工智能课程在初级阶段的普及性、多样性、系统性和开放性。课程体系为我国各学段学生提供适应未来智能社会的基础性核心内容,培养学生的学习兴趣,拓展课程内容的广度、深度和问题情境的复杂度,以满足学生对人工智能课程的多元需求。

4. 推动智能时代的学习创新

课程评价以科学工程基本素养为发展导向,以基础关键能力提升为目标,推荐利用多种方式跟踪学习过程,注重情境中的过程性评价和整体性评价。评价方式和评价工具应支持学生以自主和协作两种方式解决学习中的问题,倡导基于项目的学习。也可以通过标准化测试和项目实践活动相结合的评价方式,获取相对充分的反馈信息,支持进一步的有效学习与教学。

三、课程结构

中小学人工智能课程指南以提升中小学生学习人工智能核心素养为宗旨,以人工智能核心理念为课程内容选取和组织的出发点,知识学习与实现实践并重,以实现实践促进知识习得。课程结构涵盖人工智能概念与历史、人工智能应用与技术、人工智能感知与数据、人工智能方法与实现、人工智能伦理与社会五个主题,其中人工智能方法与实现和人工智能伦理与社会为核心主题。课程指南以多样化的案例和项目支撑知识学习和实现实践,落实中小学人工智能核心素养的培养,提升智能意识、习得智能思维、启发智能应用与创造、培养智能社会责任。

(一) 课程内容设计依据

1. 以促进学生人工智能核心素养为课程设计的宗旨

课程指南基于人工智能的核心理念,提炼人工智能核心素养,以促进学生的人工智能意识、人工智能思维、人工智能应用与创造和人工智能社会责任为课程设计宗旨,把素养教育落实到课程设计的每一个环节和要素。

2. 参考现有信息技术课程标准和国内外人工智能教育研究最新成果

从我国基础教育的国情出发,参考《普通高中信息技术课程标准(2017版)》《普通高中信息技术课程标准(2017年版2020年修订)》和《义务教育阶段信息科技课程标准(2022年版)》,借鉴国内外中小学人工智能教育的最新研究成果,参照国内外先进课程体现的设计思想和已有经验,合理设置人工智能课程内容模块,提高课程指南的前瞻性。

3. 考虑中小学不同阶段学生的认知特征和知识结构

考虑人工智能学科本身的复杂性,提炼人工智能的核心理念,从事实、概念、过程和原则四个学习内容维度,考虑不同学段学生的认知特征,设计符合学生认知特征和能力水平的人工智能课程进阶。

4. 以项目式学习为课程的主要学习形式

依据人工智能学科其综合性、实践性和发展性并重的特点,设计学习任务和活动场景,以项目式

学习作为主要形式,将人工智能素养的习得渗透在项目式学习活动中。依托现有人工智能技术和服务,创设中小学人工智能实践平台,以实践平台促进人工智能项目式学习。

(二) 课程主题

“**人工智能概念与历史**”主题围绕人工智能的基本概念、基本特征、发展历史和未来趋势展开,旨在从智能的定义出发,通过对比人的智能、动物智能和机器智能,来认识人工智能的基本特征和基本要素。进一步,再从人工智能的发展起源出发,通过对人工智能里程碑事件和代表性人物的学习,感受人工智能的发展历史,想象人工智能的发展趋势。

“**人工智能应用与技术**”主题围绕人工智能典型的应用领域和关键领域技术展开,旨在认识人工智能的典型应用场景和关键领域技术。该主题首先从智能家居、智能交通、智能农业等学生身边的人工智能应用场景出发,让学生体验“身边的人工智能”,进而从典型场景中抽取出计算机视觉、自然语言处理、生物特征识别、虚拟现实/增强现实、人机交互等关键领域技术,通过交互式操作和案例分析,探究典型人工智能应用技术的基本工作原理。

“**人工智能感知与数据**”主题围绕信息感知和数据表示展开,旨在学习人工智能是如何感知和表示现实场景中的信息,以及如何对人工智能方法所使用数据进行管理,该主题是“人工智能方法与实现”主题的先修主题。该主题从信息感知出发,通过对比人的感知系统与机器的感知系统,体会机器感知的基本条件和原理,继而剖析如何对不同类别感知信息进行编码和特征提取,从而成为人工智能能够识别的数据。进一步,从数据出发,介绍数据的基本特征、结构和处理方法等基础知识。最后,通过对人工智能典型的公开数据集进行探究,以及自行创设数据集等方法,增加对于特征集和特征选择等概念的理解。

“**人工智能方法与实现**”主题围绕人工智能领域的典型算法及其实现过程开展,该主题是中小学人工智能课程的核心内容之一。该主题首先从机器学习的基本框架学习入手,通过对比人的学习与机器学习,让学生体会机器学习的特点,知道监督学习、无监督学习和强化学习三类机器学习任务的工作原理。进一步,介绍三类机器学习任务中的代表性算法的基本思想、基本原理和应用场景。最后,提供实践案例,让学生通过运用图形化编程语言、Python 编程语言、开源硬件和相关人工智能实践平台对典型的人工智能算法进行实现和实践。

“**人工智能伦理与社会**”主题围绕人工智能应用所带来的社会影响和伦理道德问题展开,是中小学人工智能课程的核心内容之一。该主题学习的目的是让学生初步认识人工智能应用对社会生产生活带来的多维影响,能够理解人工智能在更好地服务社会的同时,也存在诸多潜在风险,帮助学生树立正确的人工智能发展观和伦理观。

(三) 阶段划分

人工智能课程当前已纳入义务教育信息科技课程体系和高中信息技术课程体系,本课程指南参考不同学段人工智能课程大纲,以及基础学科课程的课程大纲,以提升学生人工智能核心素养为宗旨,以人工智能核心概念为主题,形成中小学人工智能学科的课程结构。按照学段差异,将中小学人工智能课程分为小学、初中和高中三个阶段,根据每个阶段学生的认知特点和知识结构,由浅入深逐步递进,安排五个主题的学习内容。在阶段设计的侧重点上,小学阶段注重生活体验和图形化实现;初中阶段初步学习基本概念和基本原理;高中阶段深化原理认识,探索利用人工智能解决问题的过程和方法。

四、课程内容与要求

(一) 人工智能概念与历史

“人工智能概念与历史”主题包含人工智能的基本概念、基本特征、发展历史三个模块。通过该主题的学习,让学习者了解人工智能的基本理念和基本特征,熟悉人工智能的起源、分支、里程碑事件和代表性人物,能够想象人工智能未来发展趋势。[表 1](#) 描述的是该主题的分阶段课程内容与要求。

表 1 “人工智能概念与历史”课程内容与要求

模块	小学	初中	高中
基本概念	理解智能的定义；能区别智能与非智能；知道人、生物与机器智能的区别与联系。	理解数据、算法和算力等基本概念；知道数据、算法和算力是人工智能的三大要素。	了解常用的人工智能芯片，理解芯片在人工智能中的作用。
基本特征	理解人工智能是综合的、发展的和实践的学科。	知道人工智能具有感知、记忆、学习和行为等特征。	理解人工智能为什么能够具有感知、记忆、学习和行为等特征。
发展历史	知道人工智能起源；知道人工智能里程碑事件。	知道人工智能的发展历程、流派分支和每个分支的基本思想。	能够想象人工智能的发展趋势。

(二) 人工智能应用与技术

“人工智能应用与技术”主题包含人工智能典型行业应用和关键领域技术两个模块。通过该主题的学习,让学习者了解人工智能在制造、农业、交通、医疗、教育等重要行业的应用,以及在前沿科学研究和人文社会科学等非技术领域的应用,同时能够理解这些行业中所涉及的自然语言处理、计算机视觉、智能语音、生物特征识别等关键领域技术。表 2 描述的是该主题的分阶段课程内容与要求。

表 2 “人工智能应用与技术”课程内容与要求

模块	小学	初中	高中
典型行业应用	了解并体验人工智能在制造业、农业、交通、医疗、教育等行业场景中的应用。	能够根据不同的应用场景罗列出关键领域技术和通用技术。	能够想象或提出新的人工智能应用场景。
关键领域技术	了解自然语言处理、智能语音、计算机视觉、生物特征识别、虚拟现实/增强现实、人机交互等关键领域技术的应用场景。	知道自然语言处理、智能语音、计算机视觉、生物特征识别、虚拟现实/增强现实、人机交互等关键领域技术的基本原理。	了解自然语言处理、智能语音、计算机视觉、生物特征识别、虚拟现实/增强现实、人机交互等关键领域技术的进阶原理。

(三) 人工智能感知与数据

“人工智能感知与数据”主题包含感知、数据管理和数据集三个模块。通过该主题的学习,让学习者了解人工智能系统感知世界的基本原理,理解感知是将现实世界进行数字化的过程;掌握数据处理、分析和基本方法,理解数据特征在人工智能中的作用,掌握几种主要的数据编码方法。表 3 描述的是该主题的分阶段课程内容与要求。

(四) 人工智能方法与实现

“人工智能方法与实现”主题包含机器学习模式、机器学习算法和人工智能基础软硬件平台三个模块。该主题是中小学人工智能课程的核心模块之一,通过该主题的学习,让学习者理解机器学习与人的学习的区别与联系,知道机器学习的三类基本框架的基本原理和适用场景,知道决策树、最近邻、卷积神经网络等代表性的机器学习算法的基本原理,知道已有的人工智能芯片、系统软件和开发框架,并掌握利用人工智能开源体验平台、图形化编程语言、Python 编程语言等工具,在公开数据集上实现相关机器学习算法。表 4 描述的是该主题的分阶段课程内容与要求。

(五) 人工智能伦理与社会

“人工智能伦理与社会”主题包含人工智能伦理道德与社会影响两个模块,是中小学人工智能课程的核心内容之一。通过该主题的学习,学习者能够了解人工智能技术的广泛应用带来的各种伦理问题,理解伦理问题的起源,以及如何补救,树立技术可控、绿色环保、可持续、以人为本的人工智能伦理观;能够洞悉和理解人工智能所产生的社会影响,能够客观看待和冷静思考人工智能与人以及社会的多元关系。表 5 描述的是该主题的分阶段课程内容与要求。

表3 “人工智能感知与数据”课程内容与要求

模块	知识点	小学	初中	高中
感知	感知系统	阐述人和其他生物的感觉器官及作用；能够理解人类如何基于感知系统组合信息。	知道人的感知与机器感知的区别与联系；理解机器感知系统的组成部分。	无
	传感器	了解人工智能是通过传感器来感知世界；能够认识常见的传感器，根据需求选择不同的传感器。	能够描述常见的智能设备（计算机、手机、机器人等）中的传感器及其作用。	能够描述不同类型传感器的优点和缺点；能够根据需求选择不同的传感器。
	数字编码	了解数字编码在生活中的应用；能够使用数字、字母或文字编码表示信息。	理解图像和声音的数字编码原理。	理解雷达、GPS、生物特征的数字编码原理。
	特征提取	知道任何对象都可以特征来表示；能够识别不同对象之间的不同特征。	知道识别图像中的物体时需要提取哪些特征。	知道如何从图像中提取特征。
数据管理	数据类型	能够发现身边数据的数据类型；知道基本的数据类型，能够判断某种数据属于哪种数据类型。	能够根据实际需要，正确定义变量的数据类型、进行数据类型的基本运算以及类型的转换。	无
	数据结构	能够发现生活中数组实例；知道数组的特点；能够用数组来表示数据。	能够在一维数组和二维数据中进行基本的操作和运算；能够通过绘制树状图体会用树来表示数据。	能够利用编程语言进行基本的数组操作和运算。
	数据分析	知道数据经过采集、处理与分析可以提取有用的信息。	能够利用简单的数据分析工具进行数据整理与分析，如Excel。	能够利用Python中相关库包进行数据分析，如Pandas、Numpy等。
	数据可视化	可以就给定具体案例手动绘制包含柱状图和折线图的数据分析小报。	能够利用简单的数据分析工具进行数据的可视化，并以恰当的方式呈现出来，如使用Excel。	能够利用Python中相关的库进行数据可视化，如Matplotlib。
数据集	特征集	能够创建特征来表示对象，理解可以通过事物特征来刻画事物之间的不同，如花瓣的长度和宽度可以区分不同的花。	能够创建特征向量来表示一组对象，掌握通过计算对象在特征向量上的距离来表示对象之间的差异的方法，如计算两个对象之间的欧氏距离和余弦距离。	能够根据图像、文本等特定问题，创建特征，如文本的独热特征和图像的HOG特征。
	公开数据集	知道对数据集进行训练集和测试集划分。	理解数据丰富程度对模型训练的影响；能够寻找并探索公开数据集。	知道如何评估一个数据集是否适用于某些特定的机器学习算法，如样本量较小的数据不适合选用复杂的人工神经网络模型。
	数据偏见	能够发现生活中偏见的案例；理解偏见和数据偏见的含义；明白数据偏见所带来的潜在危害。	能够分析某个数据集的特征以识别数据源可能存在的偏见，理解数据偏见产生的原因，了解消除数据偏见的基本途径。	能够用数据可视化工具找到数据集中数据属性上的偏见；能够解释为什么数据特征分布不同的数据集会影响学习结果。

五、学业质量评价标准

学业质量是学生在完成课程阶段性学习后的学业成就表现，是以核心素养为主要维度，结合课程内容，对学生学业成就具体表现的整体评估。根据人工智能核心素养，结合课程主题及其支撑概念与技能关联，将中小学人工智能学科学习划分为三个阶段，不同阶段之间具有由低到高依次递进。表6给出了以核心素养为主要维度的学业质量评价标准。

表 4 “人工智能方法与实现”课程内容与要求

模块	知识点	小学	初中	高中
机器学习模式	人与机器的学习	知道人的学习与机器学习的不同，能够描绘人是如何学习的、机器是如何学习的。	知道人是通过经验、询问、实验、实践等方式进行学习，并可以迁移；机器是通过算法和数据对非常有限的问题进行学习，迁移难度大。	理解无监督学习、有监督学习和强化学习这三类机器学习模式的基本原理；能够阐明有监督学习、无监督学习和强化学习三类机器学习模式各自的优势与局限。
	无监督学习	能够在生活中发现无监督学习的实例；能够理解无监督学习的含义。	知道无监督学习的基本原理；知道无监督学习的适用场景。	理解无监督学习的基本过程。
	有监督学习	能够在生活中发现有监督学习的实例；能够理解有监督学习的含义。	知道有监督学习的基本原理；知道有监督学习的适用场景。	理解有监督学习的训练、测试和应用过程；理解训练过程的重要性；理解训练和测试要保持平衡。
	强化学习	能够在生活中发现强化学习的实例；能够理解强化学习的含义。	知道强化学习的基本原理；知道强化学习的适用场景。	理解强化学习的基本过程，知道Q-学习的基本原理。
机器学习算法	回归算法		知道二维空间中线性回归的基本原理；能够利用人工智能教育开源平台实现和体验简单的线性回归算法。	能够利用Python 中的相关库包实现简单的线性回归分析算法。
	分类算法		知道逻辑函数的特性；知道如何计算两个样本之间的欧氏距离；知道信息熵的基本概念；能够利用人工智能教育开源平台实现和体验简单的逻辑回归、最近邻、决策树等算法。	理解逻辑回归、最近邻、决策树、神经网络这四类算法的原理；能够利用Python 相关库包实现简单的逻辑回归、最近邻、决策树、神经网络。
	聚类算法	了解什么是算法；能对情境中所运用的算法做出初步判断。	了解K-均值聚类的基本原理，能够通过纸笔计算推演低维度数据的聚类过程；能够利用人工智能教育开源平台实现和体验简单的K-均值聚类算法。	理解K-均值聚类的工作原理；能够应用Python相关库包实现简单的K-均值聚类算法。
	深度学习算法		知道利用单一神经元和阶跃函数实现分类；理解神经网络是一种基于误差反馈的迭代控制系统。能够利用人工智能教育开源平台实现和体验人工智能网络。	知道二维卷积神经网络、循环神经网络和生成对抗网络的基本原理，能够利用Python相关库包和开源编程框架实现人工神经网络和上述三种深度学习算法。
人工智能基础 软硬件平台	智能芯片	知道CPU在计算机系统中的作用。	知道CPU、GPU、TPU、XPU 之间的不同，以及在人工智能中的作用。	体验CPU和GPU在运行同一深度学习算法上的效率；能够解释为什么GPU运算速度快于CPU。
	开发框架	会使用人工智能开源教育工具进行体验，如商汤教育、腾讯扣叮、Dancing with AI。	知道人工智能主要开发框架及各自的特点，如百度飞桨、PyTorch、TensorFlow等。	会使用一种主流开发框架实现人工智能算法，如百度飞桨、PyTorch、TensorFlow等。

表 5 “人工智能伦理与社会”课程内容与要求

模块	知识点	小学	初中	高中
人工智能伦理道德	人工智能带来伦理挑战	知道人工智能在现实生活中产生的某些潜在威胁。	理解“偏见”“公平”等道德术语在与人工智能相关时的含义。	理解人工智能可能引发的伦理思考与困境；树立技术可控、绿色环保、可持续、以人为本的伦理观。
	算法模型可信赖	无	理解信息质量、算法偏见如何影响人工智能规则的公平性。	设计一个端到端的机器学习简要流程，最大限度提高透明度并确保公平性。
	隐私保护	知道个人隐私的重要性；知道通过信息化技术可以泄露隐私。	知道数字服务提供商如何告知用户使用个人信息。	知道如何使用个人身份信息。
	补救措施	无	知道管理数字身份和声誉的基本方式。	知道在权利受到侵犯的条件下如何进行自我保护和补救。
人工智能社会影响	对劳动力的影响	知道人工智能可以替代某些重复性劳动。	知道人工智能如何帮助人类劳动，以及对于人的劳动技能的影响。	理解哪些领域是不能被人工智能所替代的。
	对法律的影响	知道人工智能与法律领域之间存在相互作用，人工智能受到法律的规制，也能影响法律的发展。	知道机器人法官的利弊。	理解法律要适应人工智能的进步。
	对治理的影响	了解人工智能计算和环境成本的构成；了解计算和环境成本的消耗可能带来哪些影响。	知道如何降低计算和环境成本。	理解计算成本和环境成本如何导致AI开发过程中的不公平。
	对非IT领域的影响	在理解人工智能是综合的、发展的和实践的学科的基础上，理解人工智能能对非IT领域产生作用。	知道人工智能在金融、艺术、商业决策等领域的应用。	理解人工智能在不同领域应用中的本质特征。
	对人的影响	无	知道人工智能影响了人的生活方式及思考方式。	理解人工智能对人影响的两面性，知道未来人类如何与人工智能共存。

表 6 学业质量评价标准

阶段	评价标准
小学	智能意识： <ol style="list-style-type: none"> 1. 在日常生活中，具备主动接触人工智能产品的意识。 2. 针对具体的生活场景，能够判断人工智能的应用与否。 3. 能够区分动物、人类和机器的智能，区分三者学习的不同。 4. 能够理解人的五感，主动体验机器感知功能，了解机器是否能映射实现人的五感。 5. 在日常生活中，主动参与各种人工智能的应用场景。
	智能思维： <ol style="list-style-type: none"> 1. 能够了解大脑的组成结构和人脑智能的产生过程，类比此过程的机器实现。 2. 能够理解人类的表达方式，类比机器的表达方式。 3. 针对给定的简单任务，能够初步运用人工智能思维提取特征，通过图表可视化呈现数据关系，并形成问题解决的粗略方案。 4. 针对特定任务进行智能化分析，明确问题关键。

续表 6

阶段	评价标准
小学	5. 能提取问题特征并进行抽象和形式化表征。
	6. 运用人工智能模式设计问题解决方案,并运用人工智能工具加以实现。
	智能应用与创造:
	1. 了解人工智能的典型应用场景,知道应用中的人工智能关键领域技术。
	2. 在人工智能实际应用的过程中,认识到相关资源和工具给学习和生活带来的便利,并能简单描述具体实例。
	3. 依据具体任务,进行需求分析,并选择合适的人工智能资源。
	4. 能够初步利用简单的智能化工具,完成作品的设计与创作。
	5. 了解人工智能教育开源工具,能根据具体的需要进行恰当的选择。
	6. 针对特定的学习和生活任务,运用一定的智能化资源进行管理,完成一定的任务,实现个性化的创作。
	7. 了解人工智能的应用可以解放一些重复性、危险性的人力劳动。
初中	智能社会责任:
	1. 认识人工智能的应用对社会和人类的生活发展带来的双向影响。
	2. 认识人工智能在应用过程中可能引发的潜在问题,以及发展过程中可能面临的风险挑战。
	3. 在智能化活动过程中,能够初步采用简单的策略和方法保护个人信息,安全使用人工智能技术和工具。
	4. 遵守基本的智能法律法规,按照社会公认的智能伦理道德规范开展智能化的行为活动。
	5. 在智能活动中,具备智能安全意识,尊重与保护个人及他人的合法权益与隐私。
	6. 能够采用简单的技术手段保护数据、信息以及智能设备的安全。
	7. 了解数据偏见、算法偏见会造成人工智能的不公平。
	智能意识:
	1. 认识人工智能的作用,并能选择适当的实例作为论证支持。
	2. 了解人工智能的含义、特征、基本原理和发展历程等基础知识。
	3. 主动关注人工智能的发展动向和趋势,理性想象人工智能的未来。
	4. 理解人工智能的三要素(数据、算法、算力),清晰概念,形成知识结构。
	5. 对于日常生活中常见的人工智能产品,能甄别异同并主动归类。
	6. 主动了解较为复杂的人工智能综合应用场景。
	7. 具备在日常学习生活中主动运用人工智能解决问题的意识,能够针对实际需要,恰当地选择人工智能工具。
	智能思维:
	1. 理解监督学习、无监督学习、强化学习的机制原理。
	2. 理解人工智能核心理念及实现机制,理解简单的回归、分类和聚类方法。
	3. 掌握寻找、训练、划分、分析、识别数据集的方法。
	4. 针对较为复杂任务,能运用数据、图表进行形式化描述,训练模型,以人机协同的系统化智能方法设计问题的解决方案。
	5. 区分问题解决中涉及各类智能算法和技术,并能依据问题特征做出恰当选择。
	6. 针对不同问题,选择合适算法,利用人工智能教育开源平台实现和体验算法运行过程和结果。
	智能应用与创造:
	1. 能够针对不同的人工智能应用场景,辨别和罗列其中涉及的人工智能关键领域技术和通用技术。
	2. 在较为复杂的人工智能综合应用环境中,体验人工智能在学习和生活中各领域的典型案例,能够有效评估各种智能化资源工具对于特定任务的价值。
	3. 针对较为复杂的情境任务,能使用智能工具快速获取和筛选所需资源,并通过卓有成效地管理创造性地解决问题,生成富有个人或社会价值的作品。
	4. 有效应用恰当的智能化工具,促进知识关联与综合运用,提高学习与生活的质量。
	智能社会责任:
	1. 认识人工智能活动中法律法规的管理、调节与规制的必要性,能够自觉遵守智能法律法规、信息伦理道德规范。

续表 6

阶段	评价标准
初中	2. 知道人工智能的应用会对社会职业发展带来的冲击,辩证地看待人工智能对于特定职业的可替代性。
	3. 在人工智能应用过程中,能够采用一定的技术性策略保障信息、数据安全,有效管理自身的数字身份。
	4. 初步理解数据偏见、算法偏见对人工智能公平性的影响,理解智能技术可能带来的隐私泄露等问题,在利用积极作用的同时,具备主动规避负面影响意识。
	5. 认识人工智能的责任边界,自觉抵制违反智能法律法规和道德准则的行为活动,针对不良的智能行为,能够运用法律手段解决问题。
	智能意识: 1. 理解人与机器在感知和意识方面的差别,理解机器的局限性。 2. 在复杂的人工智能应用情境中体会人工智能的核心价值,形成自己的人工智能观念。 3. 针对实际生活中的复杂问题,能够主动运用人工智能进行分析与综合判断,选择运用人工智能解决问题的路径。 4. 具备积极建设与服务智能化社会的贡献意识,具备分享智能化资源的意识和行动。
高中	智能思维: 1. 理解机器感知、机器学习和深度学习的原理,掌握基本算法,并能运用常见编程语言和开发框架进行算法实现。 2. 理解各种常见算法的优势与局限,区分人与机器的思维差异。 3. 针对较为复杂的问题,能够依据人工智能进行全面评估、系统设计,并采用有效方法迭代优化解决方案。 4. 能够把利用人工智能解决问题的过程迁移到学习和生活中其他相关问题的解决。
	智能应用与创造: 1. 能够批判性地认识、评估和合理地选择、应用人工智能应用系统的开发工具和开发平台。 2. 根据实际任务复杂程度和个体需求特点,合理创设和运用智能化的学习和生活环境。 3. 能够独立或合作开发支持跨学科学习和真实问题解决的適切智能资源,实现富有价值意义的创新创造。 4. 能适应人机交融环境中的学习与生活,感悟人工智能的应用对强化与提升个体综合能力、促进实践创新和高效学习的特殊价值。
	智能社会责任: 1. 较深入地理解数据偏见、算法偏见对人工智能公平性的影响,能够设法规避负面影响。 2. 能够以可持续发展的视野态度,理解智能法律法规、伦理道德规范的科学性并自觉遵守,能够理解法律要适应人工智能的进步。 3. 在智能活动中,掌握保护个人和他人合法权益的手段和方法,自觉维护智能社会的绿色环境。 4. 知道社会生活中现有的哪些领域难以被人工智能替代。 5. 理解人工智能对于社会发展带来的崭新可能性,具有积极学习的态度、理性判断的思维和负责行动的能力。

六、实施建议

(一) 教材编写建议

1. 教材编写原则

思想性原则。教材以社会主义核心价值观为导向,贯彻立德树人的根本任务,坚持“以人为本、德育为先、能力为重、全面发展”。教材编写过程中,注重人工智能学科特色和学生认知规律,通过对人工智能核心素养的渗透,让学生逐步具备智能意识、智能思维、智能应用与创造、智能社会责任。

科学性原则。教材内容力求科学严谨,得到较权威的论证。方法、原理、数据和案例等力求准确,要适合中小學生,得到广泛认可和接受。教材编排要符合学生认知规律,保证教材科学性、客观性和准确性的同时,用符合学生认知的语言解释学科的核心思想、基本概念和方法,提供满足学生未来发展所需的基础知识和基本技能,达到培养学生科学态度和科学精神的目的。

时代性原则。人工智能的知识内容更新较快,教材要充分反映当前人工智能进步和发展的成果,体现前瞻性,引导学生了解人工智能的最新发展成果的应用,以及所产生的社会影响,培养学生对人工智能发展的适应力,激发学生实践创新的动机和想象力。

实践性原则。以探究式和项目式学习开展实践活动,搭建与理论学习配套的实践平台,真实感受人工智能发展的成果,引导学生以智能思维解决问题。对小学生,能够针对特定问题,通过可视化交互,操作人工智能算法的使用步骤,体验算法结果;对初中生,能够以模块化的模式搭建模型,思考不同模型的差异性;对高中生,能够使用人工智能开源开发框架,实现代表性的人工智能算法,做好小学、初中、高中与大学实践内容的衔接。

图文并茂原则。教材编写要使用通俗易懂的语言解释人工智能学科的核心思想、基本概念和方法。针对小学低年级的教材,建议以绘本形式,通过故事和对话模式,描述学科的核心思想。针对高年级的教材,插图应与教学目的、教学内容相结合,便于快速理解教学内容,把握核心思想。

创新性原则。教材应着眼于创新型人才培养,注重实践能力,开阔学生视野,激发学生的创造潜能,对已有人工智能技术完善与提升。

2. 教材内容选择

教材内容分类。教材内容包括五大部分:①人工智能概念与历史;②人工智能应用与技术;③人工智能感知与数据;④人工智能方法与实现;⑤人工智能伦理与社会。采用项目学习、任务驱动方式,让学生亲手实践、亲身体验人工智能技术;调动学生的想象力、创造力,让他们结合自身兴趣和需求,对已有软硬件(如开源的程序模块、机器人设备等)加以改造、优化和完善,追求创新性应用。

合理控制深广度和难易度。要充分考虑学生的身心发展水平和心理接受能力,注重与有关课程的衔接,难易适中,针对中小学生的思维特点,培养其思考问题的能力。做好小学、初中、高中和大学等各个阶段人工智能学习的衔接。

循序渐进,螺旋上升。关注学生的认知发展规律,根据学生的认知水平、生活经验、理解能力,依据学生的知识背景,设计不同层次的项目,将人工智能核心内容分层次展开,层次之间存在清晰的逻辑关联性。

注重情境、活动和问题的整体设计。注重在教师的教与学生的学之间达成平衡。既要有利于教师科学设计教学情境,有效组织教学,为教师自主选择、增补和调整教学内容预留空间,也要为学生学习过程提供个性化选择、操作和思考的活动板块。内容编排方面要具有一定的开放性和拓展性,在保障基本内容完整性和系统性的基础上,适当设置部分选学内容或活动,拓宽学生视野,发展学生的爱好和特长,培养学生的创新精神和实践能力。

(二) 教学实施建议

人工智能的理论与实践开展要以培养智能素养为核心,根据学生的认知水平及知识储备,合理选择和安排教学内容,通过情境创设、任务引领、项目式学习、问题解决等方式,增强学生对智能素养的理解。创设有利于不同年级学生开展项目学习的智能环境,引导学生在智能化学习过程中认识智能素养的重要性。具体建议如下。

1. 围绕人工智能核心素养开展教学

在教学过程中,要重视对学生人工智能核心素养的培养,围绕提升学习者智能意识、智能思维、智能应用与创造、智能社会责任开展教学。针对人工智能核心素养的四大构成要素,设置丰富的课程内容和课程资源体系。在教学中,教师要精心挑选贴近学生生活、体现人工智能核心素养的案例与实例,引导学生思考、体验、感悟人工智能解决问题的模式和方法,增强学生对人工智能的理解。教学要以具有基础性意义和广泛迁移的基本原理和技术方法为教学重点。人工智能课程不应过于强调技术方法的具体实现,而应重点帮助学生理解人工智能的基本原理与技术过程,因为后者更能体现出人工智能的基础性技术逻辑,具有更为广泛的迁移价值,同时也更符合中小学生的认知发展水平。

2. 突出学生主体的多元教学方式

考虑学生认知水平及个体差异,灵活采用模仿、体验、合作、实验、探究等多种教学方式,重点开展基于问题、基于项目和基于设计的学习。通过体验和实践、动手与动脑、模仿与创新相结合,引导学生通过阅读、观察、思考、设计、组装、验证、讨论等活动,促进学生主动、个性化地学习。培养学生

的智能意识和应用与创造能力,让学生体验人工智能在不同领域中的应用,提高学生利用人工智能解决实际问题的能力。针对核心概念,可以通过游戏化或不插电的教学方式,将抽象、复杂的人工智能原理形象化、简单化,激发学生学习和创新的兴趣。针对实践性较强的内容,要选择与生活实际和科学学习有一定关联,同时又适当高于日常应用,且趣味性、探究性较强的主题,使学生在尝试、体验、改造中有深度、有品质地参与人工智能课程的学习。

3. 强调多学科融合

人工智能是一门综合性学科,人工智能学科知识中,融合了生物学、数学、脑科学、信息科学等领域相关知识,同时与物联网、云计算、大数据等技术紧密联系,在教学中既可以成为学习内容,又可以作为学习工具。在教学实践中,建议结合所在学段的其他相关学科的相关知识,借力相关学科知识教授人工智能,注重利用人工智能与数学在内在机理上的联系来解释人工智能原理,注重利用人工智能在科学中的应用,搭建科学合理的学习“脚手架”,及时提供合适的教学工具,激发学生对人工智能的兴趣。此外,需重视人工智能的社会价值与伦理道德反思。人工智能的广泛应用已引起关于人类生存权、隐私权、自主权等方面的争议。因此,人工智能教学不应只着眼于技术原理、方法手段的传授,还必须反思人工智能在政治、经济、伦理等方面所引起的冲突。

4. 创设智能实践和应用平台

人工智能实践体验与创新需要依托与之匹配的应用平台,要根据学生认知水平搭建与之匹配的智能应用平台,有条件的可设立人工智能实验室,结合开展云教学,为人工智能教学的顺利开展创设良好工程环境,提供有力保障。考虑到当前我国中小学的实际情况,建议各地学校或教育部门利用服务采购的方式使用国内头部人工智能企业的实践和创新平台,实现资源的充分共享。此外,在人工智能课程的教学过程中,要将智能应用平台、智能实验室、智能设备等软硬件设备与教学各环节巧妙融合,避免出现技术与教学分割的现象,从而提升学生的智能应用与创造能力。

5. 课时及课时量安排

在人工智能必修课程的学分安排方面,考虑到人工智能的多学科特性,小学基础知识较为薄弱,可设置为1学分,以体验为主;初中建议增加到2学分,增加人工智能核心内容的讲授和实践;高中建议3学分,学生学完必修课程后,可参加高中学业水平合格性考试。

学生在修满人工智能必修学分的基础上,可根据兴趣爱好、学业发展和职业倾向,学习选择性必修和选修课程,发展个性化的人工智能技术能力或达到更高的学业水平。各学校根据学生的实际情况安排学分,原则上不高于必修课学分。

(三) 教学评价建议

教学评价是人工智能课程的重要构成要素,聚焦于学生的智能素养培养及高阶能力发展水平。评价的目的在于检定学生的学习效果,指导教师的教学实践,优化课程的教学设计。通过教学评价诊断、支持和激励学生积极参与人工智能课程学习,发挥评价对学生发展的引导与促进作用。

1. 评价内容丰富化

人工智能课程具有跨学科性和综合性,教学评价的内容应当更加具体丰富。建议根据智能素养水平等级,依据教学实际,制定详细的评价目标与评价内容。评价内容除学生的人工智能知识掌握程度、智能素养水平外,还应包含计算思维、人机协同、共享创新等高阶能力以及智能社会的价值取向。重点考查学生学习过程中知识、能力和素养的变化发展情况,结合当前阶段的发展水平,确定下一阶段的评价目标与评价内容。

2. 评价方式多样化

人工智能课程的五大内容模块各具特点,科学、多元、可持续地使用多样化的评价方式,能够有效反映师生的教学效果;建议改善结果评价,减少使用量化的分数衡量学生的学习表现,多采用质性评价,具体指出学习成果的优缺点并提出个性化的意见和建议;建议强化过程评价,加强课堂观察,分析学生的学习行为,如讨论、展示、操作、协作等,建立学生日志,收集过程性学习数据,实现结果评价、

过程评价和综合评价的有机统一;建议尝试增值评价,使用个人电子学习档案袋,纵向考查学生自身的成长情况,实现学生可持续发展;建议完善综合评价,灵活使用纸笔测试与上机测试,理论考查结合作品实践,实现学生全面发展。

3. 评价主体多元化

人工智能课程的设计与开发囊括了多方力量,在评价阶段同样需要多方主体参与。实现教师、学生、课程设计者、课程管理者、专家学者的多方联动,集合学校、教育行政部门、科技企业三方力量,扩大评价主体的范围。在课堂教学中,可采用小组合作、项目学习等方式组织教学,灵活使用学生自评、生生互评、教师总评。学生不仅是评价的客体,也是评价的主体,激发学生参与教学评价的积极性和主动性,使学生在反思中学习成长。

4. 评价工具科学化

人工智能技术的发展为教学评价走向客观化、科学化和合理化提供便利。建议将智能技术嵌入学生生态,辅助开展教学与评价。合理使用技术工具量化学习过程,结合量化数据对学生的行为做出合理的评价。科学的量表能够验证学生素养发展的水平,建议编制并推广智能素养的评价量表,用于调查学生的智能素养培养水平,提升人工智能课程教学评价的信度和效度。

(四) 资源开发与利用建议

1. 资源开发建议

人工智能课程教学资源主要包括教师教学材料和学生材料、实践课程软硬件环境等。这些资源直接关乎人工智能教学质量,应给予足够重视。在人工智能课程教学资源的建设上,建议不同年级之间有一定的区分度和衔接性。小学课程资源以体验性资源为主,软硬件环境中各模块封装完整,提供有效的输入和展示界面;初中课程资源以可设计资源为主,软硬件环境中开放各模块的接口,提供有效的设计过程;高中课程资源以问题解决式为主,基于已有人工智能开发框架,供学生动手实践。

2. 基础软硬件平台建议

必要的基础设施是人工智能课程实施的物质保障。中小学学校需要根据学生人数及教学需求,设立人工智能实验室,配备数量合理、配置适当的计算机和相应的智能实验设备,提供满足各模块实际教学需要的软件和网络设施。同时,需配备适当的模拟工具和训练平台,保证学习的水平和质量。在条件不足的学校,可借助免费的人工智能平台,为学生提供必要的实验基地,保证教学的顺利开展。

(责任编辑 王 森)

Artificial Intelligence Curriculum Guidelines for Primary and Secondary Schools

Artificial Intelligence Curriculum Guidelines for Primary and Secondary Schools Research Group

Abstract: Artificial intelligence (AI) education in primary and secondary schools has just started in China. Lack of unified curriculum standards, we still face many difficulties in the curriculum nature and objectives, textbooks development, and academic evaluation. To address this issue, East China Normal University and Shanghai Artificial Intelligence Laboratory jointly developed the *Artificial Intelligence Curriculum Guidelines for Primary and Secondary Schools*. The proposed guidelines has six parts including course nature and basic concept, core competency and curriculum objectives, course structure, course content and requirements, academic evaluation standards and implementation suggestions. We aim to construct a scientific and open curriculum guidelines for AI education in primary and secondary schools and simultaneously provide a reference for the construction of an AI education system in China.

Keywords: artificial intelligence; curriculum guidelines; primary and secondary schools