



中小学人工智能课程需要何种智能硬件？ ——现状分析与发展方向

□ 钟柏昌 余峻展 谢作如

[摘要]深度学习代表人工智能技术的最新发展,是中小学人工智能课程的核心内容。人工智能教育硬件是中小学生学习人工智能不可或缺的工具,其发展现状和发展方向理应得到重视。首先,结合人工智能课程的核心内容和人工智能技术的发展趋势,探索了中小学人工智能课程的目标定位。然后,依据教育性、代表性、受众面和面向深度学习等原则确定了智能硬件样本,对智能硬件样本的计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务进行分析发现,中小学人工智能教育硬件存在计算资源整体较低、应用性能重复度高、新手工具相对缺乏和学段分层不够明显等问题。基于此,提出要落实学段课程目标以构建良好硬件生态、提供在线接入服务以弥补计算资源短缺、构建共建共享平台以形成多方协同机制等举措,以期促进我国智能硬件行业和中小学人工智能课程的高质量发展。

[关键词]中小学人工智能课程;深度学习;人工智能教育硬件;现状分析;开发建议

[中图分类号]G420

[文献标识码]A

[文章编号]1672-0008(2024)01-0074-10

[DOI]10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2024.01.009

一、问题:如何走出初创阶段的硬件乱象?

自2017年国务院发布《新一代人工智能发展规划》以来,以课程为载体的中小学人工智能教育已进入快速普及阶段。目前,我国中小学人工智能教育研究主要集中在教育政策、课程标准、教学实施和教材开发上,鲜有关注中小学人工智能教育的教学工具——智能硬件的研究。

算力、算法和数据是人工智能的三大技术基础。人工智能在芯片算力的支持下,利用算法从数据中学习知识,从而达到自动化、智能化解决复杂问题的目标。一般而言,所要解决的问题越复杂,数据的体量越大、非结构化程度越高,算法的复杂程度越高,对芯片算力的要求也越高。可见,芯片是实现人工智能的基础,其计算能力基本决定了人工智能可处理任务的复杂程度。在人工智能应用领域,芯片常被集成在开发板上,用户可以方便地使用开发板连接扩展设备,快速地应用人工智能解决问题。由于开发板

降低了芯片的使用门槛,使其成为中小学人工智能教育硬件(下称“智能硬件”)的常见形态。

人工智能课程是人工智能教育的主阵地。需要说明的是,作为基础教育,中小学人工智能课程与大学人工智能专业课程只关注算法、模型的学习不同,更为关注学生学习兴趣的激发和实践创新能力的培养,强调手脑并用的具身学习,因而通常需要借助智能硬件快速搭建中小型人工智能系统,以便学生能够更直观地理解算力、算法、数据等人工智能基本概念,培养他们利用人工智能解决真实问题的经验和能力,进而体验和感悟人工智能的伦理道德观念。总之,基于智能硬件的人工智能课程既要提升学生的人工智能素养,又要发展学生的创新思维 and 实践能力。在中小学人工智能课程中,本地计算机和智能硬件都是学生学习人工智能的重要工具。作为常规硬件,计算机在中小学校都有配置,本文不做赘述;而智能硬件在中小学的应用处于起步阶段,配置情况较为混乱,存在较为明显的盲目性,在一定程度上制

基金项目:本文系国家社科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”(项目编号:BCA220219)的研究成果。

作者简介:钟柏昌,博士,博士生导师,华南师范大学教育信息技术学院教授(广东广州510631);余峻展(通讯作者),华南师范大学教育信息技术学院在读硕士研究生(广东广州510631);谢作如,浙江省特级教师、正高级教师,温州科技高级中学教师(浙江温州325014)。

引用信息:钟柏昌,余峻展,谢作如,2024.中小学人工智能课程需要何种智能硬件?——现状分析与发展方向[J].远程教育杂志,42(1):74-83.

约了中小学人工智能课程的普及发展(钟柏昌,等,2022),有待进一步梳理和分析。

二、定位:课程的核心内容和学段目标

在分析智能硬件之前,有必要结合人工智能课程的核心内容和人工智能技术的发展趋势,探索中小学人工智能课程的目标定位,以便确立智能硬件的分析框架。

(一)机器学习是人工智能课程的核心内容

中小学人工智能教育究竟应该教什么,这是一个首要问题。为此,我们可以从国内外比较权威的人工智能教育框架中寻找答案。

2022年,联合国教科文组织(UNESCO)出版了《中小学阶段的人工智能课程:对政府认可人工智能课程的调研》报告,使用了三个人工智能课程参考框架(UNESCO,2022),具有较好的代表性。

第一个框架是“人工智能素养:能力和设计的主要考虑因素”,提出了17项能力作为人工智能课程的目标定位(Long,et al.,2020),其主要关键概念包括“智能、表征、决策、机器学习、数据、传感器”。

第二个框架是“从幼儿园到12年级的人工智能教育行动”,认为学生应当理解人工智能的五大概念:(1)感知:计算机通过传感器来感知世界;(2)表示和推理:智能代理通过对现实世界的表示形成推理能力;(3)机器学习:计算机可以从数据中学习;(4)自然交互:让智能代理与人类自然交互是开发者面临的巨大挑战;(5)社会影响:人工智能应用对社会来说可以是积极的也可以是消极的(Touretzky,et al.,2019)。其中,与人工智能直接相关的专业名词包括“传感器、智能代理、机器学习”。

第三个框架是“机器学习教育框架”,详细描述了机器学习教育的学习结果和定义(Lao,2020)。无论从命名还是学习结果来看,该框架都将机器学习教育视为人工智能教育的代名词。

尽管三个框架对人工智能课程的目标和内容的定位不完全相同,但都认为机器学习是当前人工智能课程的重中之重——人工智能课程应该把机器学习的基本概念、步骤和应用伦理作为教学的核心内容,把发展学生的机器学习素养作为教学的核心目标。

就国内而言,2023年初华东师范大学联合上海人工智能实验室编写的《中小学人工智能课程指南》

较具权威性。该指南设置了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大内容主题。其中,人工智能算法与实现部分,明确框定了监督学习、无监督学习和强化学习三类机器学习任务,以及决策树、最近邻、卷积神经网络等代表性的机器学习算法(江波,2023)。

通过分析具有权威性和代表性的课程框架、标准,不难看出,机器学习是中小学人工智能课程的一个核心内容。

(二)有关机器学习的研究已转向深度学习

人工智能的发展经历了三个阶段:第一个阶段是将复杂对象分解为简单的可运算单元,在此基础上加总处理运算结果;第二个阶段是人工神经网络的发展,人工智能被视为一个更具有动态性和适应性的过程(孙烨,等,2023);第三个阶段是计算性能快速发展使深度学习成为可能,物联网、大数据和云计算等新兴技术为人工智能的发展提供了充足的数据支持与算力支撑(徐文伟,等,2022)。在人工智能发展的第二个阶段,人工神经网络在诞生之时便成为机器学习的重要标志,随后呈现出衰退态势。直到人工智能发展到第三个阶段,人工神经网络的规模越来越大,使深度学习呈现出强大的生命力。可见,人工神经网络是机器学习和深度学习之间的联结,机器学习是人工智能的重要分支,深度学习又是机器学习新的发展阶段和重要分支。就当前而言,深度学习是人工智能发展的代表性成果。

关于深度学习的定义众多,但大多数定义都认为深度学习具有两个关键内容:(1)深度学习模型由多个层次或非线性信息处理阶段组成;(2)随着深度学习的推进,计算机从相对简单的概念中构建复杂的概念,以接近人类的水平来理解数据(Deng,et al.,2014;LeCun,et al.,2015)。ChatGPT便是深度学习的杰作。一般而言,深度学习要解决的问题越复杂,深度学习模型就越复杂,对算力、算法和数据的要求也就越高。

由此可见,从人工智能技术的发展趋势上看,深度学习是机器学习乃至人工智能的最新发展阶段;相应的,对于注重机器学习的人工智能课程而言,必然转向深度学习相关的算法与实现,理应将深度学习视作人工智能课程的最为核心的组成部分。

(三)以深度学习为核心的学段课程目标

深度学习有着广泛的应用场景和功能,但并非都适合中小学人工智能课程。为完整地分析智能硬件在中小学人工智能课程中的应用情况,有必要结合中小学人工智能课程内容对深度学习的应用进行分类。为此,我们一共收集了正式出版的中小学人工智能教材 65 本(小学 26 本、初中 21 本、高中 18 本)并开展内容分析,分析结论如下:第一,以深度学习为核心的课程内容可以归类为三类媒体八种关键技术,其中,图像类的关键技术包括图像分类、目标检测和对象分割,音频类的关键技术包括语音识别和语音合成,文本类的关键技术包括机器翻译和文本情感分析;第二,尽管我国并未出台小学阶段的人工智能课程标准,但已出版的小学人工智能教材多达 26 本(不完全统计),反映出在小学阶段开展人工智能课程具有普遍的现实需求;第三,不少教材对人工智能学科体系和学生年龄特征的关注度不够,在课程目标设置、课程内容选择和教学活动设计上相对混乱,不利于学生人工智能素养的渐进式发展,这也是我国中小学人工智能课程仍处于起步阶段的真实写照。

为此,本团队构建了中小学人工智能教育的六层进阶模型,按照学生人工智能素养从低到高的顺序,将学生的表现性行为划分为功能体验、模型理解、模型应用、模型综合、要素重组和算法创新六个级别(钟柏昌,2023)。其中,要素重组和算法创新对学生人工智能素养的要求较高,考虑到我国中小学人工智能教育尚处于起步阶段,且智能硬件偏向于培养学生的创新精神和实践能力,因此,本研究选择功能体验、模型理解、模型应用和模型综合等四个层次(简称“四层进阶模型”)作为当前中小学人工智能课程目标的设置依据。智能硬件的使用要求学生具备一定的信息科技素养,《义务教育课程方案和课程标准(2022 年版)》规定自小学三年级起开设信息科技课程。而作为信息科技课程的一部分,从小学三年级开始实施人工智能课程尤其具备合理性。综上所述,本研究将小学三年级至高中三年级平均划分为三个学段,结合四层进阶模型、义务教育信息科技课程方案和高中信息技术课程方案,提出以深度学习为核心的三学段课程目标(见表 1)。

在学段目标设置和内容设计上,表 1 基本遵循螺旋上升的设计原则,从体验、理解、应用到创新,像

表 1 以深度学习为核心的三学段课程目标

学段	表现性行为	课程目标
小学	功能体验与模型理解	使用图形化工具,在教师的指导下体验生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的过程;通过调用预训练模型或应用程序编程接口,利用智能硬件开发出简单的智能交互系统
初中	模型理解与模型应用	综合使用图形化工具和低代码编程工具,通过自主学习与合作学习等方式,掌握生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的完整过程;在理解算力、数据、算法的基础上训练自定义模型,利用智能硬件开发出能够解决真实问题的智能交互系统
高中	模型应用与模型综合	深入理解算力、数据、算法的复杂关系,综合使用图形化工具和机器学习框架,以非线性方式独立完成生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的过程,最终获得单模态模型或多模态模型;利用智能硬件开发出能够创造性解决真实问题的智能交互系统

剥洋葱一样帮助青少年学生逐步打开深度学习的黑箱,准确把握不同学段的课程目标及其边界。

三、方法:智能硬件的分析指标和分析样本

本研究旨在分析中小学人工智能课程对智能硬件的需求。既然深度学习是人工智能课程最为核心的内容,那么,从能否满足深度学习需要的角度出发分析智能硬件将更具针对性。因此,本研究选择深度学习作为分析智能硬件的参照系。

(一)智能硬件的分析指标

智能硬件的分析指标由课程对智能硬件的需求确定。如前所述,基于智能硬件的人工智能课程既要提升学生的人工智能素养,又要发展学生的创新思维 and 实践能力。作为学生人工智能素养发展的智能硬件,其应该具备一定的计算资源和应用性能,以便学生在生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的过程中逐步理解人工智能的技术基础。作为促进学生创新思维 and 实践能力发展的智能硬件,其应该具备一定的硬件功能和资源服务,以便学生通过自主、合作和探究学习开发出智能交互系统。综上所述,本研究将智能硬件的分析指标确定为计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务,这些指标符合以深度学习为核心的课程需要。

计算资源是指智能硬件中负责深度学习运算的硬件资源。深度学习架构由多层非线性运算单元组

成,本质上是对大量的输入数据进行处理(王金甲,等,2017),随着深度学习的不断发展,数据集的体量和神经网络的规模逐步增大,对计算资源的需求也逐渐提升。智能硬件是一种嵌入式设备,具有成本低廉、集成度高和专用性强的特点,其运算和控制核心是片上系统(System on Chip,SoC),因此,SoC 是计算资源分析的首要指标。随着深度学习对计算资源需求的提高,嵌入式人工智能硬件加速方法(Hardware Acceleration Methods,HAM)的研究成为国际热点研究(Zhang,et al.,2023),HAM 能够为智能硬件提供大量的计算资源,因此,HAM 是计算资源分析的第二个指标。国际权威研究将 HAM 分为三类,其中图形加速器(Graphics Processing Unit,GPU)(Zhang,et al.,2023;Shehzad,et al.,2021;Juilee,et al.,2021)是目前应用最为广泛的 HAM。综上所述,对智能硬件计算资源的分析包括 SoC 和 HAM,计算资源的大小通常使用“每秒万亿次操作(Trillion Operations Per Second,TOPS)”表示。

硬件功能是指智能硬件在图像、音频和文本处理方面的功能。在处理图像和文本方面,智能硬件需要具备图像输入和图像输出功能,以便学生获得图像深度学习和文本深度学习的直观感知。在处理音频方面,智能硬件需要具备音频输入功能和音频输出功能,以便学生获得音频深度学习的直观感知。在使用智能硬件生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的过程中,智能硬件往往需要存储数据集和模型,因此智能硬件还需要具备存储功能。学生在使用智能硬件开发智能交互系统时,智能硬件还需要具备无线通信功能和用户交互功能。其中,无线通信既是中小學生直接调用应用程序编程接口的重要途径,又是满足中小學生开发物联网类智能交互系统需要的功能支撑。用户交互功能是指智能硬件对用户手动实时控制设备的支持,主要包括按键、摇杆、鼠标和键盘。由于智能硬件体积较小,往往只集成部分功能,因此,在中小学人工智能课程中,智能硬件往往还需要搭配扩展设备一起使用,从而发挥出智能硬件的最大效用。综上所述,硬件功能包括存储、无线通信、图像输入、图像输出、音频输入、音频输出和用户交互,按照智能硬件是否需要添加扩展设备以实现相应功能,可以进一步划分为主板功能和扩展功能。

应用性能是指智能硬件在生成数据集、算法编

辑、训练模型和部署模型等方面的能力。生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型是深度学习的四个基本过程,也是学生理解和人工智能三大技术基础的必要学习活动。相对于模型的训练和部署,模型的评估对智能硬件的要求较低,故将评估模型从应用性能的分析中剔除。算法编辑是指在智能硬件上编写或修改算法,是模型的训练和部署的前置工作,故将算法编辑作为应用性能的一个分析指标。此外,由于深度学习应用广泛,难以对智能硬件在每一种关键技术下进行详细测试,故本研究选择六种应用最为广泛的技术应用作为智能硬件的测试任务,分别是手写数字识别、人脸特征检测、人物分割、语音转文字、文字转语音和中英文互译。其中,手写数字识别、人脸特征检测和人物分割是深度学习在图像领域的应用,语音转文字和文字转语音是深度学习在音频领域的应用,中英文互译是深度学习在文本领域的应用。此外,在中小学人工智能课程中,智能硬件往往需要借助计算机来完成生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的部分操作,故按照智能硬件是否需要借助计算机来执行相应操作,可以进一步划分为独立执行和依赖执行两类。

资源服务是指服务于课堂教学的、与智能硬件相配套的软件和平台。由于中小学人工智能课程尚处于起步阶段,教师和学生对人工智能的了解不多,缺乏智能硬件使用经验。因此,为教师和学生提供智能硬件的固件、专用训练平台、集成开发环境、预训练模型、课程资源和在线论坛具有重要作用。固件即智能硬件的系统,支持师生采用直接交互的方式来操纵智能硬件,快速执行深度学习的相关操作。专用训练平台为师生提供了一个模型训练、评估和部署的可视化界面,极大降低了智能硬件的使用门槛。集成开发环境(Integrated Development Environment,IDE)是集成程序编写、编译和调试功能等一体的开发软件,是师生开展代码编程教学不可或缺的工具。预训练模型是迁移学习的一种具体应用,是指面向某种人工智能关键技术、预先训练的一个初始模型,例如 YOLOv5,用户可以使用少量的新的数据集训练该初始模型,经过简单的微调就可以得到目标模型。在严格意义上,迁移学习和深度学习是两个不同的概念,但在人工智能应用领域,深度学习和迁移学习出现相互融合的现象,深度迁移学习逐渐进入人

们的视野(Tan,et al.,2018)。课程资源是与硬件配套的教学资源,包括教案、课件、视频和案例等。在线论坛使师生突破时空限制,能够与其他用户和技术人员进行沟通交流和协作学习。

(二)智能硬件的分析样本

结合智能硬件的分析指标,本研究确定了智能硬件样本选择的四个原则:(1)教育性,一方面,本研究所选的智能硬件是引出芯片引脚、可以通过数据线和计算机通信的开发板;另一方面,本研究所选的智能硬件应该具有配套的课程资源和售后服务,从而能够满足中小学人工智能课程的开设需求。(2)代表性,智能硬件在计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务等方面具有一定特色,能够在一定程度上代表同类智能硬件。(3)受众面广,智能硬件已在部分中小学校或校外培训机构使用,拥有一定的用户量,具备在更大范围上推广使用的能力或潜力。(4)面向深度学习,智能硬件能够独立执行或依赖执行深度学习,至少能够执行手写数字识别、人脸特征检测、人物分割、语音转文字、文字转语音和中英文互译的其中一项任务。换言之,“面向深度学习”原则是指智能硬件能够被用于深度学习的课程中,方便师生使用智能硬件开展关于深度学习的教学。

根据上述原则,本研究共选择了16种智能硬件开展分析,并基本按照参考价格(统计时间为2023年10月15日)从低到高进行排序,分别是掌控板、Maix Bit、光环板、童芯派、Wio Terminal(Wio)、M2 DOCK、Arduino Nano RP2040 Connect(ANRP)、可乐博 AI 模块(C-AI)、爱乐板、Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2(ANBS)、行空板、MAIX-III AXera-Pi(M3 AXPi)、旭日 X3 派(旭日派)、OpenMV4 H7 Plus(OpenMV4)、树莓派 4B(树莓派)、Jetson Nano。

四、结果:智能硬件的现状分析

基于智能硬件的分析指标和分析样本,对16个智能硬件样本的计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务进行具体分析。分析结果旨在展示这些样本在各个维度上的整体特征,以便全面反映当前智能硬件的发展现状。

(一)计算资源的分析结果

表2罗列了16种智能硬件的SoC型号、HAM配置和TOPS大小,其分析结果如下:(1)SoC型号丰富,反映出中小学人工智能课程对智能硬件的需求

量较大,推动了智能硬件的快速发展;(2)HAM处于快速发展阶段,一些智能硬件制造商研发了特有的HAM,如专门用于加速神经网络的神经网络处理器(Neural Processing Unit,NPU)(Jang,et al.,2021)、浮点运算处理器(Floating-Point Unit,FPU)、勘智运算处理器(Kendryte Processing Unit,KPU)和面向智能驾驶的类脑处理器(Brain Processing Unit,BPU);(3)TOPS普遍较低,最大值为5TOPS,这反映出大多数智能硬件比较适合执行轻量级深度学习应用。

表2 智能硬件的SoC、HAM和TOPS

序号	智能硬件	SoC 型号	HAM	TOPS
1	ANRP	RP2040	n/a	/
2	掌控板	ESP32-D0WDQ6	n/a	/
3	光环板	ESP32-WROVER	n/a	/
4	童芯派	ESP32-WROVER-B	n/a	/
5	Maix Bit	K210	FPU、KPU	1
6	C-AI	K210	FPU、KPU	1
7	爱乐板	K210	FPU、KPU	1
8	Wio	ATSAMD51P19	n/a	/
9	M2 DOCK	V831	NPU	0.2
10	OpenMV4	STM32H7	n/a	/
11	ANBS	nRF52840	n/a	/
12	行空板	RK3308	n/a	/
13	M3 AXPi	AX620A	NPU	3.6
14	旭日派	X3M	BPU	5
15	树莓派	BCM2711	n/a	/
16	Jetson Nano	Quad-core Cortex A53	GPU	≈0.5*

注:“HAM”一列填写HAM类型,对官方未公布HAM配置的智能硬件使用“n/a”作为标记,并在“TOPS”一列使用“/”作为标记。Jetson Nano约为0.5TOPS,通过与Jetson Orin Nano比较所得。

(二)硬件功能的分析结果

为区分智能硬件及其集成功能硬件,本部分采用“主板”一词来指代智能硬件,功能硬件则是指集成在智能硬件上的摄像头、麦克风等能够独立发挥功能的硬件。如前所述,硬件功能共分为七类,并根据智能硬件是否需要配合扩展设备,进一步划分为主板功能和扩展功能,故对智能硬件的功能分析一共具有14个子指标。为直观展示16种智能硬件在

14 个功能指标上的表现情况,本研究采用编码表的形式进行呈现。尽管主板功能和扩展功能在功能的定义上是一致的,但智能硬件和扩展设备存在诸多不同,尤其是在课堂情境中,当智能硬件不具备某项功能时才需要接入扩展设备。因此,主板功能的编码规则和扩展功能的编码规则大相径庭。

对于每一项主板功能,编码规则如下:“0”代表既不具备接入扩展设备的硬件接口,也没有集成相应的功能硬件;“1”代表主板具备接入扩展设备的硬件接口;“2”代表主板直接集成相应的功能硬件。每一项编码的数字越大,代表对应的主板功能越强。基于主板功能的编码规则,根据检测结果,16 个样本的主板功能如表 3 所示。

表 3 智能硬件的主板功能

序号	智能硬件	主板功能							合计
		存储	无线通信	图像输入	图像输出	音频输入	音频输出	用户交互	
1	ANRP	0	1	0	0	1	0	0	2
2	掌控板	0	1	0	2	2	2	3	10
3	光环板	0	1	0	0	1	0	0	2
4	童芯派	0	1	0	1	1	2	3	8
5	Maix Bit	1	0	1	0	1	0	0	3
6	C-AI	1	1	0	0	1	0	3	6
7	爱乐板	1	1	2	2	1	2	3	12
8	Wio	1	1	0	3	1	2	3	11
9	M2 DOCK	1	1	1	0	1	1	3	8
10	OpenMV4	1	1	1	0	0	0	0	3
11	ANBS	0	1	0	0	1	0	0	2
12	行空板	2	1	1	3	1	2	4	14
13	M3 AXPi	1	1	1	1	2	1	0	7
14	旭日派	1	1	1	0	0	1	2	6
15	树莓派	1	1	1	0	0	1	2	6
16	Jetson Nano	2	1	1	0	0	1	2	7

对于每一项扩展功能,编码规则如下:“0”代表主板不支持接入扩展设备,或不具备扩展设备软件接口;“1”代表主板可以采用扩展板的形式接入扩展设备;“2”代表主板能够接入专用的扩展设备;“3”代

表主板无需借助扩展板即能够接入通用的扩展设备;“Y”代表主板已经集成相应的功能硬件,无需外接扩展设备。每一项编码的数字越大,代表对应的扩展功能越强。基于扩展功能的编码规则,根据检测结果,16 个样本的扩展功能如表 4 所示。

表 4 智能硬件的扩展功能

序号	智能硬件	扩展功能						
		存储	无线通信	图像输入	图像输出	音频输入	音频输出	用户交互
1	ANRP	0	Y	0	0	Y	0	1
2	掌控板	0	Y	0	Y	Y	Y	Y
3	光环板	0	Y	0	0	Y	0	1
4	童芯派	0	Y	0	Y	Y	Y	Y
5	Maix Bit	Y	0	Y	3	Y	0	1
6	C-AI	Y	Y	2	2	Y	3	Y
7	爱乐板	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	Wio	Y	Y	3	Y	Y	Y	Y
9	M2 DOCK	Y	Y	Y	3	Y	Y	Y
10	OpenMV4	Y	Y	Y	3	0	0	1
11	ANBS	0	Y	0	0	Y	0	1
12	行空板	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	M3 AXPi	Y	Y	Y	Y	Y	Y	3
14	旭日派	Y	Y	Y	3	3	Y	Y
15	树莓派	Y	Y	Y	3	3	Y	Y
16	Jetson Nano	Y	Y	Y	3	3	Y	Y

根据表 3 和表 4,对硬件功能的分析结果如下:
(1)不同智能硬件的主板功能存在显著差异,主板功能的强弱与智能硬件的价格之间不存在相关关系。
(2)从主板功能的类型来看,无线通信几乎是每个智能硬件的必备主板功能,这与当前“人工智能+物联网(Artificial Intelligence and Internet of Things, AIoT)”的发展趋势相匹配;相比其他功能而言,用户交互是多数智能硬件的开发重点,用户交互功能丰富多元。
(3)随着价格的升高,智能硬件的可扩展性也逐渐增强。在接入显示器、鼠标和键盘后,旭日派、树莓派和 Jetson Nano 可以充当微型个人计算机使用,这就为那些将人工智能作为兴趣特长的学生群体提供了深入学习人工智能的机会。

(三)应用性能的分析结果

如前所述,应用性能是指智能硬件在生成数据



集、算法编辑、训练模型和部署模型等四方面的能力，并按照智能硬件是否需要借助计算机来执行相应操作，可以进一步划分为独立执行和依赖执行两种情况。因此，对智能硬件应用性能的分析共包括八个指标。

在 16 种智能硬件上分别执行手写数字识别、人脸特征检测、人物分割、语音转文字、文字转语音和中英文互译等六个深度学习技术应用，统计智能硬件在生成数据集、算法编辑、训练模型和部署模型等方面的能力，得到结果如下：(1)随着价格的升高，智能硬件的应用性能整体呈现上升趋势。应用性能提升主要表现在以下两个方面，一是价格较高的智能硬件能够支持更多类型的技术应用，二是价格较高的智能硬件的独立执行能力更强。(2)智能硬件对不同技术应用的支持程度具有显著差异，支持手写数字识别和语音转文字的智能硬件数量最多，人脸特征检测和文字转语音次之，人物分割和中英文互译最少。按照媒体的类型，计算出支持各类媒体深度学习的智能硬件的平均数量，发现智能硬件对图像的支持程度最高，音频次之，文本最低。综合来看，目前智能硬件主要用于图像深度学习和音频深度学习，图像分类、目标检测和语音转文字是智能硬件深度学习的三大应用。(3)在独立执行能力方面，支持部署模型的智能硬件数量最多，支持训练模型的智能硬件数量最少；在依赖执行能力方面，大多数智能硬件都需要在计算机的支持下生成数据集、算法编辑和训练模型。综合来看，智能硬件对计算机的依赖程度较高。

(四)资源服务的分析结果

通过调研和梳理各个样本配套的资源服务，得到如下分析结果：(1)从资源服务的类型上看，每一种智能硬件都提供了三种或以上的资源服务，提供了四种或以上资源服务的智能硬件超过 85%，体现了资源服务对智能硬件的重要性，资源服务是智能硬件不可或缺的一部分。当然，这与样本选择原则有关。(2)从资源服务的数量上看，配备集成开发环境、预训练模型和在线论坛的智能硬件数量最多，配备固件和专用训练平台的智能硬件数量相对较少。这反映出代码编程工具是智能硬件的主流配置，图形化工具和低代码编程工具相对缺乏。(3)智能硬件样本平均拥有 4 种资源服务类型，平均所配套的资源服务类型占所有资源服务类型的比例低于 70%，资

源服务类型不够多元。

五、讨论：智能硬件的主要问题与发展方向

智能硬件是一种教育技术资源，对课程需求的满足程度是其价值体现。本部分将结合课程目标和智能硬件发展现状，提出当前智能硬件的主要问题和发展方向。

(一)当前智能硬件存在的主要问题

1.计算资源整体较低，模型规模明显受限

智能硬件样本的计算资源最高为 5TOPS，大多数只能用于部署轻量级深度学习模型，而训练模型主要依靠计算机的算力完成，由此容易造成两个方面的消极影响。首先，深度学习模型大小和问题情境复杂程度之间存在正相关关系，轻量级深度学习模型往往仅适用于简单的问题情境，这就意味着大多数智能硬件难以满足高年级人工智能课程的开展需要。其次，由于大多数智能硬件并不能独立执行训练模型的操作，计算机仍然是中小学人工智能课程不可或缺的基础设施。因此，对于预算有限的学校而言，学生可能没有使用智能硬件的机会，创新思维和实践能力难以得到充分发展。

2.应用性能重复度高，文本应用缺乏重视

分析结果显示，智能硬件样本主要面向图像类和音频类深度学习，且大多集中于处理图像分类、目标检测和语音转文字上，反映出当前智能硬件在应用性能上存在两个显著问题。一是重复建设现象凸显，不同智能硬件没有形成良好合力，不利于开发螺旋上升式的课程。二是对文本类深度学习应用不够重视，不符合人工智能的最新发展趋势。当前，以 ChatGPT 为代表的自然语言处理大模型正在引起包括人工智能学科本身在内的众多学科的变革。可以预见的是，文本类深度学习应用将会成为中小学人工智能课程的重要内容，智能硬件的开发理应重视对文本类深度学习应用的支持。

3.资源服务类型单一，新手工具相对缺乏

智能硬件样本普遍提供了代码编程工具，但较少提供图形化工具和低代码编程工具。对小学生和初学者而言，图形化工具和低代码编程工具可以让学生减少理解和编写代码的时间，而可以将更多的时间精力投入到生成数据集、训练模型、评估模型和部署模型的学习活动中。当前，图形化工具和低代码编程工具相对缺乏，不利于小学生接受人工智能启

蒙教育,也不利于中小学人工智能课程在我国欠发达地区的推广。

4. 硬件生态系统性差,学段分层不够明显

硬件生态是指由智能硬件的价格、计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务共同构成的有机系统。从单个智能硬件来看,大多数智能硬件的价格、计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务之间的关系并不明确,说明智能硬件生态缺乏顶层设计,没有考虑各个学段课程的实际需要,难以充分发挥智能硬件的教育功效和潜力。从多个智能硬件来看,不同智能硬件之间的互补性差,根据学段课程目标,在开展某个学段课程的过程中,可能需要交叉使用不同智能硬件,既增加了学生学习人工智能的认知负荷,也增加了学校的采购负担。

(二) 智能硬件的发展方向

1. 落实学段课程目标,构建良好硬件生态

落实学段课程目标、明确智能硬件的主要使用对象,是构建良好硬件生态的核心。因此,智能硬件的计算资源、硬件功能、应用性能和资源服务都应围绕各个学段的课程目标进行设计。

在小学阶段,学生以体验人工智能技术为主,并直接通过调用预训练模型或应用程序编程接口的方式,利用智能硬件搭建简单的智能交互系统。因此,面向小学阶段的智能硬件无需具备过高的计算资源,不要求智能硬件具有 HAM。为激发和保持小学生对人工智能的学习兴趣,智能硬件的主板功能应相对完善,避免让学生接入过多的扩展设备,降低学生的使用难度并减轻教师的授课压力。由于小学生对声像比较敏感,难以理解文本类深度学习应用,因此智能硬件只需要能够运行图像类和音频类的深度学习典型应用即可。固件和专用训练平台提供了图形化界面,是小学生使用智能硬件的必备资源。

在中学阶段,学生能够初步理解算力、数据和算法的概念,通过智能硬件开发面向真实问题解决的智能交互系统。因此,面向中学阶段的智能硬件应该具备一定的计算资源,以便学生在实践活动中切实感悟算力、数据和算法之间的关系。由于初中人工智能课程具有强烈的情境性,学生的个性化发展需求较强,智能硬件的主板功能可以相对简单,但需要提供丰富的扩展接口,以方便接入各种扩展设备。此外,初中生的文字语言能力发展相对成熟,智能硬件

应能够运行图像、音频和文本三种媒体的深度学习应用。低代码编程工具既能减轻初中生阅读和编辑代码的压力,又有利于他们理解数据集、神经网络和深度学习模型等概念,因此,集成开发环境和预训练模型是初中生使用智能硬件的必备资源。

在高中阶段,学生能够深入理解算力、数据、算法之间的复杂关系,培养学生创造性解决问题的能力是人工智能课程的一个重要目标。因此,面向高中阶段的智能硬件应该具有较高的计算资源,并且配备 HAM 以支持多模态模型的部署需要。由于高中生需要使用智能硬件解决更加接近真实情境的问题,通常需要性能较好的传感器和执行器的支持,因此,与初中阶段类似,面向高中课程的智能硬件的主板功能可以相对简单,但需要提供丰富的扩展接口,以方便接入各种扩展设备。机器学习框架是高中生深入理解深度学习技术的核心工具,通常需要配合集成开发环境和预训练模型使用,因此,集成开发环境和预训练模型同样是高中生使用智能硬件的必备资源。鉴于高中生主要通过自主探究与合作研究等方式创造性地解决真实问题,课程资源和在线论坛同样不可或缺。

2. 提供在线接入服务,弥补计算资源短缺

如前所述,智能硬件样本的计算资源最高为 5TOPS,大多数只能用于部署轻量级深度学习模型。受限于我国芯片行业相对落后的发展现状,智能硬件在短期内实现计算资源高速发展的可能性相对较低。不过,这并不意味着智能硬件无法运行中大型深度学习模型。

硬件性能的分析结果显示,共有 15 种智能硬件具备无线通信主板功能,大多数智能硬件都具备和云服务器通信的能力。在深度学习模型的训练和部署方面,云服务器可提供的计算资源是智能硬件的数倍到数百倍。因此,中大型深度学习模型的训练和部署可以交由云服务器完成,最终以 API 的形式为智能硬件提供接入服务,使低配置的智能硬件能够完成高要求的深度学习任务。换言之,将深度学习 API 接入服务纳入智能硬件的开发体系,是弥补计算资源短缺的一种有效途径。对于校园网络状况良好的学校,使用深度学习 API 接入服务是降低智能硬件采购成本的可选方式。

3. 搭建共建共享平台,形成多方协同机制

在问题讨论部分,本研究发现当前智能硬件存



在应用性能重复度高、资源服务类型单一和学段分层不够明显的问题。其根本原因在于教育行政单位与学校之间、企业和企业之间、学校和企业之间缺乏沟通,智能硬件供需双方没有交流的渠道。

在中小学人工智能课程建设的起步阶段,省市级教育行政单位可以搭建智能硬件共建共享平台,在不同企业之间形成良好的竞争与合作关系。例如,在教育行政单位的统筹下,不同企业可以根据自身优势,开发具有功能差异、接口统一的扩展设备,从而满足各个学段课程的开展需要;不同企业还可以在资源服务供应方面形成互补,搭建集硬件、软件和课程的一体化共建共享平台。

教育行政单位、学校和企业之间要形成多方协同机制,使智能硬件供需双方参与到智能硬件生态系统的建设中。教育行政单位要对下属学校整体情况进行调研,制定本地区人工智能课程对智能硬件的需求,为企业设计智能硬件提供指向。学校要结合学校情况和教师水平,对企业所提供的资源服务进行校本化改造,充分发挥智能硬件的教育潜能。

六、研究不足与展望

(一)研究不足

本研究主要存在如下不足:

其一,本研究从我国中小学人工智能课程的建设现状出发,提出智能硬件四个分析指标,以期比较全面地反映基于课程视角的智能硬件发展现状。然而,从课程的角度对智能硬件进行分析是一项全新的研究,研究团队经验有限,分析维度的确立和研究方法的选择可能无法完全反映出智能硬件在实际课程中的表现。本研究提供了一种相对新颖的研究思路,希望能够为企业开发、学校选择和师生使用智能硬件提供参考,同时为类似研究起到抛砖引玉的作用。

其二,由于研究经费和购买渠道的限制,在确定智能硬件样本时,着重考虑我国中小学校的实际情况,尽管本研究也选择了 ANRP、ANBS、树莓派和 Jetson Nano 等国外常用智能硬件,但国外智能硬件的样本仍然有限,不能反映世界各国智能硬件的完整情况。此外,同一系列的智能硬件存在多种不同配置,如 OpenMV、树莓派、旭日派和 Jetson 等硬件的配置不尽相同,本研究并未对同系列不同配置的智

能硬件之间进行分析比较,而是选择受众面相对较广的一种配置作为同一系列的代表。再者,智能硬件的发展速度较快,尽管本研究提供了分析智能硬件的框架和结论,但并不能静态看待智能硬件的发展水平。因此,本研究的结论可能仅适用于特定型号的智能硬件。

其三,本研究对智能硬件的分析主要关注技术维度,未作智能硬件实际应用情况的调查,因此未能全面反映硬件的市场占有率、用户满意度和可能的教学应用困境等问题。

(二)研究展望

在中小学人工智能课程中,智能硬件是学生学习人工智能技术的重要工具。除智能硬件外,人工智能教育软件同样是影响课程开发和实施的重要工具,因此,从课程的角度对人工智能教育软件进行研究同样重要。在研究过程中发现,对于资源服务,应用于不同智能硬件的集成开发环境、固件和专用训练平台存在明显的差异。从人工智能教育软件的维度看,集成开发环境、固件和专用训练平台是人工智能教育软件的三个类别,这就意味着对人工智能教育软件的研究可以参考硬件研究的过程和方法。研究团队后续将对人工智能教育软件进行研究,探索人工智能教育软件分类、特点和应用。此外,后续还可以从实际教学实践维度,采集各类具有代表性的硬件的使用情况、师生体验、实际需求与应用障碍等数据,全面评估智能硬件的发展状况。

此外,正如表 2 所示,鉴于大部分智能硬件的算力资源有限,要开展中大型深度学习模型的训练和部署,除了利用云服务器外,未来开展大规模常态化人工智能课程教学,离不开学校本地服务器的算力资源,而这种算力资源要同时满足几十上百个模型的同步训练,又离不开算力资源的合理分割。从这个意义上说,如同创客教育离不开可切割结构件的激光切割机一样,人工智能教育也离不开可以切分算力(算力虚拟化)的服务器。目前,业内已经出现了具有算力虚拟化功能的开源服务器解决方案,其未来应用值得期待。

[参考文献]

- 江波,2023.中小学人工智能课程指南[J].华东师范大学学报(教育科学版)(3):121-134.
- 孙烨,董春雨,2023.复杂性视阈下的当代人工智能发展——以

- 深度学习为例[J].系统科学学报(4):13-22.
- 王金甲,陈浩,刘青玉,2017.大数据下的深度学习研究[J].高技术通讯(1):27-37.
- 徐文伟,肖立志,刘合,2022.我国企业人工智能应用现状与挑战[J].中国工程科学(6):173-183.
- 钟柏昌,余峻展,2022.新时代我国中小学人工智能教育的体系化建设[J].岭南师范学院学报(6):1-6+22.
- 钟柏昌,2023.如何通达新一代人工智能教育的核心[J].中小学数字化教学(11):1.
- DENG L, YU D, 2014. Deep learning: Methods and applications[J]. Foundations and Trends® in Signal Processing, 7(3-4): 197-387.
- JANG J W, LEE S, KIM D, et al., 2021. Sparsity-aware and re-configurable NPU architecture for Samsung flagship mobile SoC[C]//2021 ACM/IEEE 48th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA):15-28.
- JUILEE SAMIR KOTNIS, NIBHA DESAI, 2021. Artificial intelligence chips: A promising future of semiconductor industry[J]. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 10(10).
- LAO N, 2020. Reorienting machine learning education towards tinkerers and ML-engaged citizens [D]. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology.
- LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G, 2015. Deep learning[J].Nature, 521(7553): 436-444.
- LONG D, MAGERKO B, 2020. What is AI literacy? Competencies and design considerations[C]//Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems: 1-16.
- SHEHZAD F, RASHID M, SINKY M H, et al., 2021. A scalable system-on-chip acceleration for deep neural networks[J]. IEEE Access, 9: 95412-95426.
- TAN C, SUN F, KONG T, et al., 2018. A survey on deep transfer learning [C]//Proceedings Part III 27 of Artificial Neural Networks and Machine Learning-ICANN 2018: 27th International Conference on Artificial Neural Networks, Rhodes, Greece. Springer International Publishing:270-279.
- TOURETZKY D, GARDNER-MCCUNE C, MARTIN F, et al., 2019. Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI?[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(1): 9795-9799.
- UNESCO, 2022. K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula[R/OL].[2022-02-23].https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_chi.
- ZHANG Z-Y, LI J-P, 2023. A review of artificial intelligence in embedded systems[J]. Micromachines, 14(5): 897.

收稿日期:2023年9月6日

责任编辑:吕东东

What Kind of Artificial Intelligent Education Hardware is Needed for K-12 AI Curriculum?: The Current Situation Analysis and Suggestions for Development

Zhong Baichang¹, Yu Junzhan¹[Corresponding Author] & Xie Zuoru²

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

2. Wenzhou High School of Science & Technology, Wenzhou Zhejiang 325014)

[Abstract] Deep learning represents the latest development in artificial intelligence (AI) and is the core content of the K-12 artificial intelligence curriculum. Artificial intelligence education hardware (AIEH) is an indispensable tool for K-12 students to learn AI, and its current development status and construction direction deserve attention. Firstly, the study combined the core content of the AI curriculum and the development trends of AI technology to explore the objective positioning of the K-12 AI curriculum. Secondly, the study selected a batch of AIEH as research samples from the dimensions of education, representativeness, wide audience, and deep learning orientation, then analyzed their computational resources, hardware functionality, application performance, and resource services. The results show that there are four problems of AIEH, such as low computational resources, high redundancy in application performance, lack of tools for beginners and insufficient differentiation across educational stages. Based on these findings, the study suggests implementing stage-specific course objectives to build a robust hardware ecosystem, providing online access services to address computational resource deficiencies, constructing a collaborative shared platform, and establishing multi-party cooperative mechanisms. These measures will promote the high-quality development of the intelligent hardware industry and K-12 artificial intelligence curriculum in our country.

[Keywords] Artificial Intelligence Curriculum; Deep Learning; Artificial Intelligence Education Hardware; Situation Analysis; Development Suggestions