

[编者按] 大量事实显示,人类即将步入崭新的人工智能时代。那么,在这一新的时代,教育将如何变革?教育要不要变革?会出现什么变革?教育如何迎接人工智能的来临?如何在教育教学实践中应用这一新兴技术?这些都是值得深入思考的重大理论和实践课题。本刊本期先行刊发了刘凯和余胜泉两篇文章。华中师范大学博士后刘凯一文指出,在人工智能时代,教育学的研究对象将超越了人,把机器的教育和学习也囊括在内,由此教育学需要革新。北京师范大学余胜泉教授一文认为,人工智能教师将承担种种新的角色。这些研究都是崭新的、前沿的,也是探索性、尝试性的,也许还存在这样或那样的缺憾,但无疑展示了学人们为推进人工智能在教育中的成功应用做出了种种努力。本刊还将继续刊登相关稿件,就这一论题持续展开深入研讨和争鸣,籍此诚挚邀请教育界内外更多的专家学者踊跃参与。

# 机器也需教育? 论通用人工智能与教育学的革新

刘凯<sup>1,2</sup> 胡祥恩<sup>1,2</sup> 王培<sup>3</sup>

(1. 华中师范大学心理学院,湖北武汉 430079; 2. 孟菲斯大学智能研究院,田纳西州孟菲斯 38152,美国; 3. 天普大学计算机与信息科学系,宾夕法尼亚州费城 19122,美国)

[摘要] 历史悠久且底蕴深厚的教育学如今却处于被边缘化的尴尬境地,通用人工智能的兴起为教育学复兴带来契机。总体而言,人工智能分为专用(弱)人工智能和通用(强)人工智能两大分支,二者技术路线完全不同。专用人工智能侧重对“智能”行为外在的模拟,通用人工智能则致力实现机器内在的思维和情感,认为智能是一个系统在知识和资源相对不足情况下的适应能力,强调自身经验对个体塑造的决定性作用。在教育领域中,通用人工智能不仅破除了羁绊专用人工智能的技术崇拜与人文关怀迷失两大问题,更表现了与人类教育活动极相似的特征:首先是“教”,人类学习理论对通用人工智能系统的学习过程同样有效;其次是“育”,通用人工智能系统在学习时也同样需要借助经验积累来实现育化的效果。因此,在通用人工智能的启迪下,教育学将打破“人”的先天束缚,在人类教育理论与实践的基础上吸纳和统合机器教育,在更宽广的“人-机”二元主体视角下探究教育与学习的一般性规律,向“大学科”和“大科学”的方向迈进。

[关键词] 通用人工智能;AGI;教育;教育学;变革;机器教育

[中图分类号] G434 [文献标识码] A [文章编号] 1007-2179(2018)01-0010-06

## 一、引言

教育与人类历史一样悠长,这门亘古就有的学问如今面临“空心化”和“被占领”的尴尬(陈桂生,

2009)。学科自信源于理论自信。与物理、化学、医学等自然科学乃至经济学、法学、管理学等社会科学相比,教育研究知识结构破碎,缺乏专属话语系统,立场不明确且研究质量不高(刘燕楠,2016)。于

[收稿日期] 2017-12-08

[修回日期] 2017-12-20

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfj-yyj.2018.01.002

[基金项目] 国家863计划基金项目“基于行为心理动力学模型的群体行为分析与事件态势感知技术”(2014AA015103);中国博士后资助项目“基于角色冲突的虚拟小组讨论构建原则及教学效果研究”(2016M590702)。

[作者简介] 刘凯,副教授,硕士生导师,华中师范大学心理学院、孟菲斯大学智能研究院,研究方向:机器教育、通用人工智能(ccnulk@mail.cnu.edu.cn);胡祥恩,博士生导师,华中师范大学心理学院、孟菲斯大学智能研究院,研究方向:教育数据挖掘、智能教学系统(xhu@memphis.edu);王培(通讯作者),教授,博士生导师,美国天普大学计算机与信息科学系,世界通用人工智能学会副主席,通用人工智能系统NARS创始人,研究方向:通用人工智能(pei.wang@temple.edu)。

是,为了向自然科学及社会科学靠拢,教育学开始引入科学的范式与研究方法,建构学科术语和概念。但事与愿违,教育学科地位非但没有得到学术共同体的认可,连合法性也深受质疑(毛金德,2016),面临“衰退乃至解体的危险”(沃尔夫冈·布列钦卡,2006)。

教育学的科学化及其学科存续的现实威胁,直接来自于学术边界的模糊化。长久以来,教育学研究者被“学校”这一时空框架(项贤明,2017)及人类学习者(Bieger et al.,2017)所束缚,不仅将教育学与学校教育等同起来,同时也将教育对象与人等同起来。教育学走在充满荆棘的道路上顾盼新契机,计算机科学技术每每扮演了关键角色:千禧年后,网络技术打破“学校”的围墙,将教育学从物理空间的束缚中解脱出来,实现了教育的网络化飞跃。大数据和虚拟现实技术的发展,又将这种解脱推向极致,推进了教育的个性化和虚拟化。遗憾的是,这些技术不仅没能让教育学从迷失中找到自身定位,反而令其支离破碎之势更甚。究其原因,在人类中心主义价值观的绑架下,教育学被牢牢扣锁在“人”的囚笼内,教育广袤的覆盖范围与狭窄的人类教育实践之间构成了深刻的矛盾。

人工智能时代的到来,特别是随着通用人工智能技术的崛起,教育学正从“人”的牢笼中解放出来。在通用人工智能的影响下,教育学将迎来真正属于自己的“春天”:人们对教育本质的追寻和审视将跃升至更高层次,从而在更抽象的视角下探究和揭示教育和学习的一般规律。

## 二、从专用人工智能到通用人工智能

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI),最初旨在表达“利用电子计算机模拟人类智力能力”,然而其字面含义远大于实际所指的情况(钟义信,2014),不可避免地产生许多问题(毛航天,2016)。“强”与“弱”两种不同的内涵分化便是其中之一,并对应着人工智能发展历程中两条不同的技术研究路线。“弱人工智能”侧重于智能的用途,以计算为核心,借助算法“智能”地解决现实问题。因而,此类智能具有相对性,表现为这种“智能”一旦为人们所习以为常,那么它看上去便不再那么智能;“强人工智能”关注智能的本质,致力于对思维机器的理论

建构及实现,其智能具有绝对性。依照通常用法,弱人工智能也被称为专用人工智能(Special-purpose AI或Narrow AI),强人工智能则被称为通用人工智能(Artificial General Intelligence,简称AGI)。

当前人工智能内涵理解的混乱现状,源于人们对智能本质理解的差异。我们认为,“智能”不是解决具体问题的能力,而是习得这些能力的元能力,即是否智能不在于能做什么,而在于在何种条件下做到。进而提出,“智能”本质上是一个系统在知识和资源相对不足情况下的适应能力(Hammer et al.,2016)。这种“相对不足”表现在三个方面:1)有限性。智能系统只能依赖于有限的信息加工资源,比如处理器数目和速度以及存储空间容量。对于智能机器人而言,有限性也包括能量储备和直接感知运动能力;2)实时性。智能系统必须实时工作,新任务可能在任意时刻到来且有时限要求,因此多个任务会竞相争夺系统资源;3)开放性。智能系统必须对未来经验持开放态度,新知识可能和已有知识相冲突,新问题也亦可超出系统的知识范围,但均不应导致系统瘫痪。

为了实现上述要求,非公理化推演系统(Non-Axiomatic Reasoning System,简称NARS)工程采用了与专用人工智能完全不同的技术路线。总体而言,NARS基于推理系统框架,包括逻辑和控制两个部分(Wang, Li, et al.,2017)。与数理逻辑致力于刻画从公理推出定理的证明过程不同,NARS的逻辑采用更接近人类思维特点的“非公理化逻辑”(Non-Axiomatic Logic),基本功能是根据系统经验确定概念的意义和陈述的真值。控制部分则负责有效分配系统资源,在大量推理任务竞争有限资源的情况下,系统的时间和空间均按竞争者(概念、任务、知识等)的优先程度进行调节,同时综合竞争者自身特征、系统对其以往效用的评价、与当前系统目标相关性等因素。

有趣的是,智能并非全知全能,智能系统必然会犯错。NARS需要通过大量学习达到某个领域内的实用水平,甚至在达到这一水平后学习也不会停止,在环境不断变化的情况下更是如此。这种学习不仅限于知识的积累,也包括技能的习得和动机的演化。尽管NARS的初始动机由外界(设计者或用户)设定,但系统会从中生成派生动机,并自行维护整个动

机体系的协调性和有效性。

## 二、从专用人工智能的机器学习 到通用人工智能的机器教育

表面上看,人工智能似乎和教育学相距甚远,实则不然。不论专用人工智能还是通用人工智能都与教育学关系密切。尽管相关研究极为匮乏,但机器学习和机器教育的分化却逐渐明晰。

机器学习(Machine Learning, 简称 ML)是当代专用人工智能的技术核心,聚焦于从数据中发现规律的算法,将学习定义为训练经验对任务执行时性能改善的度量(Jordan et al., 2015)。机器学习最初仅是计算机科学的子领域,但随着统计学习带动下人工智能的兴盛,机器学习已成为具有严谨体系和理论基础的学科。机器学习除了以回归、决策树、SVM、贝叶斯等算法为主的经典符号主义外,还有以深度学习和强化学习为核心算法的连结主义和行为主义两个分支(冯锐等, 2010)。尽管机器学习应用甚广,深度学习和强化学习更是成效斐然,但此类“学习”仍过于狭窄:本质乃是空间搜索及函数泛化,实则将学习过程等同于计算过程,仅仅是在预设算法基础上输入输出的重新投射,并无多少智能可言(Fabio Ciucci, 2017)。

比机器学习更进一步的是,通用人工智能面向机器教育(Machine Education, 简称 ME)问题。以NARS系统为例,相同的教学内容(待输入知识集),一次性“填鸭”灌输与分批渐次录入相比,其学习效果完全不同,后者更胜一筹;分批渐次录入与录入过程中适时向NARS发问相比又有很大差异,后者效果最为理想。对于不同的教学内容,知识组织方式对学习影响甚大,学习材料由浅至深比由深至浅效果好,知识的模块化输入又比分散输入效果好。由此可见,通用人工智能系统的学习理论,不仅涉及教学内容,同样涉及教学方式和方法。因此,其已冲破“机器学习”算法的藩篱,跨入更为广袤的“机器教育”层次之中。

上述“教”的问题,同时存在于专用人工智能及通用人工智能领域之中。不过,教育不仅仅只是“教”。真正的教育,既要“教”又要“育”。对专用人工智能而言,其算法具有专用性,特定问题的解决有赖于特定算法及相应参数。一旦训练完毕,输入

输出之间的对应关系便确定下来,计算时不会发生改变。专用人工智能的特点是“算法即教法”,因此有“教”而无“育”。通用人工智能却“教”与“育”都兼顾。通用人工智能之所以冠以“通用”二字,就是因为其不预设解决具体问题的任何算法。从最初一无所知的机器婴儿到具备外部世界的基本常识,从简单的人机对话到掌握一定的实用技能,从被动接受外部信息到按自身兴趣“量体而寻”,每个成型的通用人工智能系统皆是培育出来的,整个过程和人类培养后代一样,只是速度和效率不同而已。不过,正所谓“近朱者赤近墨者黑”,通用人工智能系统的教育经历对其道德判断和最终行为具有决定性影响。在其成长之路上,“好人”能够培育出“好的”系统,“坏人”能培育出“坏的”系统。由此可见,“教”和“育”二者皆不可偏废。

## 三、从专用人工智能的教育迷失 到通用人工智能的教育回归

教育学特别是教育技术学,在以“大数据”为标志性特征的专用人工智能技术影响下受益匪浅,在理论和实践层面上都取得了显著进步,却存在着两方面的迷失:

首先,技术上的迷失,即技术崇拜,认为“大数据”及其分析技术可以从根本上解决适应性教学、教育规律发现和精准教育管理支持等问题(孙洪涛等, 2016)。事实上,“大数据”技术体系存在理论和实践的双重短板:在理论上,“大数据”技术的理论支撑是概率论,对认识教育规律和教育管理等中观、宏观问题确实有效,但对个性化的适应性教学却帮助不大。究其原因,概率统计过程对样本均值非常敏感,计算过程就是一个离散的平滑过程,所得结论反映的总体特征实际上是通过个案特征剪枝而来,由此导致总体结论无法有效反向还原至个体的具体特征,而个性化教育恰恰需要对个体特征的发现和关注,这也正是“大数据”局限性之所在;在实践中,“大数据”并不等同于“大的”数据,数据质量和代表性而非数量才是数据采集的首要标准。我国教育机构尽管在数据采集上实现全样本并不困难,但教育问题的研究除了获取个体人口统计学变量、学业、学习行为外,还有学习者内心、同伴、家庭及社会等诸因素。事实上,后者

对人的塑造作用不可小觑,而这些因素却根本无法穷举。也就是说,姑且不论可能涉及的道德和法律问题,全样本即使做到了研究对象全覆盖,但个体统计特征的提取依旧无法涵盖所有方面,教育实践中真正的“大数据”其实难以做到。

其次,人文关怀的迷失,即教育者逐渐疏离学习者。先进的技术既能够提升学习者的学习效率,也可以为教师自动布置练习、批改作业乃至代授部分课程内容。这种看似双赢的“智能”实际上存在着巨大的人文隐患。教师、家长的教育实际参与程度和参与时间会变得越来越少,因为他们相信“大数据”和其它信息技术比自己更了解学习者,能更及时地介入并有效干预,教育方法也更有针对性,教育策略也更科学合理。在这一认识引导下,教育者的教育责任和教育行为会在新系统、新工具和新装备的引入中逐渐被侵蚀。然而,教育不等于分数,教育育人的价值导向在二十一世纪面临严峻的挑战。

与专用人工智能的两个迷失相反,通用人工智能迎来两个回归。一方面,通用人工智能类似人脑,可以有效利用小数据,且结果总是可分析、可解释和有意义的,这是经验导向的技术回归;另一方面,通用人工智能本身的教育特点,令人文关怀得以保持和传承,其强调教育过程中教育者和学习者双向交互和建构的重要性,彰显了人文精神的回归。伴随强人工智能的出现,智能系统的教育问题也成为其功能研发的现实过程(Wang, 2016)。通用人工智能的教育包含“教学”与“育化”两方面,前者指通用人工智能系统的机器教育该如何实行,即“教材”和“教法”;后者是如何培养及规范“机器学生”的品行而与人向善,即教学过程中的“德育”。

对于“教材”和“教法”,机器教育可以参照人类的教育过程。以 NARS 为例,在最初的系统测试和运行中,我们一开始沿用机器学习“灌数据”套路,经无数次失败和调优后惊奇地发现,所有提升 NARS 学习效果的做法其实同样适用于人类。这意味着一定存在比当下内涵更大也更为一般和普适的教育范畴,这为教育研究工作者开启了一扇通向新知的大门。直至今日,NARS 系统习得“新知”、获取“信念”、通过操作掌握“技能”中,“由浅入深”及“适时适度”的人类教学原则仍被恪守。然而,须说明的是,与人类相仿,“知道”并不意味着“懂得”。

通用人工智能系统不仅可以为自己设定目标,其背后所依据的信念也可以发生变化。简单地输入并赋予高信度的“爱护人类”“维护地球和平”等知识尽管简单易行,但这种缺乏理解的知晓也只是教条而已,实效欠佳。德行不是说教而是通过经验积累和塑造的,“育”乃是一个人类和通用人工智能系统共同存在的操作性难题。

#### 四、通用人工智能引发教育学革新与飞跃

实际上,专用人工智能和通用人工智能的学习活动,以及通用人工智能所独有的教育活动,已经突破“人类教育”的局限。“机器教育”所凸显的一系列崭新问题,在极大拓宽教育学学科边界的同时也深化了其内涵和外延,令人们对教育的审视跃升至新的层面,在更广阔的视角下审视教育的根本问题。通用人工智能在微观与宏观两个层面上对教育学产生深远影响,引发传统教育学的革新与飞跃。

从微观层面看,教育学的革新在于学科内部的充实与重构。首先,教育的主客体将发生重大变化,智能系统(为便于阐释,本节将其简称机器)的引入使教育者和学习者从单一的人类延伸至机器,教育的主客体成为了“人一机”的二元构成。其次,教育学的研究对象也将发生重大改变,即研究对象为智能主体(人和机器)的教育活动及规律。继而,教育学的研究目标也将更为明晰。由于教育行为不只为人类所专属,因此其目标事实上是探究教育和学习最为一般的规律。最后,教育学的基本理论亦需要重构,在学理层面上吸纳并统合人类学习理论和机器学习理论,在实践层面上则要建立“人教人、人教机器、机器教人、机器教机器”等不同教学情境的适应性教育实践理论(刘凯,2017)。举例来说,新一代 AlphaZero 仅用不到一天的时间练习(自我对弈),便接连击败了国际象棋、围棋和将棋<sup>①</sup>三个世界冠军级的程序(Silver et al., 2017)。从依仗人类知识成长的 AlphaGo 到完全“白手起家”自学成才的 AlphaZero,为何对人类精华知识的学习反而阻碍了机器对知识的掌握和运用?其中影射出一个客观存在却尚未得到足够关注的事实:机器自身确实具有独特的学习能力,不能完全照搬照抄人类的学习经验。反过来,人类又如何才能解读、理解并向机器学习技艺呢?前者是人教机器,后者

为机器教人, 这些皆为未来必须面对和解决的教育新课题。

从宏观层面看, 教育学的飞跃来自对学科的新认知及学科自信的提升。教育能够、应该、也必然成为一门科学。从学科内涵统辖性和外延扩展性上看, 并非所有学科都拥有同样的竞争力。从目前来看, 真正能够成为“大科学”的只有生命科学、智能科学和教育科学三者。如果生命被看成是一种生存能力, 那么不仅人类、动植物和微生物拥有生命, 计算机病毒也具有这种能力。智能是一种智慧的适应能力, 并非人类独有, 通用人工智能系统同样拥有智能。尽管能力的体现需要依靠具身载体, 但生命和智能本质却是抽象的。与此类似, 教育的本质也是一种能力。生命和智能反映的是个体能力, 教育反映的是联结个体的整体能力, 这种能力最为强悍, 若没有教育也就没有生命的演替和智能的演进。事实上, 教育学才是社会科学中最广博、最深刻和影响最深远的学科。从学科发展历程看, 生命科学已然成熟, 智能科学方兴未艾, 教育科学却是尚待开垦的一片沃土。许多看似泾渭分明的学科界限可能会因教育科学的出现而打破, 比如精神病学和宗教学: 在精神病学中, 抑郁症、精神分裂等重性精神疾病的病因迄今不明, 如果从教育科学视角出发, 便可以将精神障碍的发病过程视为病患与自我和社会的教育过程, 其治疗过程本质也是一种再教育过程, 可以使用通用人工智能系统模拟病患精神异常的动态发展过程, 从而极大地提高诊断和治疗的效率; 在宗教学中, 作为分析精神世界的实证工具, 通用人工智能系统甚至能够直接展示特定主体在没有充分证据佐证的条件下, 因心理动力将某个信念升级为信仰的内在教化过程。更进一步来说, 不同宗教教义有着怎样不同的教化诉求和路径, 外来宗教对(本国或本地区)已有宗教有何种影响, 能否及如何在个体层面上借助教育树立或改变人的信仰, 这些传统难题都可以在教育科学的框架内加以定量探究。

## 五、结 语

与主流的专用人工智能不同的是, 通用人工智能的理性只能是一种“相对理性”, 系统中所有来自过去经验的知识都可能被未来经验挑战, 问题解决时没有时间充分顾及所有相关知识, 也无法保证有

效结论的绝对性。因此, 机器教育已不再是个遥不可及的问题。从一般意义上讲, 智能系统的能力应该来自经验, 而教育正是通过控制系统经验塑造系统知识、技能、动机结构最直接的手段, 毕竟这种“社会性遗传”比“生物性遗传”更高效同时有更强的适应性。

从未有过任何学科, 能够像教育学一样, 对人类文明的延续有如此重大的作用; 也从未有过任何学科, 能够像教育学一样, 对人类的未来有如此之大的影响力。在通用人工智能的推动下, 教育学必将完成从传统走向现代、从学科走向科学的华丽跃升。革故鼎新, 延循“大科学”之路, 遵从“大视野”之势, 教育学大复兴和大兴盛的历史进程已经开启。

### [ 注释 ]

① 将棋即日本象棋。

### [ 参考文献 ]

- [1] Bieger, J., Thórisson, K. R., & Steunebrink, B. R. (2017). The Pedagogical pentagon: A conceptual framework for artificial pedagogy [A]. International Conference on Artificial General Intelligence [C]. Springer, Cham :212-222.
- [2] 陈桂生(2009). 教育学的建构(增订版)[M]. 上海: 华东师范大学出版社 :29.
- [3] Fabio Ciucci(2017). Deep Learning is not the AI future[OB/AL] (2017-11-23). <http://www.kdnuggets.com/2017/08/opinions-interviews.html>.
- [4] 冯锐, 张君瑞(2010). 人工智能研究进路的范式转化[J]. 现代远程教育研究, 2010(1):14-17.
- [5] Hammer, P., Lofthouse, T., & Wang P. (2016). The Open NARS implementation of the non-axiomatic reasoning system[A]. International Conference on Artificial General Intelligence[C]. Springer International Publishing:160-170.
- [6] Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects [J]. Science, 349 (6245): 255-260.
- [7] 刘燕楠(2016). 矛盾与困惑: 当前教育研究问题的哲学反思[J]. 教育研究, 37(09):11-18 + 50.
- [8] 毛金德(2016). 我们需要什么样的教育学[J]. 教育学报, 12(01):21-28.
- [9] 毛航天(2016). 人工智能中智能概念的发展研究[D]. 华东师范大学:1-5.
- [10] 项贤明(2017). 论教育学的边界[J]. 教育研究, 38(6): 12-19 + 31.
- [11] 沃尔夫冈·布列钦卡(2006). 教育知识的哲学[M]. 杨明全等译, 上海: 华东师范大学出版社:1-2.

[12] 刘凯(2017). 教育学在人工智能研究中的作用[N]. 中国社会科学报, 2017-10-10(005).

[13] 孙洪涛, 郑勤华(2016). 教育大数据的核心技术、应用现状与发展趋势[J]. 远程教育杂志, 34(5):41-49.

[14] Wang, P., Li, X., & Hammer, P. (2017). Motivation and emotion in NARS[J]. Journal of Artificial General Intelligence, 8(1):1-30.

[15] Wang, P. (2017). Education and intelligence [OB/AL] [2017-11-28]. <https://cis.temple.edu/~pwang/GTI-book/GTI-CH5/>

GTI-5-5.html.

[16] Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Lai, M., Guez, A. etc.. Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm. arXiv[刘凯1]:1712.01815 [cs.AI].

[17] 钟义信(2014). 高等人工智能原理[M]. 北京: 科学出版社:46.

(编辑: 徐辉富)

## Do Machines Need Education? A Review on the Education of General Artificial Intelligence and Educational Innovation

LIU Kai<sup>1,2</sup>, HU Xiangen<sup>1,2</sup> & WANG Pei<sup>3</sup>

- (1. School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;  
2. FedEx Institute of Technology, University of Memphis, TN Memphis 38152, USA; 3. Department of Computer and Information Sciences, College of Science & Technology, Temple University, PA Philadelphia 19122, USA)

**Abstract:** *Although education has a long and profound history, it is now in the awkward position of subject development. However, the rise of Artificial General Intelligence has brought a promising prospect for the revival of education. In general, AI can be divided into Special-Purpose (weak) AI and General (Strong) AI, those two major kinds of artificial intelligence are in different technical ways. Special-Purpose AI focuses on the simulation of "Intelligent" behavior, but Artificial General Intelligence persists in the realization of thinking and emotions, as well as supposing that intelligence is an adaptability under the condition of relatively insufficient knowledge and resources, and emphasizing the important role of individual experience. In education, Artificial General Intelligence not only breaks the technology worship and the lack of humanistic care, but also is high similar to human education activities; one is "pedagogy", the human learning theories are also effective for Artificial General Intelligence system in learning process; another is "education", Artificial General Intelligence system also needs the accumulation of experience to be educated and nourished. As a result, under the inspiration of Artificial General Intelligence, the pursuit and theory of education will develop to a higher level. Education will break the bottleneck of "human being", then take the advantages of the theory and practice of human education meanwhile integrate machine education. At last, it is bound to step toward a "big science" and "discipline" in the future with a broader view to explore the universal law of education and learning.*

**Key words:** *artificial general intelligence; AGI; education; pedagogy; revolution; machine education*