

面向人机协同的创新能力培养*

——兼论面向智能时代的创造性人才诉求

李冀红¹, 庄榕霞², 年智英³, 刘德建², 黄荣怀²

(1.北京师范大学 教育学部, 北京 100875; 2.北京师范大学 智慧学习研究院, 北京 100875;
3.北京师范大学 未来教育学院, 广东 珠海 519085)

摘要: 随着深度学习、神经网络、大数据等技术的发展, 机器智能水平逐渐上升, 促使机器能够自主和辅助人们完成越来越多的工作。机器智能愈发成熟, 人们该如何拥抱这类智能, 又该如何发展自身成为学界重要的研究课题。创新能力作为人类难以被取代的能力一直是人才培养的重要内容。面对当今的技术发展形式, 培养出能够拥抱机器智能, 高效进行人机协同的创造性人才是教育领域的紧迫任务。该文从智能时代的特征入手, 分析出智能时代对创造性人才的能力要求, 并结合已有的创新能力构成研究, 梳理出面向人机协同的创新能力构成要素和培养路径, 以期培养满足智能时代需要的创造性人才提供参考。

关键词: 智能时代; 创新能力; 人机协同; 人才培养

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

现如今随着科学技术的快速发展, 特别是人工智能技术的发展, 促使终端设备等机器的智能水平不断发展, 使之可以辅助和替代大多数人类工作。如科大讯飞研发的可以分析医学影像资料提供癌症诊断的人工智能医学影像辅助诊断系统, 20秒可以制作出视频新闻的MAGIC智能生产平台, 阿里巴巴的城市大脑系统等。面对机器智能日益成熟的挑战, 各国已经把创新提升到了国家战略的高度。我国政府在党的十九大报告中就提到了59次“创新”、12次“创造”。同样地, 为了明确创新能力的内涵, 学界也对创新能力进行了长久的研究。如, 美国创造性研究之父Guilford在对人的智力研究的基础上提出了创造性才能具有思维的灵活性、对问题的敏感性、观念的流畅性与首创性等构成要素^[1]; 当代认知心理学家、创新能力大师Sternberg提出了创新能力理论, 认为具有创新能力的人具有创造智力、分析智力、实践智力、知识、思维风格、个性、动机和环境等。

任何创新都离不开时代的背景和要求。随着人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术对人们生活的渗透, 如今已经进入到智能时代, 人们的

生活、学习、工作环境与方式都已经发生了很大的变化。根据创新能力交互理论, 创新能力是人格特征、认知方式、内在动机、专业知识和情境因素、社会因素等多方面共同作用的结果^[2]。也就是说, 孕育当今学习者创新能力的情境因素、社会因素甚至专业知识都已经发生了改变, 那么学习者的创新能力构成要素应该也发生了相应的改变。因此, 探讨在如今这个机器智能愈发成熟、人机协同愈发成为趋势的大环境下创新能力的构成已经成为重要的研究内容。

一、国内外创新能力构成相关研究

自上个世纪90年代起, 培养和造就高素质的创造性人才就已经成为世界各国教育教学的重要目标, 同时也是各界研究的主要领域之一, 如21世纪技能框架中就明确标出的4C技能中就有创新能力。自1950年Guilford提出要关注创新能力以后, 不同的研究者从不同的研究视角对创新能力开展了大量的理论和实证研究, 如从产品、过程、人格、环境等角度界定创新能力(如下页表1所示)。目前国内比较认可的定义是由林崇德团队提出的, 他们认

* 本文系国家社会科学基金“十三五”规划2019年度教育学重点课题“人工智能与未来教育发展研究”(课题编号: ACA190006)研究成果。

为创新能力是根据一定目的,运用一切已知信息,产生出某种新颖、独特、有社会价值或个人价值的产品的智力品质^[3]。

表1 创新能力界定角度及内容

角度	内容	代表作者
人格论	创新能力是一部分人特有的一种能力	Guilford
产品论	创新能力是解决新问题、产生新方法、带来新程序及形成新产品和新服务想法的能力	Oldham
过程论	创新能力是产生对社会或个人而言新颖有用的想法的过程及程序	Gruber
过程+产品论	创新能力可以被视为创造性产品,或创造性的成果被产出的过程	Amabile
系统观	综合产品、过程、人格等系统的观点来对创新能力进行定义	Sternberg

目前现有研究主要通过访谈创新人才分析其具备的特征确定构成要素和从创新的过程入手分析创新能力的表现两种方式确定创新能力的构成。如林崇德等人通过对34位自然科学创新人才、15位人文社会科学学者和21位艺术家的深度访谈,总结出包括内部驱动的动机形式、面向问题解决的知识构架、自主牵引性格、开放深刻的思维与研究风格、强基础智力等5个创新人才心理因素^[4]。创新的能力体现在创新的过程中。目前关于创新的过程描述的典型代表有Guilford提出的发散-聚敛理论,认为创新的产生主要来自于发散思维和聚敛思维之间的相互作用。还有华莱士提出的创新过程四阶段模型——收集资料、挑选信息、斟酌思考的有意识努力的准备期,潜意识对已有信息进行加工的酝酿期,灵光乍现的豁然期和对灵感进行检验的验证期。

根据以上关于现有的对创新能力定义界定和构成的研究内容,本研究采用系统观视角,认为创新能力既包含一定的人格特征,也体现在具体的创新过程中,即能对相关的信息进行收集、整合、筛选、分析等操作,为灵感迸发的一刻做准备,以及对灵感进行科学验证。

二、智能时代的创造性人才诉求

当今世界科学技术的发展日新月异,知识经济、数字经济已经成为主导,国力竞争日趋激烈,所以培养适应新时代的创造性人才势在必行。要培养适应新时代的创造性人才,首先需要了解新时代的样貌特征。

(一)智能时代的特征

1.信息空间的发展推动人类世界从二元空间向三元空间转化

随着信息技术的发展,人类生存世界正从原来

的二元空间进入新的三元空间。原来人类生活的世界是社会和物理构成的二元空间,但是近年来在信息技术的支持下信息空间迅速壮大,二元空间走向由社会、物理和信息空间组成的三元空间^[5]。三元空间不是社会空间、物理空间和信息空间的简单罗列,而是三者交互渗透形成的人类生活空间的全方位的改变。物理空间和社会空间映射到网络空间中众多的、各种各样的网络实体将存在于以网络为依托的世界中,而持续的网络化不仅会导致数字化网络世界的不断演化和形成,还会进一步导致网络共轭的物质空间、社会空间的出现和发展^[6]。也就是说,物理空间、网络空间和社会空间相互联系起来以后,不仅个人的行为、社会互动会反馈到网络空间,物理世界的信息也会反馈到网络空间中,并与个人的行为和社会互动信息进行加工处理。经过这样的处理,以前“分割”的物理空间和社会空间得以在网络空间中达到真正的融合,从而使人类的认知方式、生产生活方式发生具大的变化。

2.机器智能水平上升促使智能设备成为人类工作生活的助手

随着三元空间的快速发展,人类将生活在一个高度互联的世界中。人类与联网设备共同构成一个复杂的社会技术生态系统,人类作为系统的中心,发挥着积极的作用,各种终端设备则成为人类的肢体延伸和得力助手。随着新一代人工智能技术的发展,变得更聪明的不仅仅是一台计算设备,周围的信息环境也一起变得更聪明^[7]。人与机器的协作将会更加协调,生产生活的效率也将被有效提高。如在1997年,“深蓝”打败当时的国际象棋冠军Kasparov以后,人和机器一起组队下国际象棋流行起来,人类的国际象棋水平得到了提升。再比如,由IBM公司开发的超级电脑“沃森”在医疗领域已经有多年的医生助手经验,可以为医生提供诊断需要的多种信息。总之,在智能时代人类和训练有素的机器的协同工作,可以提高人类的探索和认知能力,可以有效促进新的生产生活方式的打开。

3.机器生产和处理信息能力增强促使知识生产传播门槛变低

随着人机融合程度的不断加深,人类的知识和学习也将发生巨大的变化。首先人类将不再是唯一的知识生产和拥有者,智能设备也将具有同样的能力。其次,软知识变得更加重要。软知识是亿万网民共同建构的知识,它的出现与信息技术的发展密切相关,不仅数量越来越多,重要性也在逐渐升高;与之相对应的硬知识的重要性则逐渐下降^[8]。未来硬知识将更多地被智能机器掌握,人类应该将

更多的精力放在软知识的建构上。

另外,整个世界都数字化智能化以后,人类的生活将会被各种由人类和机器制造的信息充斥填满。为了有效获取信息,搜索引擎成为日常生活中必不可少的工具。有了搜索引擎的帮助,人们很容易生出一种错觉,“所见即所得”。同时,人们访问信息的方式更容易受到他人的操纵和欲望的驱使,从而阻碍自身认知自主性的发展,导致人们过分强调接受型知识的重要性,把下载行为视为认知行为。而随着数据处理技术和手段的成熟,大数据必然要走向大知识,从而使人类的认识和控制能力发生巨大变化。

4. “人性”及创新能力将成为未来人机协同工作环境的关注重心

在智能时代,人类面临的最大的挑战之一就是机器将会承担现在由人承担的大部分工作,对人类的生产方式进行变革^[9]。对于智能技术会对人类就业产生的影响已经有很多机构做出了预测,比如麦肯锡曾发布报告预测到2030年可被取代的60%左右的职业中,有近三分之一将被自动化机器取代,如机械加工、准备快餐等。世界经济论坛发布《2018未来就业报告》,预计2022年后机器可以完成的任务时长将占总工作时长的42%。面对这样的前景,很多专家提出雇主可以购买机器人来迅速完成日常工作,同时让人类根据人的特性工作和生活。如John Puglino在分析了智能时代人类就业面临的挑战以后,提出了人类应该从20世纪追求效率的“机器思维”中跳出来,学会像“人”一样思考,并提出了人应对未来经济挑战应具备沟通技能、艺术才能等;藤野贵教认为可以从感性、身体性、直觉性等人性出发从人工智能不擅长的领域考虑人的工作价值;《2018未来就业报告》更是预测,精通新技术只是2022年工作技能一部分,“人”的技能,如创新能力、主动性、批判性思维、说服力和谈判能力,以及对细节、韧性、灵活性和复杂问题解决能力的关注的能力,仍然十分必要^[10]。可以说,人只有变得更人性化而不是机械化,才能在智能时代找到自己的位置。

(二)智能时代的创造性人才要求

随着互联网与人工智能等技术的迅猛发展,产业结构也正经历急剧变化。这动荡同时又有无限机会的大时代,对个人适应社会发展需要的包容多元与合作创新等能力均提出了新的要求与挑战^[11]。

1. 人机协同能力

智能时代,人们的生活空间主要是信息空间,生活伙伴中会有各种各样的机器,与机器和谐相

处、充分发挥机器优势则成为智能时代必不可少的能力。为了能够更好地利用机器辅助生活,要能够了解不同机器的优势,有效利用机器弥补自身的不足,放大自身的优势,同时有效避免机器可能带来的潜在风险,如泄露信息、破坏产权、违反人权、超过机器治理边界等。

2. 甄别信息能力

随着机器智能的上升,信息的生产主体从人类拓展成人与机器,而机器本身由于其自身的预设性、机械性等特点,使其难以对其产生的信息提供保障。同时随着媒体技术发展,信息传播门槛的降低,各种不同水平不同来源的信息和数据鱼龙混杂,能够对这些信息进行过滤、筛选、理解、分析、综合、判断也将成为必备技能。

3. 数字学习能力

数据的爆炸带来了信息的爆炸,信息的爆炸又往往会导致知识的爆炸。因此,提升跨界学习能力、培养快速学习能力、强化知识和技能调用能力,有助于提高学习者跟上知识更新迭代的速度。同时能借助信息技术有效提升学习效率,改善自身学习效果,也是必不可少的能力。

4. 彰显“人性”优势

发挥出“人”特有的能力则是智能时代对创新人才的另一个要求。在智能时代很多机械的工作都可以被机器完成,这就要求人们更好地成为“人”;要了解“人”的需求,能够站在“人”的角度思考问题,生产符合“人”的需要的产品;要能够与“人”协作沟通,具有良好的社会交往能力;要有好奇心,好奇心是产生疑问、提出假想的能量源泉,一个充满好奇心的人是不可能轻易被人工智能取代的^[12]。

5. 具有计算思维

在智能时代,信息和数据的爆炸是人们不得不面临的另一个现状。由于各种物联网传感技术的广泛使用以及通讯技术的成熟,围绕着人类的数据和信息量将会呈指数级增长,能够对海量数据进行分析 and 解读,将成为人们必不可少的能力之一^[13]。理解机器的工作逻辑,能够像计算机领域的专家一样运用计算机科学的基础概念和相关信息技术进行问题求解、系统设计等活动的的能力^[14]。

三、面向人机协同的创新能力的结构

为了概括出面向智能时代的创新能力框架,研究结合已有的创新能力研究成果和智能时代对创新人才提出的新要求,提出包括创新人格、思辨能力、数字学习能力、计算思维、设计思维、人机协

同六个维度的能力框架(如图1所示)。

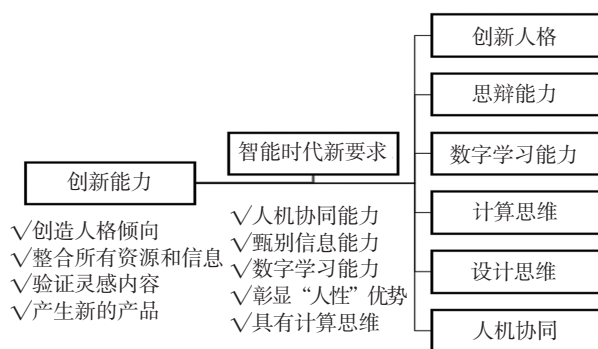


图1 面向智能时代的创新能力框架形成思路

为了进一步确定框架的信效度,研究访谈了国内外9名相关领域的专家,并根据专家的意见修改了面向智能时代的创新能力框架,最终形成的框架图如图2所示。

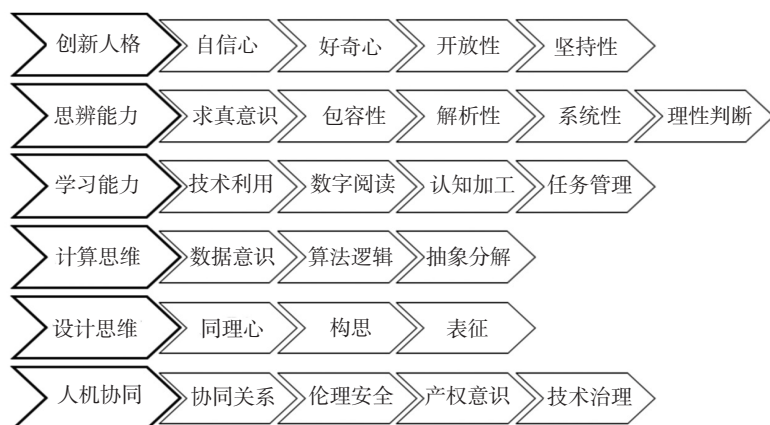


图2 面向智能时代的创新能力框架

(一)创新人格是创新能力的人性特征

创新人格是创新能力研究的较为成熟的领域。目前关于创新人格的研究很多,如林崇德将创造性人格概括为积极的个性意识倾向、刚毅的性格、健康的情感、坚强的意志和良好的习惯^[15],他们以青少年为研究对象又提出青少年创造性人格包含,自信心、好奇心、内部动机、怀疑性、开放性、自我接纳、独立性、冒险性、坚持性^[16]。戴维斯曾提出10大创新人格特征,包括独立性、自信心、冒险性、有理想、不轻信、喜好复杂奇怪、有审美、幽默、兴趣广泛又专一、好奇心^[17]。Guilford则把创造性人格特质概括为自觉性、独立性、求知欲、知识面、观察力、想象力、幽默感、意志力等方面^[18]。

虽然不同的研究者以不同的人群为研究对象,得出的结论也稍有不同,但总的来说,他们的研究都强调了自信心、好奇心、开放性和坚持性几方面

特征。自信心是指对自己、对学习充满信心,积极主动地开展探究。好奇心是指由新奇刺激所引起的一种朝向、注视、接近的心理和行为动机,是一种求知的内驱力。开放性是突破传统的定式和狭隘的眼界,寻求其他的经验和正确的方法。坚持性是指具有坚持、果断、自制力等良好意志品质。

(二)思辨能力是创新能力的思维基础

思辨能力是指学习者能够综合已有的信息,做出有目的的、自我调节的判断,并能对判断所依据的证据、概念、方法、标准或基于情境的考虑给出解释,强调学习者能够系统全面地收集和分析信息,能够根据已有信息进行推理和演绎,并且能给出真实的基于证据的判断。思辨能力与批判性思维能力相似,都强调系统性地思考和分析,能够进行推理,能做出论断和决断等。在加利福尼亚批判性思维测量中,思维倾向是有关学习者性格和人格特征的内容包括7个维度,即寻求真理、好奇心、成熟判断力、开放思维、系统性、分析性和推理自信^[19]。21世纪技能中也包括批判性思维,其强调:根据情况使用各种类型的推理(归纳、演绎等);运用系统思维;分析整体的各个部分如何相互作用,从而在复杂的系统中产生整体的效果;做出判断和决定;有效地分析和评估证据、论点、主张和信念;分析和评估主要的替代观点;建立信息和论点之间的联系;解释信息并根据最佳分析得出结论;批判性地反思学习经验和过程^[20]。

综合以上研究可以看出,求真意识、包容性、解析性、系统性和理性判断是思辨能力的主要内容。求真意识是一种习惯,即总是希望尽可能最好地了解任何给定的情况;遵循理由和证据,无论它们可能导致什么,个体都坚持推导出的结论。包容性强调允许别人发表自己不同意的观点,对他人的观点采取宽容的态度,知道人通常持有自己认为有意义的信念。解析性强调对接下来发生的事物保持警惕,是一种努力预测事情发生的潜在后果的习惯。系统性指具有系统性的倾向或采用有序的、系统的方式来努力解决问题的习惯。理性判断是指习惯性地倾向于采用各种推理方式处理信息,运用反思性思维来解决问题和做决定。

综合以上研究可以看出,求真意识、包容性、解析性、系统性和理性判断是思辨能力的主要内容。求真意识是一种习惯,即总是希望尽可能最好地了解任何给定的情况;遵循理由和证据,无论它们可能导致什么,个体都坚持推导出的结论。包容性强调允许别人发表自己不同意的观点,对他人的观点采取宽容的态度,知道人通常持有自己认为有意义的信念。解析性强调对接下来发生的事物保持警惕,是一种努力预测事情发生的潜在后果的习惯。系统性指具有系统性的倾向或采用有序的、系统的方式来努力解决问题的习惯。理性判断是指习惯性地倾向于采用各种推理方式处理信息,运用反思性思维来解决问题和做决定。

(三)数字学习能力是应对知识变迁的必备技能

数字学习能力关注学习者在信息的获取、加工、呈现、传递和评价,与同伴交流沟通,以及问题解决等学习过程中体现出来的能力。庄榕霞等人

通过分析北京市130所中小学11278名学习者的调查数据,建构了中小学生数字学习能力四维度七要素模型,即包含认知加工、信息素养、学习意愿管理和学习行为管理四个维度,以及认知信息加工、文本阅读、富媒体整合、意愿管理、伙伴管理、任务管理、时间管理七个要素^[21]。信息技术课程标准也明确了学习者的数字学习能力,即能适应数字化学习环境并对其优势和局限有清晰的认识,形成数字化学习与创新的习惯;掌握数字化学习系统、学习资源与学习工具的操作技能,用于开展自主学习、协同工作、知识分享与创新创造,提升终生学习能力^[22]。

综合以上研究可以看出,数字学习能力强调技术利用、数字阅读、认知加工和任务管理等。技术利用指使用技术学习、工作和创造的能力。数字阅读指数字化阅读能力,即能从图、表、视频等数字化载体中抽取信息并处理。认知加工是指对信息的加工和处理能力。任务管理指有效利用时间计划和分析学习任务的能力。

(四)计算思维是实现创新的基础技能

自从2006年周以真提出“计算思维”概念以后,对其的研究日益增多。ISTE在2015年提出计算思维可以被定义为一种技能,即能够通过一种算法来找到问题的创造性解决方案,在合作环境中建立有效的沟通^[23]。CSTA在2011年提出了计算思维的一个操作性定义,将计算思维分解为六个维度:以机器可以理解的方式表述问题;以逻辑的方式处理数据;抽象地表示数据;自动解决方案的算法化;高效地解决问题;传递解决其他问题的知识和技能^[24]。Liu等人则认为可以在离散数学教学中培养计算思维,包括抽象思维、逻辑思维、建模思维、构造思维^[25]。信息技术课程标准界定计算思维为学习者运用计算机科学领域的思想方法,在形成问题解决方案的过程中产生的一系列思维活动^[26]。

综上所述,无论哪种定义都强调要有数据意识,要有算法逻辑同时能对问题进行抽象分解,以形成解决问题的方案。数据意识指学习者对数据的敏感度和价值判断,能收集、分析和解读数据。算法逻辑指能理解、应用和开发算法。抽象分解指能把大规模和复杂的系统或者问题的细节进行隐藏、分解和处理,并形成简单的模型。

(五)设计思维是实现创新的基础手段

设计是实现创新必不可少的步骤,设计思维也是创新能力必不可少的组成部分。Hasso Plattner和Larry Leifer认为设计思维通过将人、商业和技术因素集成在问题形成与解决以及方案设计的过程中,

经过多学科协作与迭代改进,最终形成创新的产品或服务^[27]。该界定强调设计思维的以人为中心、高创新性、有行动以及能在行动的过程中对产品或服务进行迭代^[28]。设计思维具体的流程表现为:首先站在用户的角度进行观察反思,这要求设计者有同理心;其次对看到的现象进行界定,提出明确的问题;然后进行构思,初步形成设计方案;接着根据设计方案制作出产品原型;最后对产品进行测试、迭代^[29]。

因此,设计思维可以指一套启发式规则、一系列步骤或策略,它能指导人们解决复杂或劣构的问题,并制作具有创新性的产品,包括同理心、构思和表达。同理心指能够设身处地对他人的情绪和情感进行觉知、把握与理解。构思指能观察并发现问题,界定问题,有意识形成系统性的、有层次的、物化的整体性方案。表达指具有图式化表达和语言沟通能力,其关注的是学习者在设计过程中能够很好地将设计思路与方法用可视化方式或语言表达出来。

(六)人机协同是顺应智能时代必备技能

人机协同是在智能时代变得日益重要的一个能力维度。未来各种智能终端会遍布人们生活的各个角落,在这种情境下人与人、人与机器协同工作将成为人们必不可少的能力。在2012年由美国国家研究委员会组织的研讨会上,与会者就人机协同提出了以下几个方面的观点:机器和人类结合彼此的长处,弥补各自的弱点,增强彼此的能力;人类和机器共同完成自己无法完成的任务;机器是人类的伙伴,而不是工具;增强和扩展人类的认知、感知和合作能力的技术^[30]。

从以上研究可以看出,人机协同强调通过人与机器的交互以及人与人的协作提高效率。但是人机协同能力不应该仅限于此,还应该强调人机协同过程中的伦理和安全,产权的保护,以及对技术治理的警惕等内容。

通过以上关于面向智能时代的创新能力框架要素介绍可以看出,在面向智能时代的创新能力构成中,创新人格和思辨能力是基础,数字学习能力是保障,计算思维和设计思维则是在智能时代将创新想法落地必不可少的技能,人机协同则解决智能时代面临的人机问题的重要支撑(如下页图3所示)。

四、培养面向人机协同的创新型人才路径设计

创新人才的培养需要家庭、社会与学校的无缝融合^[31]。培养面向智能时代的创新人才,不仅需要学校教育的改变,也需要配合社会中的场馆学习、

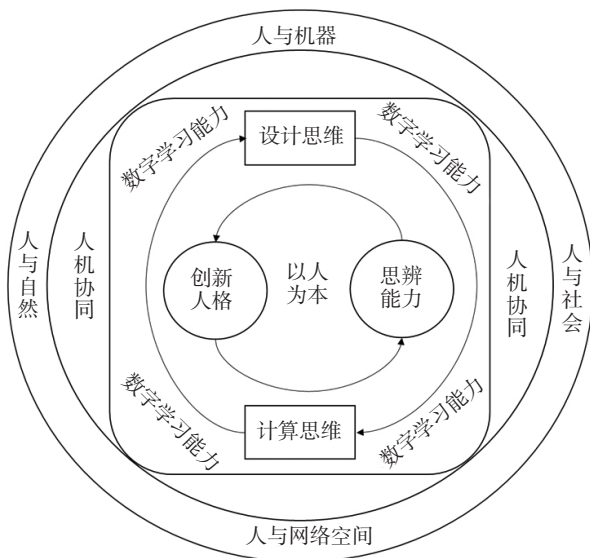


图3 面向智能时代的创新能力结构

家庭教育来丰富创新人才培养场所，同时通过营造智慧环境和创新文化氛围，促进创新人才的培养(如图4所示)。

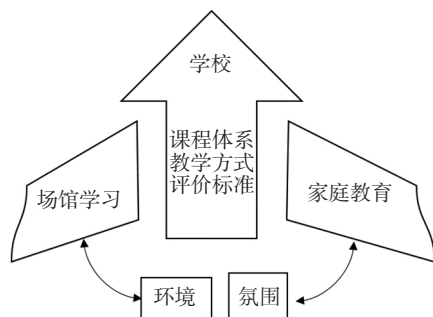


图4 面向智能时代的创新人才培养路径

(一)课程实践培养创新素养

实践是创新人才培养环节中必不可少的一部分，因此还要“在创新活动中培育人才”^[32]。为全面培养学习者的创新能力，需要根据时代需求更新课程活动内容，并通过完整的课程实践培养学习者的设计思维、人机协同能力、团队协作、思辨能力、计算思维以及创新人格等创新能力的重要组成要素。如，通过设立贴近学习者生活实践的创新实践项目、开设适合不同年龄段不同层级水平的系统化的实践课程体系，为学习者提供综合科学、生活等情境的问题，在解决具体问题中突破学习者视野，给学习者提供更多拓展和创新机会，提升学习者的创新能力。

(二)联动家庭加深创新认识

父母良好的创新观念与意识会对孩子的创新

能力发展产生更深层的影响。通过家庭和学校双重加持可以有效提升学习者对创新的认识深度。对家庭提供系统化的家庭教育指导服务，让父母更加了解儿童身心发展规律，促进父母更加科学地培养和保护孩子创新能力；鼓励父母主动发现和支持孩子的各种创造行为，为孩子营造良好的家庭创新环境，有条件的家庭甚至可以在家里打造小型的创新空间。

(三)协同场馆营造创新情境

博物馆对公众创新能力培养的作用主要是启发式的，通过丰富的博物馆展品、独特的布展形式、具有创造性的讲解方式引导参观人员进行创造性思考、激发参展人员的创新能力。博物馆、图书馆、天文馆等社会场馆，可以为学习者营造出真实的学习情境。真实学习理论表明如果学习的过程是在真实反映现实世界的情境中发生的，学习的主题是与学习者的生活相关的，那么学习者将对他们所学的知识更感兴趣，能更积极主动地学习新的概念和技能，从而更好地为创新能力的提升提供支撑^[33]。

(四)搭建环境打造创新基础

智能时代需要能理解和充分适应以互联网技术和人工智能技术为核心驱动的信息技术，以及技术对世界政治、经济、文化、生活的深刻影响的创新人才^[34]。通过搭建和推广融合资源、设备、机器、平台等为一体的智慧环境，可以增加学习者接触信息技术的机会，为他们理解智能时代、建立计算思维、人机协同观念提供有效的支持；还可以为学习者提供更多的资源、技术、工具、内容支持，促进数字学习能力、计算思维、设计思维、人机协同等能力的培养；甚至可以通过数据平台连接场馆、家庭等校外的学习环境，从而为更加全面地培养学习者的创新能力提供支持性服务。

(五)文化建设提升创新氛围

创新文化是我国实施创新驱动发展战略的重要基石，是影响创造性活动的最深刻因素，因此要为创新人才培养提供文化土壤就需要厚植创新文化，营造万众创新的文化氛围。通过组织多种多样、不同层级的创新竞赛项目，校企合作创新项目，创新等级评定，国民创新水平测试，举办专题讲座、展览，创客空间、创客工作坊等创造性场所体验活动等形式活动，营造创新文化氛围，调动全民创新热情，提升全民创新意识。

五、结语

创新人才是建设创新型国家的根本所在，是实现“中国梦”的智力支撑，创新人才的培养亦是时

代经久不衰的课题。为迎接智能时代做好准备,人类才有可能立于“不败之地”。分析和概括面向智能时代人类需要的创新能力,可以为相关教育教学的目标制定提供参考,提高人类在智能时代的生存水平、生存质量。智能时代的发展势头虽然迅猛,但仍旧需要一个过程。因此,只有促进国民的面向智能时代的创新能力的长足发展,才能更有效地提高人类适应智能时代的生活,促进人类发展自身、发挥自我价值。

参考文献:

- [1] 刘伟.吉尔福特关于创造性才能研究的理论和方法[J].北京师范大学学报(人文社会科学版),1999,(5):41-48.
- [2] Woodman,R.W.,Saw-yeer,J.E.,et al.Toward a theory of organizational creativity [J].Academy of Management Review,1993,18(2),293-321.
- [3] 林崇德.创新人才与教育创新研究[M].北京:经济科学出版社,2009.
- [4] 林崇德.从创新拔尖人才的特征看青少年创新能力培养的途径[J].北京教育(德育),2011,(1):9-11.
- [5] 潘云鹤.人工智能2.0与教育的发展[J].中国远程教育,2018,(5):5-8+44+79.
- [6] Zhu Y,Tan Y,et al.Cyber-Physical-Social-Thinking Modeling and Computing for Geological Information Service System [J].The internet of things,2015,12(11):193-196.
- [7] 潘云鹤.人工智能2.0与教育的发展[J].中国远程教育,2018,(5):5-8+44+79.
- [8] 王竹立.再论面向智能时代的新知识观——与何克抗教授商榷[J].远程教育杂志,2019,37(2):45-54.
- [9][12] [日]藤野贵教.崔海明译.2020年人工智能时代我们幸福的工作方式[M].北京:机械工业出版社,2018.
- [10] The World Economic Forum.The Future of Jobs 2018 [EB/OL].https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018,2019-04-11.
- [11] 黄四林,左璜等.学生发展核心素养研究的国际分析[J].中国教育学报,2016,(6):8-14.
- [13] [美]迈克尔·帕特里克·林奇.赵亚男译.失控的真相[M].北京:中信出版社,2017.
- [14] 黄荣怀,肖广德.信息技术课程贯彻新课标实施新教学的关键性问题[J].中小学数字化教学,2019,(2):5-8.
- [15] 林崇德.创造性心理学的几项研究[J].山东师范大学学报(人文社会科学版),2014,59(6):2+7-16.
- [16] 贾绪计,林崇德等.独立自我建构、创造性人格、创意自我效能感与创造力的关系[J].北京师范大学学报(社会科学版),2016,(1):60-67.
- [17][18] 黄宝强.创新概论[M].上海:复旦大学出版社,2004.
- [19] Abrami, P.,Bernard, R.,et al.Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills and Dispositions:A Stage 1 Meta-Analysis [J].Review of Educational Research,2008,78(4):1102-1134.
- [20] Battelle for kids.P21's Frameworks [DB/OL].http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources,2019-12-08.
- [21] 庄榕霞,杨俊峰等.中小学习者数字化学习能力测评框架研究[J].中国电化教育,2018,(12):1-10+24.
- [22][26] 中华人民共和国教育部.普通高中信息技术课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018.
- [23] Korkmaz O,Cakir R,et al.A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS) [J].Computers in Human Behavior,2017,72(7):558-569.
- [24] Chen G,Shen J,et al.Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming [J].Computers & Education,2017,109(1):162-175.
- [25] J.Liu,L.Wang Notice of Retraction:Computational Thinking in Discrete Mathematics [DB/OL].https://ieeexplore.ieee.org/document/5458802,2019-12-09.
- [27] 林琳,沈书生.设计思维与学科融合的作用路径研究——基础教育中核心素养的培养方法[J].电化教育研究,2018,39(5):12-18
- [28] Wawan Kurniawan,Teddy Siswanto,et al.The Implementation of Design Thinking Method and Product Development Method on Student Startup Business Soul Sepatu [DB/OL].https://www.atlantis-press.com/proceedings/aicmar-18/55913585,2019-12-09.
- [29] D.SCHOOL.Steps in a Design Thinking Process [EB/OL].https://dschool-old.stanford.edu/groups/k12/wiki/17eff,2019-12-09.
- [30] National Research Council.Intelligent Human-Machine Collaboration:Summary of a Workshop [M].Washington,DC:The National Academies Press,2012.
- [31] 杨现民,李冀红.创客教育的价值潜能及其争议[J].现代远程教育研究,2015,(2):23-34.
- [32] 徐侠侠,鲁宽民.习近平关于创新人才的重要论述及其实现路径[J].思想理论教育导刊,2019,(7):8-11.
- [33] 刘晓琳,黄荣怀.从知识走向智慧:真实学习视域中的智慧教育[J].中国电化教育,2016,(3):14-20.
- [34] 冯仰存,任友群.教育信息化2.0时代的教育扶智:消除三层鸿沟,阻断贫困传递——《教育信息化2.0行动计划》解读之三[J].远程教育杂志,2018,36(4):20-26.

作者简介:

李冀红:在读博士,研究方向为教育信息化与智慧教育、知识科学与知识工程。

庄榕霞:副教授,博士,硕士生导师,研究方向为智慧学习环境、教育技术在职业教育中的应用。

年智英:讲师,博士,研究方向为设计思维与创新教育、PBL教学理论与实践。

刘德建:博士,联席院长,研究方向为人工智能与教育。

黄荣怀:教授,博士,博士生导师,研究方向为智慧学习环境、教育信息化。

(下转第61页)

What Influences the Primary School Students' Computational Thinking?

—A Cross-sectional Study of Primary School Students from Five Provinces and Cities

Sun Lihui, Hu Linlin

(School of Education, Tianjin University, Tianjin 300350)

Abstract: Computational thinking is the core ability for learners to solve problems in the era of artificial intelligence. In this paper, 2010 primary school students from five provinces and cities were selected as the research objects. Descriptive statistics, independent sample t test and one-way ANOVA were used to reveal the current situation of primary school students' computational thinking level. Correlation analysis, regression analysis and structural equation model were used to explore the influencing factors of computational thinking. The results show that: the primary school students have a moderate level of computational thinking, and it is urgent to deepen the information technology teaching reform directed to the cultivation of computational thinking; mathematics and scientific achievements are significantly related to computational thinking, which provides evidence for the integration of computational thinking into subject teaching; learning attitudes of mathematics, science and information technology can positively predict computational thinking, which provides an effective breakthrough for the cultivation of computational thinking; the gender difference of students' computational thinking is not significant, perhaps the girls in basic education have more potential to develop computational thinking; the grade changes of students' computational thinking show a continuous upward trend, but grades 2 to 3 (8-9 years old) students' computational thinking ability level develops rapidly, which may be the key period for the cultivation of computational thinking; the influencing factors of computational thinking of students in different grades are different, but the correlation between computational thinking and influencing factors of students in grades 4 to 5 (10-11 years old) is more prominent, which may be the best period for computational thinking intervention.

Keywords: primary school students; computational thinking; learning attitude; achievements; grade

收稿日期: 2021年4月15日

责任编辑: 李雅瑄

~~~~~  
(上接第42页)

## Cultivation of Creative Competency Oriented to Man-Machine Collaboration

—Also on the Requirement of Creative Talents in the Intelligent Era

Li Jihong<sup>1</sup>, Zhuang Rongxia<sup>2</sup>, Nian Zhiying<sup>3</sup>, Liu Dejian<sup>2</sup>, Huang Ronghua<sup>2</sup>

(1.Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2.Smart Learning Institute, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3.College of Education for the Future, Beijing Normal University, Zhuhai 519085, Guangdong)

**Abstract:** With the development of deep learning, neural network, big data and other technologies, the level of machine intelligence is gradually rising, prompting machines to help and assist people to complete work. However, as machine intelligence becomes more and more mature, how people should use this kind of intelligence and how to develop themselves has become an important research topic. The creative competency, which is difficult to be replaced by human beings, is always an important content of talent cultivation. Facing the current technological development, it is an urgent task in the field of education to train creative talents who can embrace machine intelligence and fully carry out man-machine cooperation. This paper analyzes the characteristics of the intelligent age and the skills requirements of the intelligent age for creative talents. And combined with the existing research on the composition of creative competency, this paper further combs out the components and training paths of creative competency oriented to human-machine collaboration, in order to provide reference for the training of creative talents to meet the needs of the intelligent age.

**Keywords:** intelligent era; creative competency; man-machine collaboration; talent training

收稿日期: 2021年4月14日

责任编辑: 李雅瑄