

# 人工智能与学科教学深度融合创生智能课程

尹睿<sup>1</sup> 黄甫全<sup>2</sup> 曾文婕<sup>2</sup> 曾育芬<sup>2</sup> 潘蕾琼<sup>2</sup> 陈思宇<sup>2</sup> 伍晓琪<sup>2</sup>

(1. 华南师范大学 教育信息技术学院, 广东广州 510631)

2. 华南师范大学 价值教育研究与开发中心, 广东广州 510631)

**[摘要]** 人工智能(AI)与学科教学深度融合,创生了人工智能教学系统 AI 教师。最早的 AI 教师代表之一是爱达(IDA),随后进化出好学爱达,亦即琳达(LIDA)。基于学习为本评估的理论与实践,结合神经科学连接组学(connectomics)神经网络双重特性,籍由新兴技术的支持,产生形成了神经网络化的价值创造型智慧学习系统结构框架。它包括“实时课堂教学转化系统”“教学优化参照系统”和“教学比较前馈分析系统”三个子系统。而教学优化参照系统又包括“优秀教师教学参照系统”“先进理论教学优化参照系统”“大数据优选教学参照系统”和“经验自组织教学参照系统”四个子系统。价值创造型智慧学习系统神经网络融入人工智能,创生出新一代人工智能教学系统——伊万琳达(EVA-LIDAs),它既可扮演 AI 教师,也可扮演 AI 学伴。基于此,教师成为课程创新者,学生成为自主学习者,伊万琳达作为 AI 教师和 AI 学伴成为介导者,三者间多维交互生成新形态的智能课程,其实质是以神经网络化人工智能技术融合的生态化学习环境为基础,以评估促进学习的价值创造为旨趣,以协同、精准、个性、优化为原则,以人类智能与机器智能的相互协作、相互学习、相互融合为机理,以情境感知、大数据关联、经验自组织和智能决策为手段,最终通过持续改进师生教与学而优化所有学生的学习。

**[关键词]** 人工智能;神经网络;智能课程;AI 教师;AI 学伴

**[中图分类号]** G434

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1007-2179(2018)06-0070-11

20世纪50年代以来,人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)的发展,经历了注重逻辑算法的机器翻译到强调知识表征的专家系统等阶段。时至今日,人工智能受互联网、大数据、超级计算、传感器等技术和神经科学、认知科学等理论及学习型社会的价值追求等多重力量的驱动,进入突出神经网络的认知智能的新阶段。在新一代人工智能发展浪潮的冲击下,一场颠覆人类学习理念和方式的智能革命正悄然兴起。2017年,国务院印发了《新一代人工智能发展规划》,明确地将“智能教育”列入人工智能国家战略的重要组成部分,提出“利用智能技术建立以学习者

为中心的教育环境,提供精准推动的教育服务,推动人工智能在教学中的全流程应用”(国务院,2017)。在这样的背景下,如何汲取神经科学的最新研究成果,将人工智能与学科教学深度融合,创生智能课程,重塑师生角色,变革教学流程,重构学习生态,促进智能化、网络化、个性化和终身化的教育体系构建,已成为教育中人工智能(Artificial Intelligence in Education,简称AIED)探索的热点和难点。

## 一、AI 教师:从 IDA 到 LIDA

人工智能主要是研究和开发用于模拟、延伸和

**[收稿日期]** 2018-09-03

**[修回日期]** 2018-10-24

**[DOI 编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2018.06.007

**[基金项目]** 国家社会科学基金教育学一般课题“以学习为中心的评估理论建构研究”(课题批准号:BHA180125)。

**[作者简介]** 尹睿,博士,副教授,华南师范大学教育信息技术学院,研究方向:教学系统设计、学习环境设计、课程与教学论(littleyin79@163.com);黄甫全(通讯作者),博士,教授,华南师范大学教育科学学院,研究方向:课程与教学论、教育文化学(huangfq@sncu.edu.cn)。

扩展人类智能的理论、方法、技术及其应用系统(中国在学智能学会,罗兰贝格,2017)。在发展初期,人工智能与心理学和神经科学密不可分。过去几十年间,人们一直致力于模拟人类的心理认知过程和机制,不断对人工智能教学系统进行学习认知建模,增强和拓展人工智能教学系统的“智能”。早在20世纪70~80年代,人工智能研究者就将桑代克等心理学家提出的联结主义理论融入人工智能教学系统,开展学习认知建模,提出了人工神经网络的联结模型。其中,分布式联结网络模型(distributed connectionist networks)的应用最广泛。该模型假定:知识的每个组成部分(如概念、对象、属性等)以分布式方式存储在人工神经网络单元中;人工神经网络的认知过程是以网络中各个单元并行执行的方式建模的;各网络单元以数字方式运算,运算结果可以激活任何执行单元;激活的结果传播到与该单元连接的所有其他单元;网络通过修改执行单元间的连接参数以隐性方式获取和存储知识,这种修改参数的过程被视为学习(Flasiński,2016)。在人工智能与学科教学融合中,分布式联结网络模型的典型应用是“人工智能教学系统AI教师”。最早的AI教师代表是“爱达”(Intelligent Distribution Agent,简称IDA),随后进化出好学爱达,亦即“琳达”(Learning Intelligent Distribution Agent,简称LIDA)。

### (一)IDA

IDA,也称为智能分布式代理,最初是为美国海军开发的一种具有自主性的智能软件代理(autonomous software agent)(Franklin et al.,1998)。每位水手在任务结束时,根据自身喜好、岗位职责和一系列规则分配新的任务。最初,这一分配过程由海军雇佣的280多名设计人员人工完成。为使这一过程自动化,孟菲斯大学“意识”软件研究小组(“Conscious” Software Research Group)基于JAVA平台开发了IDA,实现了自动化任务分配,满足每位水手的需求。具有自主性的智能软件代理,是一个结构上耦合于真实环境的系统。作为真实环境的一部分,它能觉知周围环境的变化并以有意义的方式与之相互作用,完成“自身”的任务和目标;同时,它每次与环境相互作用的方式都可能影响后续“自身”对环境的觉知(Franklin & Graesser,1997)。如果它被赋予广泛意义上的认知特征而具有多重感官知觉、短

时和长时记忆、注意、推理、问题解决能力、情感态度等,那么,它就是一种“认知代理”(cognitive agent)或“有意识的代理”(conscious agent)。与其它软件相比,这种代理具有高度灵活性和适应性,能在意想不到的情况下创造性地解决问题。

IDA是基于巴尔斯(Baars)的全局工作空间理论(global workspace theory)进行建构的(Franklin et al.,1998)。全局工作空间理论是解释人类意识觉知形成机制的认知理论。“工作空间”是对人工作记忆的一种存在隐喻。该理论认为,意识系统存在一个被称为“全局工作空间”的结构,这是意识系统中唯一能被意识到的部分。除此之外,整个意识系统还有进行无意识加工的专门处理器(specialized processors)和语境(context)。专门处理器是在信息上具有高度选择性而不被意识到的结构,在常规任务中能够自动工作,不需要意识参与。语境则是约束意识内容而自身不被意识到的结构,包括目标语境、感知语境、概念语境和共同文化语境。该理论假设人类的意识通过大量相对较小的、有特定目的的过程综合形成的,且这些过程几乎是无意识的;无意识加工模块之间的竞争胜出者可以进入全局工作空间而被意识到,并向其他无意识加工模块发出“广播”,以调动其他无意识加工的专门处理器进行信息交互并协同解决当前问题(Franklin et al.,1998)。

基于此,IDA主要包括如下几个模块(Franklin,2003):1)感知模块。该模块主要利用自然语言处理外部输入的电子邮件信息。它不采用传统的符号解析器,而由存储领域知识的语义网、识别特定文本信息的感知代码库以及生成和检验语言理解的模板库等构成的整合感知系统,采用基于模板的匹配方式分析输入的信息,实现自然语言的理解。2)管理模块。该模块的作用是确定哪些输入信息能够被注意到,并被“带入”工作空间,形成意识。它又细分为联盟管理器(coalition manager)、焦点控制器(spotlight controller)、广播管理器(broadcast manager)和注意小代码集(collection of attention codelets)。以给水手分配任务为例,注意小代码集获取类似“任务分配”的指令,激活专门处理器收集水手的名字、社会安全码、工作经验、能力特长等信息形成若干联盟,再根据任务需求,与每个联盟的相关信息行匹配,激活焦点控制器寻找“焦点”。一旦“焦点”

出现,意味着该联盟在竞争中获胜,其内容被“意识”到,广播管理器就将被“意识”到的内容储存在联想记忆中。3)工作空间模块。该模块扮演着与人类工作记忆相同的角色,包括为特定类别信息预留的寄存器和专门用于与长时联想记忆关联的寄存器。4)情绪模块。IDA 也有情绪“体验”,如不理解信息时的沮丧、无法说服水手接受合适任务的烦恼以及没能及时获得水手指令的内疚等。与人一样,IDA 的情绪会影响其行动决策,如会影响内容写入长时联想记忆的强度以及将内容“带入”意识的方式。5)评估模块。在水手执行完任务后,IDA 从个人喜好、岗位职责等角度设置了关于任务分配的满意度、匹配度的评价,以此衡量水手与指定任务的适合度,并将结果值“写入”工作空间。

## (二)LIDA

尽管 IDA 始终采用“激活—传递”的联结模式,但未能体现节点激活的信息传递功能(Baars & Franklin,2007)。IDA 只是“一个机械化的机器,是一种关于对最高级的、具有最高水平的大脑组织运行时的算法的假说”(Bridgeman,1996),还不具备真正的学习能力。针对这些问题,研究者在 IDA 的基础上,增加了三种学习机制,分别是感知式学习、情景式学习和程序化学习(Franklin & Patterson,2006),研制出“好学爱达”(Learning IDA,简称为 LIDA),从而使 IDA 具有学习性。

LIDA 在更广泛的层面模拟了人的认知过程,认知周期包括三个阶段:感知阶段、解释阶段和行动阶段(Franklin & Patterson,2006)。一直以来,对未知对象的识别是解决人工智能的关键问题之一。通常,将对象描述为由属性构成的特征集,并由分类器将对象归于多个预先定义的类别中。在感知阶段,LIDA 的任务是定义当前可以识别的对象、类别和关系的列表,形成一个滑移网(slipnet),即一个庞大的由不断增长的小代码集合组成的,可以通过识别刺激并将其节点激活的语义网络。滑移网的各个节点是表示原始特征的侦查器(即感知小代码),它们包括个体特征(如一个人、一个物体)、类别特征(如椅子、女人、动物)或关系特征(如桌子上的杯子)。被充分激活的滑移网节点集合称为感知,可以被重新组织形成称为“线索”的二进制向量,用于查询内容可寻址的记忆,如自传式记忆(autobiographical memory)

和短时情景记忆(transient episodic memory)。在解释阶段,感知被信息小代码复制到长时工作记忆,并与先前被复制的感知信息相关联。注意小代码对长时工作记忆的内容进行分析,寻找感兴趣的感知内容,形成一系列包含注意小代码和它感兴趣的感知内容在内的小代码联盟体。其中,最高平均激活率的联盟体的相关信息被“转移”到意识中,在整个 LIDA 系统中“广播”。当 LIDA 每个子系统接收到“广播”后,行动阶段即开始。在这一阶段,程序记忆(procedural memory)和行为选择(action selection)子系统是重点。程序记忆是一个积极的自我管理的方案集。每个方案都由语境、行为(动作序列)、结果和基准级的激活(即在语境中对行为可能产生结果的预估)四部分构成。当意识中“广播”的信息与一个或多个方案的语境匹配时,程序记忆将会把方案实例复制到行为选择子系统。该子系统通过查看最新的“广播”和更新小代码联盟体的总激活率,判定 LIDA 应执行的行为。至此,LIDA 完成一个认知周期。

LIDA 与众不同之处还在于它的学习性。三种学习机制发生在解释阶段信息被“广播”后。感知式学习是学习识别新的对象、新的分类和新的关系。当新的对象、新的分类和新的关系与 LIDA 已有的相关内容建立关联时,节点(对象和分类)和链接(关系)就被添加进感知关联记忆(perceptual associative memory)。情景式学习是将信息编码为情景记忆内容以及与事件相关的、内容可寻址的记忆内容,如什么事件、发生在何处、何时发生等。程序化学习是对执行动作进行编码,并存储到程序记忆中的过程,包括对完成新任务的新行为及其行为序列的学习,或是对现有行为的改善。由于 LIDA 好学,其在信息提取、转化、诊断等方面有重要应用。例如,史特仁等人(Strain et al.,2014)曾基于 LIDA 认知框架,开发了一款疾病诊断智能代理 MAX(Medical Agent X)。该代理能模拟医生诊断病情的认知过程:识别病人的病征,读取与病人病历材料,从病历中“查询”病人的过往病史记录并建立当前病征与病史的关联。进而,运用假说驱动(hypothesis-driven)的临床推理,从一系列可能的疾病和潜在的因素中做出诊断,在程序记忆中“寻找”类似疾病的治疗方案和建议,并以自然语言的方式反馈诊断结果。

## 二、人脑连接组学： 人工神经网络构建的新依据

巴尔斯和富兰克林(Barrs & Franklin, 2007)指出,虽然IDA和LIDA在模拟人类神经网络的算法建模中取得了很大的进步,但它们还只是心理学意义上的,并非生物学大脑层面的。许多人工智能研究者都忽略了对大脑工作机制的研究(Brooks et al., 2012)。人的大脑是自然界最复杂的系统之一,是由万亿个突触和几乎可绕月球半周长的轴突线连接数以十亿计的神经元组成的错综复杂的网络。越来越多的证据表明,这个复杂而庞大的网络是大脑进行信息处理和认知表达的生理基础。因此,要推动AI教师的进化发展,亟需深入神经科学领域分析人脑的结构网络,加快人工神经网络的构建研究。2005年,思博纳斯(Sporns)、库特(Koötter)和托诺尼(Tononi)创造性地提出了“人类连接组学”(human connectomics)。它是系统生物学向神经科学领域的延伸,具有“结构复杂多变”和“功能动态连通”的双重性质,为人工神经网络构建奠定了新的理论依据。

### (一) 结构复杂多变

人类连接组学将大脑视为一个神经网络,主要探讨两个关键问题(Sporns, 2012):一是由神经元和突触构成的大脑结构(静态)是如何促进大脑各区域活动(动态)的?二是大脑的网络结构是如何与人的行为和认知关联的?“连接组”(connectome)是人脑连接组学的基本单位,是神经生物学层面上理解、刻画大脑结构网络的图谱。美国国家卫生研究院负责人因塞尔(Insel)曾评论道:“就像现代基因组需要基因组一样,大脑的研究也需要大脑连接组,这是我们理解大脑如何运作以及洞悉当出现某些问题时大脑内部究竟发生了什么的唯一方法”(Lehrer, 2009)。

映射连接组网络、绘制连接组图是连接组学研究的首要任务。大脑是多维多面的连通体,要清晰地绘制连接组图以精确地反映大脑的神经网络结构,需要从可高度分辨单个神经元的微观尺度(microscale)、聚焦小范围神经元集群的中观尺度(mesoscale)和整体把握大脑各区域的宏观尺度(macroscale)三级水平的空间尺度着手。在微观尺度上,

以纳米分辨率成像的电子显微镜数据可获得单个神经元细胞和轴突形态,提供关于神经元结构和神经回路模式的最完整和最详细的信息。在中观尺度上,毫米级别的光学显微镜成像可获取几毫米范围内神经元集群的染色纤维束光学信号,揭示神经元集群的神经元结构和突触连接,但还不足以识别极小突触连接、无髓鞘轴突和神经元其他的超微结构细节。在宏观尺度上,可采用不同模态的非侵入式成像技术在较大比例上再现大脑的结构连接,尤其是大脑各区域及其区域间的连接矩阵。例如,利用磁共振成像(magnetic resonance imaging)获得大脑的灰质密度、灰质体积和皮层厚度数据;利用功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging)检测不同脑区间的白质纤维束,并根据白质纤维的连接数目、密度、强度、概率等推断大脑存在的结构连接。人脑的神经元数量约为10<sup>11</sup>个,突触连接数约为10<sup>15</sup>个,若从微观和中观尺度构建大脑网络结构将存在数据量巨大的困难,目前一般多以宏观尺度定义大脑网络结构。

没有两个人的大脑是完全相同的,因为在单个神经元级别上测量的连接性在个体数量和其连接结构方面都是高度可变的。构建开放共享的连接组图数据库是连接组学未来的发展方向,为构建人类大脑的神经网络模型提供了可能。美国国家卫生研究院资助的“人类连接组项目”(human connectome project)设计了连接组图数据集的使用框架(见图1)。项目组从1200名参与者中获得大脑的连接组数据,这些数据以一定的结构和类型记录存储在连接组数据库(Connectome DB)中,用户向数据库发送请求指令,连接组数据库根据指令进行数据挖掘,以可视化方式将结果呈现到用户的连接组工作台(connectome workbench)。

### (二) 功能动态连通

“连通性”(connectivity)是大脑运作的基本机制。神经病学和精神病学专家梅纳特(Meynert, 1885)曾说过:“如果我们熟悉大脑的运作机制,那么就可以从其结构中推断出其功能,并将前者视为后者的自然结果。”连接组是“运动中的连接组”(connectome in motion)(Sporns, 2012),其最为曼妙之处,不仅在于彼此纵横交叉、相互连接的神经元结构,更在于动态多变的功能连通网络。可见,连接组

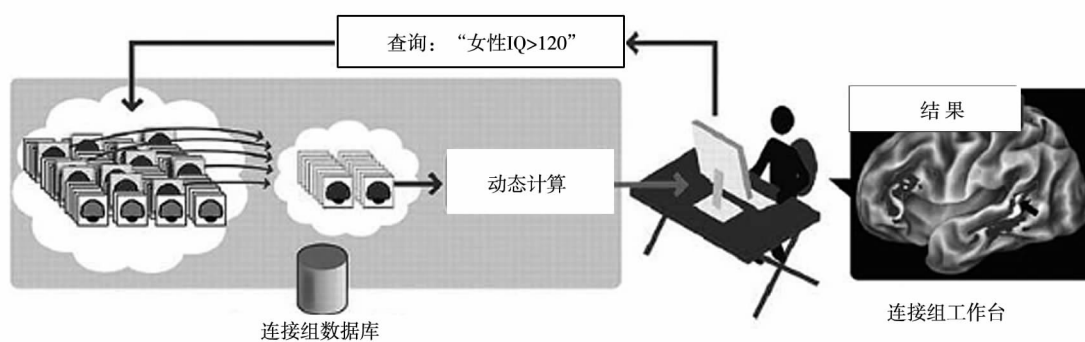


图1 数据挖掘和可视化人体连接组

不仅限于对所有神经元、轴突、突触和大脑各区域的“原始数据”描述,更重要的是在突出大脑结构“连接性”描述基础上揭示大脑复杂的功能,实现由“静态的神经结构”扩展到“动态的功能结构”。连接组作为外部环境和基因遗传交叉点的中间表型发挥着作用(见图2),反映了大脑连通性的遗传特征,而且引导行为的产生,使有机体与外部环境相互作用,并保留有机体过去在其外部环境中的经验记录。这样,大脑功能延伸到大脑—身体—环境之间的相互作用,成为一种扩展的功能关系网络。

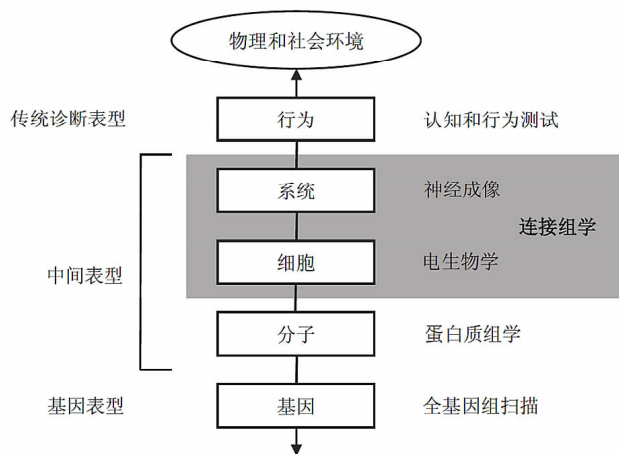


图2 连接组作为大脑中间表型(Bullmore &amp; Sporns,2009)

连接组受神经可塑性的影响,可记录过去事件和经验的持久痕迹,因此蕴涵着丰富的时间涵义。可塑性使连接组的结构依赖于时间,神经活动产生了一组丰富的时变模式,由此可将其描述为一组功能网络。宏观和微观尺度的大脑不同组织的功能连接如图3所示。生成连接组的功能连通模式,是连

接组学研究最具挑战的。反映的是在多个时间尺度上神经元之间功能关系变化,不仅依赖于连接组的结构联系,还依赖于有机体内部状态变化和外部环境瞬时需求的调节。目前,在统计学意义上通过多个神经元素记录的时间序列数据计算所得的依赖性或动态性相互作用,可以转换为代表功能性大脑网络的连通矩阵。类似地,也可以通过大脑静息状态时的血流动力信号波动的长期跟踪数据进行平均值处理,获得连接组的功能性结构。汉格曼等人(Hagmann et al., 2010)使用高b值扩散MRI纤维束成像和连通性分析,探索白质成熟对2岁幼儿到18岁青年大脑连通性的影响,结果证实结构连接与功能连通之间呈显著正相关。

连接组的结构与功能关系也是相互交织的,并非一一对应。尤其是高级认知功能的实现,往往需要启动连接多个连接组结构。以道德认知功能为例,卡斯皮尔(Casebeer, 2003)指出:“不同的道德规范理论与大脑的某些区域结构和功能相联系。”摩尔等人(Moll et al., 2002)也提到,尽管道德认知涉及多个复杂的认知过程,几乎是高度离散的“全脑事件”(whole-brain affair),但它与大脑的某些重要区域紧密联系(见图4)。例如,前额叶皮质(prefrontal cortex,简称PFC)、楔前叶(precuneous,简称PC)、基底前脑(basal forebrain,简称BFB)、颞前皮质(anterior temporal cortex,简称ATC)、内侧额叶皮质(medial frontal cortex,简称MFC)、内侧眶额皮质(medial orbitofrontal cortex,简称MOFC)、颞上沟(superior temporal sulcus,简称STS)、前扣带皮层(anterior cingulate cortex,简称ACC)和丘脑/中脑(thalamus/midbrain,简称TH/MB)。

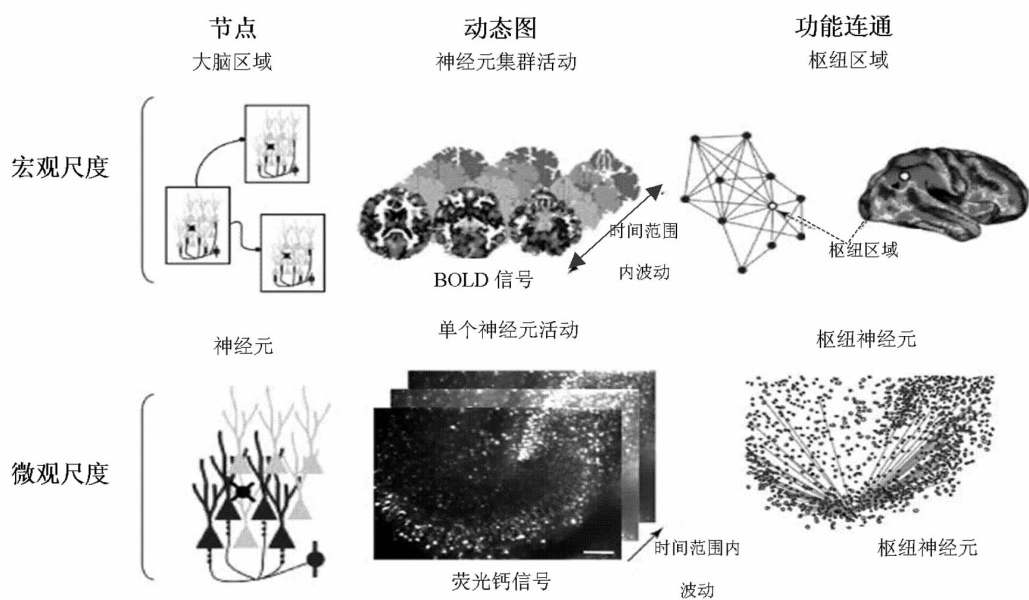


图3 宏观和微观尺度大脑不同组织的功能连接

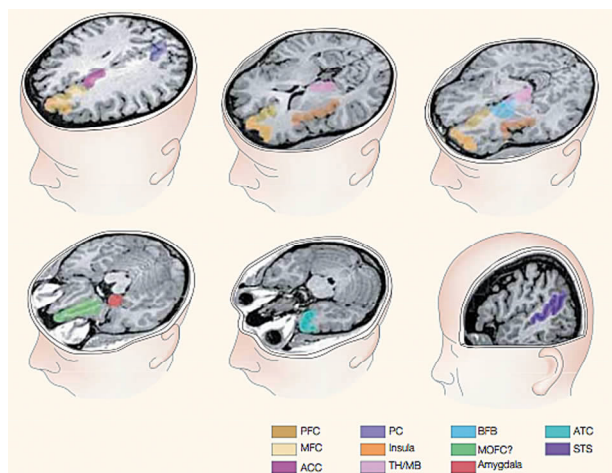


图4 影响道德认知的大脑区域 (Moll et al., 2002)

### 三、EVA-LIDAs: 推动人工智能与学科教学融合走向智能课程

新世纪兴起了“学习为本评估”(Learning-Oriented Assessment)的整体性学习文化,它融汇了学习性评估(Assessment for Learning)、学习段评估(Assessment of Learning)和学习化评估(Assessment as Learning)三种方式,超越了以往基于过去、聚焦于评估学生不足的消极价值观,彰显面向未来、以评促

学的积极价值观,推动师生在行动中做出价值选择、价值判断和价值创造,从而实现评估与学习的融合。学习为本评估作为一种特殊的价值创造活动直面真实的学生学习生活,介入学习生活,影响学习生活,努力利用最新的科学知识为课程开发、教学实施和学习活动提供指导,让学生作为评估主体与认识主体开展做中学,实现学生个人自身的价值主体生成与发展(曾文婕等,2015)。据此,在学习为本评估的开发中,人们企盼借助人工智能的力量,创生出新一代人工智能教学系统,展现出学习价值创造的无限可能。

(一)神经网络化的价值创造型智慧学习系统结构  
连接组学改变了传统基于算法和逻辑的思想,突出“结构—功能”的整体模拟,为新一代人工智能教学系统的研发开辟了新路。根据学习为本评估的价值创造诉求,研究者基于多年在学习为本评估理论与实践研究中取得的成果,在汲取连接组学“结构复杂多变”和“功能动态连通”的双重性基础上,提出了神经网络化的价值创造型智慧学习系统(见图5)。该系统包括三个子系统:实时课堂教学转化系统、教学优化参照系统和教学比较前馈分析系统。其中,教学优化参照系统包括四个子子系统:优秀教师教学参照系统、先进理论教学优化参照系统、大数

据优选教学参照系统和经验自组织教学参照系统。由此,整个系统好比人脑连接组,各子系统类似人脑的各脑区,子系统相当于神经元集群,各子系统的关联类似脑区之间的动态连通,数据就像是单个神经元,是整个系统中最基本的单位,相互之间交叉连接并传递“信号”。各子系统既各司其职,又相互联系。

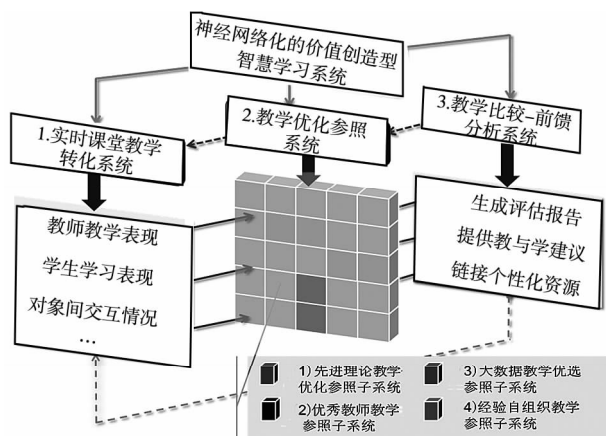


图5 神经网络化的价值创造型智慧学习系统结构框架

### 1. 实时课堂教学转化系统

课堂教学过程因其动态生成性,隐含大量富有价值的过程性数据。实时课堂教学转化系统正是采用情境感知、模式识别等技术对课堂教学过程中教师教学、学生学习、师生交互、生生交互、教师与环境交互、学生与环境交互等生成的过程性数据进行实时跟踪、采集、记录和建模。其功能在于实时建构课堂教学动态过程的大数据结构网络。这些过程性数据包括行为活动数据、语言对话数据、情感态度数据、资源使用数据等。这些数据与真实课堂教学情境紧密耦合,关涉时间和空间的交错维度,且数据结构多样,因此明确情境分类的标准、选用合适的情境模型、选择适宜的数据采集模型是该子系统需要解决的关键问题。

情境分类的标准很多,如科赫南(Korhonen, 2010)将情境分为环境情境、用户情境、任务情境、社会情境、时空情境、设备情境、服务情境和网络连接情境八种;居尼斯科和维尼奥(Junisko-Pyykkö & Vainio, 2010)将情境分为物理位置、任务、社会、时间与信息技术五种。根据学习为本评估的特点,研究者首先将教学情境分为教师情境、学生情境、环境情境(含物理环境与在线环境)、任务情境(含教师

的教学任务与学生的学习任务)等。其次,利用摄像头、传感器或其他移动计算设备多地提取情境信息,借助图像识别技术、语音识别技术、情感识别技术等,识别教师和学生的状态,运用基于本体的情境模型按照特定的数据结构对提取的情境信息进行描述和处理。之所以选用基于本体的情境模型,是因为它表达能力强,有可理解、可重复使用和可共享等优点,适合描述和定义情境及情境之间的关系,便于计算机推理。最后,参照大数据的标准规范 xAPI 中关于学习经历分解过程的描述(即“经历—事件—陈述”),从目标、活动、事件、行为四个角度,对动态生成性数据进行粒度分析,构建数据的层级连接结构。

学习为本评估强调学生对学习目标有清楚而深刻的认识,以有利于学生明确评估标准,开发个性化方式监控和改进自身的学习,因此,目标层的描述非常重要。目标层描述师生根据课程标准、共同确定的适宜的学习目标。活动层描述达成学习目标的教学活动。事件层将活动层的各个活动细化为教师或学生与任务、资源或工具等交互的具体事件。行为层使用交互行为描述学习事件,同时采用语义网络,实现大规模数据的语义存储,提高数据使用效率。

### 2. 教学优化参照系统

学习为本评估开辟了一种基于过去、观照现在、面向未来的评估促进学习理路。这意味着,评估的目的不在于认识学生的学习结果,把握他们当前的学习状态,更重要的是在此基础上认识学生下一阶段的个性化学习需求,进而“改造”学生学习活动,使之更有效和优化。教师要根据学生的具体表现,有针对性地设计与改进下一阶段的课程与教学,采用差异化的教学策略满足学生学习需要;学生要清楚认识自己的学习需求,有针对性地规划与实施下一阶段的学习活动(曾文婕,刘成珍,2017)。教学优化参照系统作为整个学习系统的核心,其功能在于为学生优化学习、教师优化教学提供关键的技术支持。

教学优化参照系统,基于实时课堂教学转化系统存储的大数据,利用包括决策树方法、遗传算法、统计分析方法和模糊集方法等的数据挖掘方法,采用话语分析、内容分析、社会网络分析等学习分析技术,智能地集中、萃取、提炼教师教学和学生学习的

相关数据,从中找出潜在的、稳定的规律,进而构建基于数据的师生画像,形成教师的教学模型和学生的学习模型,更全面地认识学生真实的学习状况,把握学生、教师、学习内容和学习环境之间相互作用的实际状况。为了更好地给学生提供个性化的学习路径推荐、给教师的教学过程提供精准的教学服务,该系统运用本体描述语言和编码工具,构建优秀教师教学参照子系统和先进理论教学优化参照子系统,以期为本评估提供标准参照。前者主要提供各学科优秀教师的教学范例,后者主要是提供先进的教与学理论知识。

在此基础上,该系统采用命题语义网络和数据语义网络技术,以及基于问题解决和概念提示等知识表达规则的方法创建教学法领域知识库,包括大数据优选教学参照子系统和经验自组织教学参照子系统。其中,大数据优选教学参照子系统是基于教师教学模型和学生学习模型,分析教师的教学活动序列和学生的学习活动序列,采用智能优化算法、数据挖掘算法以及基于知识的推荐算法生成系列优化方案(含教师教学优化、学生学习优化和学习环境优化)。值得一提的是,教师教学来源于多年经验积累,在经验重组中调整自身的教学策略,可以改变学生的学习过程,那么,如何赋予教学优化参照系统以人类教师那样的经验自组织学习能力,是该系统需要突破的难点。在此,借鉴连接组功能网络的时间序列可塑性思想,本团队提出了经验自组织教学参照子系统。该子系统并非预先定义的一套教学方法,而是借助人工智能算法,从大数据优选教学参照子系统中先前多次优化方案数据中提取特征,发现隐性结构和存在规律,结合新的问题情境做出决策和预测,转化形成新的教学优化经验。这彰显了学习为本评估的“评估即探究”的深刻意蕴,即系统不仅评估教师教学或学生学习的状态,而且反思评估对“自身”的知识深层理解的作用,将评估经验转化为学习经验,实现自组织学习。这正是该系统的独特魅力所在,也是其高级智慧体现。

### 3. 教学比较前馈分析系统

反馈在学生学习和发展中起着决定作用,是促进教师改进教学和学生优化学习的重要脚手架。它不能仅仅是评价性的(evaluative),还要尽可能是描述性的(descriptive)。反馈一旦能为教师的教和学

生的学提供指导,就不再是回顾性的,而生长为前瞻性的反馈,实质上成为了前馈(曾文婕等,2015)。研究揭示,将反馈发展为前馈,对教师的教和学生的学以及环境开发都有积极的作用。就教师的教而言,前馈信息为改进课程与教学设计、实施与评价提供了依据。就学生的学而言,前馈信息向学生提供了外在参照,帮助学生理解、检测自己的学习状态,明确学习方向。就环境开发而言,前馈信息为学习环境优化提供了方向或方案。然而,已有的许多数字化学习系统不能提供教学反馈策略,而仅仅提供结果正确/错误响应的简单反馈(Narciss,2013)。

教学比较前馈分析系统为教师教学与学生学习提供基于数据的实时反馈和有针对性的改进策略。一方面,教学比较前馈分析系统可以利用雷达图等可视化方式呈现学生现有学习水平与预期学习目标的差距,生成学业评估报告,从而提醒教师提升教学决策,启示学生提升学习决策,并启发师生提升协作与交互。另一方面,教学比较前馈分析系统运用约束模型和语义推理,将基于大数据优选教学参照系统中的大量学习优化方案与情境本体进行相似度规则匹配计算,按照相似度值由低到高排列,将相似度较高的前N个优选方案推荐给教师或学生,为教师改进教学、学生开展个性化学习以及环境优化提供建议。而且,参考通用的教学管理系统学习设计规范,从用户、学习资源、领域知识和学习环境四个要素为师生提供个性化资源链接。由此,基于教学比较前馈分析系统,学生的元认知、自我概念和学习动机得以建构,创造性地开启新一轮学习评估活动,真正实现“以评估促进学生学习的价值创造功能。

#### (二)EVA-LIDAs 融入学科教学:催生智能课程

神经网络化的价值创造型智慧学习系统与人工智能技术融合,创生出人工智能教学系统“伊万琳达”(Evaluative Learning Intelligent Distribution Agents,简称EVA-LIDAs)。它是具有学习价值创造功能的新一代人工智能教学系统,像人一样会思考、爱学习。EVA-LIDAs应用于学科教学,并非完全取代教师,而是与教师、学生进行协同合作和知识创新,扮演着AI教师和AI学伴的双重角色,超越以往人工智能仅对教学某一环节进行系统辅助的局限,以全方位、全流程的姿态渗入教学系统中,推动和深化人工智能与学科教学的深度融合。



### 1. 教师成为课程创新者

学习为本评估不仅是对评估的再概念化,而且是对教师信念、课程、教学与学习的再概念化。这意味着教师要改变作为学生学习评估唯一“专家”的传统理念,创造条件让学生参与到自我评估、自我监控及改进学习的过程中。那么,怎样将人工智能教学系统与面对面教学相结合,使教师与人工智能系统之间协同工作,最大限度地发挥二者的协作优势,共同为学生提供个性化、更有效的教学体验?这是当前教育人工智能研究需要深入探讨的问题之一(闫志明等,2017)。EVA-LIDAs 融入学习为本评估,教师将成为课程的创新者,担负设计者、组织者、研究者等多重角色。作为设计者,教师要尽力开发出创新性学习环境,包括技术条件和各种利于学生自我导向学习与合作学习的条件,支持学生与学习环境互动。作为组织者,教师要组织有效评估,让学生积极主动地参与到学习为本评估中。例如,与学生共同确定学习目标,使外在的课程目标转化为学生的内在学习意图,让学生建立起学习认同感;组织学生参与学习目标达成途径和方法的协商中,使之清楚意识到自己通过什么样的途径和方法可以实现学习目标,这是保证学生自我导向学习和自我监控的关键。作为研究者,教师要对学生学习进行研究,探寻新型的学习条件与适宜的学习方法,激活学生的学习动机和学习投入,促进当前和未来的学生学习。

### 2. 学生成为自主学习者

在学习为本评估看来,评估活动即学习活动,评估任务即学习任务。EVA-LIDAs 融入学习为本评估,意味着学生不是被动地接受评估,而是在评估过程中具有自我导向(self-regulated)意识的积极参与者和建构者。这主要体现为:学生1)主动完成评估任务,习得任务背后的课程知识,获得真实的学习体验;2)参与学习目标、评估标准和达成途径的研制,对自己的学习产生能动认识——自主做出“如何促进学习”的价值选择和判断;3)成为自己和同伴学习的旁观者和监控者,依据适当标准看待自己和同伴的学习,提升对学习评估的认知;4)善于利用反馈信息进行学习反思,从而形成新的理解,并将这些新的理解与先前的知识经验联系起来,运用于新的学习情境,提升自身的元认知能力。

### 3. AI 教师与 AI 学伴成为介导者

EVA-LIDAs 融入学习为本评估,彰显了评估数据的处理、分析、建模与呈现的多样化、动态化、个性化、精准化,创新了人工智能技术支持学习价值创造的作用。EVA-LIDAs 既是 AI 教师也是 AI 学伴,成为学生学习经验的重要介导者(mediator)。作为 AI 教师,它着眼于鉴别诊断学生学习是否达到了相应课程标准所要求的目标,为学生提供学业评估报告和个性化学习路径及资源等持续反馈,提升学生的自我反思、自我监控和自我调节的元认知水平,发挥认知性介导和反思性介导的作用。作为 AI 学伴,它是学生同伴学习反馈的提供者,着眼于支持学生对合作学习活动展开自我评估和同伴互评,发挥共同体介导和实践性介导的作用。而且,EVA-LIDAs 不是单纯的技术人造物,它具备像人一样的神经网络。金等人(Kim, et al., 2017)开展了电生理学实验,研究神经元对前庭神经核(vestibular nucleus)重复刺激的反应,以解释适应性(habituation)和敏感性(sensitization)的神经元反应模式。结果发现,尽管适应性和敏感性的强度多种多样,但前庭神经核的神经元对相同类型的刺激却具有相反的反应,即适应性神经元反应减弱而敏感性神经元反应增强,反之亦然。这说明整个神经网络的神经元对新学的信息(刺激)有神经介导(neural mediation)作用,使之始终维持细胞水平的神经平衡。这意味着 EVA-LIDAs 的认知性介导和反思性介导,乃至共同体介导和实践性介导,其本质都离不开神经层面的介导作用。EVA-LIDAs 会依据融入课程标准的预期目标不断在达标条件和已有条件(如学生已有的知识基础、兴趣等)中做出辨识。若已有条件缺少,则激励学生创设达标条件,完成目标检测与确认;若已有条件充足,则鼓励学生积极做出选择。如此循环,在检视、判断、选择中激活学生产生自我导向意识,主动投入评估过程,实现持续的学习价值创造。

这样,教师、学生、AI 教师和 AI 学伴之间实现多维交互,创设形成新形态的智能课程,其实质是以神经网络化的人工智能技术融合的生态化学习环境为基础,以评估促进学习的价值创造为旨趣,以协同、精准、个性、优化为原则,以人类智能与机器智能的相互协作、相互学习、相互融合为机理,以情境感知、大数据关联、经验自组织、智能决策为手段,最终

通过持续改进师生教与学而优化学生的学习。

#### [参考文献]

- [1] Akil, H., Martone, M. E., & Van Essen, D. C. (2011). Challenges and opportunities in mining neuroscience data [J]. *Science*, 331(6018):708-712.
- [2] Baars, B. J., & Franklin, S. (2007). An architectural model of conscious and unconscious brain functions: Global Workspace Theory and IDA [J]. *Neural Networks*, 20(9):955-961.
- [3] Bridgeman, B. (1996). What we really know about consciousness, review of a cognitive theory of consciousness by Bernard Baars [J/OL]. (1996-07-19) [2018-08-27]. <http://journalpsyche.org/files/Oxaa2f.pdf>
- [4] Brooks, R., Hassabis, D., Bray, D., & Shashua, A. (2012). Turing centenary: Is the brain a good model for machine intelligence? [J]. *Nature*, 482(7386):462-463.
- [5] Bullmore, E., & Sporns, O. (2009). Complex brain networks: Graph theoretical analysis of structural and functional systems [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(3):186-198.
- [6] Casebeer, W. D. (2003). Moral cognition and its neural constituents [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10):840-847.
- [7] Flasiński, M. (2016). *Introduction to Artificial Intelligence* [M]. Switzerland: Springer. 25.
- [8] Franklin, S. (2003). IDA: A Conscious Artifact? [J]. *Journal of Consciousness Studies*, 10(4-5):47-66.
- [9] Franklin, S., & Graesser, A. (1997). "Is it an Agent, or just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents [C]. *The Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*. Berlin: Springer Verlag: 21-35.
- [10] Franklin, S., Kelemen, A., & McCauley, L. (1998). IDA: A Cognitive Agent Architecture [C]. *The Proceedings of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics*. San Diego, CA, USA. 2646-2651.
- [11] Franklin, S., & Patterson, F. G. Jr. (2006). The LIDA architecture: Adding new modes of learning to an intelligent, autonomous, software agent [J/OL]. [2018-08-27]. <https://pdfs.semanticscholar.org/b6a2/05cbcad4055898e896f789c721e6fb008abb.pdf>.
- [12] 国务院(2017). 国务院关于印发《新一代人工智能发展规划的通知》(国发[2017]35号) [EB/OL]. (2017-07-20) [2018-08-27]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm).
- [13] Hagmann, P., Sporns, O., Madan, N., Cammoun, L., Pienaar, R., Wedeen, V. J., Meuli, R., Thiran, J.-P., & Grant, P. E. (2010). White matter maturation reshapes structural connectivity in the late developing human brain [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(44):19067-19072.
- [14] Junisko-Pyykkö, S., & Vainio, T. (2010). Framing the context of use for mobile HCI [J]. *International Journal of Mobile Human Computer Interaction*, 2(4):1-28.
- [15] Kim, G., Kim, K. S., & Lee, S. (2017). Non-associative learning processes in vestibular nucleus [J]. *Medical & Biological Engineering & Computing*, (3):1-11.
- [16] Korhonen, H., Arrasvuori, J., & Väinänen-Vainio-Mattila, K. (2010). Analysing user experience of personal mobile products through contextual factors [C]. *The Proceedings of 2010 International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. Limassol, Cyprus: 1-10.
- [17] Lehrer, J. (2009). Neuroscience: Making connections [J]. *Nature*, 457(7229):524-527.
- [18] Meynert, T. (1885). *Psychiatry: A clinical treatise on diseases of the Fore-Brain* [M]. New York: G. P. Putnam's sons. 138.
- [19] Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., & Grafman, J. (2002). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments [J]. *Neuroimage*, 16(3):696-703.
- [20] Narciss, S. (2013). Designing and evaluating tutoring feedback strategies for digital learning environments on the basis of the interactive tutoring feedback model [J]. *Digital Education Review*, (23): 7-26.
- [21] Sporns, O. (2012). *Discovering the human connectome* [M]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Preface-x, 109, 110, 74.
- [22] Strain, S., Kugele, S., & Franklin, S. (2014). The Learning Intelligent Distribution Agent (LIDA) and Medical Agent X (MAX): Computational Intelligence for Medical Diagnosis [C]. *The Proceedings of 2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Human-like Intelligence*. Orlando, FL, USA. 78-85.
- [23] 闫志明, 唐夏夏, 秦璇, 张飞, 段元美 (2017). 教育人工智能(EAI)的内涵、关键技术与应用趋势——美国《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研发战略规划》报告解析 [J]. *远程教育杂志*, (1):26-35.
- [24] 曾文婕, 黄甫全, 余璐 (2015). 评估促进学习何以可能——论新兴学本评估的价值论原理 [J]. *教育研究*, 36(12): 79-88.
- [25] 曾文婕, 刘成珍 (2017). 评估何以促进学习——论学习为本评估的文化哲学原理 [J]. *高等教育研究*, (5):14-20.
- [26] 中国人工智能学会, 罗兰贝格 (2017). 《中国人工智能创新应用白皮书》 [EB/OL]. [2018-08-27]. [https://www.rolandberger.com/zh/Publications/pub\\_china\\_s\\_artificial\\_intelligence\\_innovation\\_and\\_application.html](https://www.rolandberger.com/zh/Publications/pub_china_s_artificial_intelligence_innovation_and_application.html).

(编辑:李学书)

## The Deep Integration of Artificial Intelligence and Subject Teaching Creating Intelligent Curriculum

YIN Rui<sup>1</sup>, HUANG Fuquan<sup>2</sup>, ZENG Wenjie<sup>2</sup>,  
ZENG Yufen<sup>2</sup>, PAN Leiqiong<sup>2</sup>, CHEN Siyu<sup>2</sup> & WU Xiaoqi<sup>2</sup>

(1. School of Information Technology in Education, South China Normal University, Guangzhou, 510631 China; 2. Centre for Research and Development of Values Learning, South China Normal University, Guangzhou, 510631 China)

**Abstract:** *The deep integration of artificial intelligence (AI) and subject teaching creates AI tutor, one of the intelligent tutoring system. In the early age, the representative of AI tutor was intelligent distribution agent (IDA), and then it evolved to learning intelligent distribution agent (LIDA), a learning IDA. In the theory and practice of learning-oriented assessment, we proposed a neural network architecture of the intelligent learning systems towards creating learning value, grounded in the dual character of a neural network in human connectomics and combined with the development of emerging technologies. The system mainly consists of three components, which is a real-time teaching transformation subsystem, teaching optimization reference subsystem and teaching comparison feedforward analysis subsystem respectively. Among of them, teaching optimization reference subsystem is further made up of four modules, which are reference sub-subsystem of excellent teachers' teaching, modern teaching & learning theory, optimized teaching scheme based-on big data, and self-organized teaching experience. By integrating the neural network of the intelligent learning system towards creating learning value with AI technologies, evaluative learning intelligent distribution agents (EVA-LIDAs), as a new generation of intelligent tutoring system, will be created. It not only plays the role of AI tutor but also the role of AI peers. When it is applied in the subject teaching, the teacher will be a curriculum innovator, students will be self-regulated learners, and EVA-LIDAs will be the mediator of learning served as AI tutor and AI peer. They interrelate each other so as to create intelligent curriculum, a new form of curriculum in the age of AI. It aims at continuously improving teaching and learning and ultimately enhancing learning for all students, based on the ecological learning environment integrated with neural networked AI technologies, in the pursuit of creating the value of assessment enhancing learning, with the principle of synergy, precision, individuality and optimization, with the mechanism of mutual cooperation, learning and integration between human intelligence and machine intelligence, by the means of situation perception, big data association, experience self-organization, and intelligent decision-making.*

**Key words:** *artificial intelligence; neural network; intelligent curriculum; AI tutor; AI peer*