

# 学习架构:深度学习灵活性表达

彭红超<sup>1</sup>, 祝智庭<sup>2</sup>

(1.华东师范大学教育信息技术学系,上海 200062;

2.华东师范大学开放教育学院,上海 200062)

**[摘要]** 针对深度学习的灵活性诉求,研究尝试构建一种灵活的框架形式——学习架构。为此,研究从“架构”的词义以及其在建筑学领域与计算机科学领域的含义入手,经过两次探究分析并类比教学结构的定义提出了表征灵活性的学习架构界定。之后研究论述了三种现有学习架构模型,并从深度学习特征的角度进行解析,得出它们最多只能关注深度学习某方面特征的结论。基于这些认识,研究构建了一种能够表征学习任务、学习活动、学习进程、教学决策四方面灵活性的深度学习架构模型,并论述了其理念机制。希望研究能够加深学者对学习架构的认知,为深度学习的研究提供新方向。

**[关键词]** 学习架构;深度学习;灵活性;架构模型;智慧课堂

**[中图分类号]** G434

**[文献标志码]** A

**[作者简介]** 彭红超(1987—),男,山东临沂人。博士研究生,主要从事智慧学习生态、数据智慧、精准教学、深度学习等研究。E-mail:hongchao5d@qq.com。祝智庭为通讯作者,E-mail:ztzhu@dec.ecnu.edu.cn。

## 一、引言

受核心素养教育理念与框架的影响以及 AlphaGo 战胜李世石事件的刺激,教育中的深度学习受到前所未有的关注和推崇<sup>[1]</sup>。前期,本研究团队探析了深度学习四十余年(1987—2019年)的研究及发展,发现国内外的深度学习研究各有特色(国内侧重结果、国外注重过程),但二者均没有关注它的灵活性问题;还发现灵活性是深度学习的诉求,这一诉求已触及教与学的顶层框架结构的变化,虽然具有挑战性,但学习架构(Learning Architecture)能够作为一种可能的有效途径。对于学习架构,目前国内外极少有学者研究,成果也屈指可数,并且已有的学习架构界定含糊不清。对此,本研究先从“架构”的词义以及其在建筑学领域与计算机科学领域的含义入手,经过两次探究分析并类比教学结构的定义得到学习架构的界定。之后在直观感知与分析现有经典模型的基础上,构建了一种深度学习架构模型,并论述了其理念机制与智慧课堂的赋能支持。希望本研究能够加深学者对学习架构的认

知,为深度学习的研究提供新方向。

## 二、学习架构界定

### (一)初探:顶层设计的框架结构

在汉语词典中,“架”指“用作支撑的东西”,“构”指“组合、造”,因此,架构(Architecture)指将起支撑作用的东西组合起来及其形成的框架结构。这和建筑学的定义一致,即架构是规划、设计和建造建筑物或任何其他结构的过程和产物<sup>[2]</sup>。类比于此,有学者提出,学习架构即是指学习设计的过程和产品<sup>[3]</sup>。这个界定涵盖的范围太过宽泛且过于模糊,无法为学者与教师呈现学习架构的样貌。但除此之外,本研究团队没有发现更明确清晰的界定。因此,有必要对学习架构进行重新界定。

鉴于类比建筑学得到的学习架构界定不足以促使学者与教师对其有清晰的认识,本研究尝试从计算机科学领域入手探究其含义。在计算机科学领域,架构特指软件架构,作为一种隐喻,它同样类比于建筑学领域中的架构,但比上述学习架构的界定更有操作

性。具体来讲,软件架构是一种顶层设计结构<sup>[4]</sup>,涉及对软件系统的构成要素、要素间交互、要素编组模式及模式约束条件的描述<sup>[5]</sup>。作为软件系统及其开发的蓝图,它为设计团队需要执行的任务做出了规划。

学习的系统观已得到教育界的认可,基于此,学习架构也可以类比于软件架构,将其定位于学习系统的顶层设计结构。与软件架构类似,学习架构同样只是一种框架结构,为教学设计提供设计蓝图(如学习材料与学习任务的设计),它并不对填充到框架中的“砖瓦”做特定限制,如不限定学习材料的呈现形式、书桌的形状与摆放等。

### (二)再探:灵活的框架形式

类比于软件架构,学习架构同样关注学习要素。教学结构通常以教师、学生、内容(或教材)、媒体四个构成要素的相互作用来表征教学进程结构的稳定性<sup>[6]</sup>。考虑到学习架构是对教与学灵活性的表征,本研究从学习任务、活动、进程、决策等影响要素的相互作用来界定与构建学习架构。这样做的好处是,教学结构与学习架构作为教与学的某类二元性特征,可以像立体声中的左右声道一样,相互协调发挥作用,而不是非此即彼。这在课堂教学中具有现实意义,稳定性有利于教师组织教学,提高教学效率;灵活性有助于学生认知投入,提高学习深度。

“学习架构是对教与学灵活性的表征”,这是文献内容分析得出的结论。研究发现,在为数不多的文献中,学习架构以“灵活性”为最突出的特征,基于此衍生出的灵活学习模式即是良好的佐证<sup>[7]</sup>。这种学习模式的灵活性恰好同样以教与学的影响因素为基础(而不是构成要素),见表1第一列。每个要素都是一个连续统(Continuum),连续统左端、中间、右端的三个特征值,见表1。“灵活性”即是通过各要素在各自连续统中的取值得以体现。受此启发,本研究认为,学习架构的灵活性也可以由各教与学影响要素的不同取值来体现。不同的取值形成了不同形式的框架结构,这一点图4给出了直观的象征(中间圆圈的旋转,导致四个要素围成的框架结构发生了变化)。

从深度学习的角度来看表1,很容易发现,连续统的左端符合浅表学习特征,右端符合深度学习特征,这样,影响要素各自取值后,便直观地表征出了当前的学习距离深度学习有多远。这即是学习架构以影响要素为基础的另一好处:帮助理解学习的深度。当然,还有一个更为显而易见的好处:对学习过程及结果的影响敏感,即影响要素的变化很容易引起学习过程与结果的相应变化。

表1 灵活学习各要素的特征值

影响因素	浅表特征 ←—————→ 深度特征		
	结果层级	知识获取	理解
指导程度	高	中	低
内容侧重点	信息	应用	评估
内容应用水平	程序	解释	创造
学习者自由度	低	中	高
学习形式	重复性	选择性	设计性
学习者倾向度	教师为中心	同侪协作	学习者为中心
参与形式	阅读、浏览、观看、描述、回顾	比较、计划、质疑、查找、组织	调查、探寻、分析、评价、综合

### (三)界定:学习架构定义

综上所述,便可得出对学习架构的清晰认识:学习架构是一种灵活的顶层学习设计框架结构,其灵活性通过影响教与学的多个要素的取值来体现。何克抗教授指出,教学结构是指在一定的教育思想、教学理论、学习理论指导下,在某种环境中展开的,由教师、学生、教材和教学媒体这四个要素的相互联系、相互作用而形成的教学活动进程的的稳定结构形式<sup>[8]</sup>。对照这一定义,本研究在以上认识的基础上,提出了学习架构的定义:学习架构是指在教与学理念(教育思想、教学理论、学习理论等)的指导下,在某种环境中展开的,由任务、活动、进程、决策等影响要素相互联系、相互作用而形成的教与学模式的灵活的框架形式。

在这一定义中,能够非常清晰地看出它与教学结构的联系与区别。联系:(1)都基于某种学习环境;(2)都属于宏观顶层设计层面,位居教学模式上位;(3)都关注教与学的核心要素及其联系与作用。区别:(1)学习架构关注影响要素,而教学结构关注构成要素;(2)学习架构关注教与学的灵活性,而教学结构关注稳定性(但二者并非相左,更不互斥)。

## 三、学习架构现有模型解析

鉴于学习架构未被人们熟知,且上述定义只是抽象界定,接下来,笔者进一步解析三种有代表性的学习架构模型,直观呈现其样貌,这将有助于学者与大众更好地认知学习架构。

### (一)面向参与的学习架构模型

哈佛大学教授温格(Wenger)认为,学习是一种社会参与的过程<sup>[9]</sup>,基于此观点,他构建了一种学习架构模型来指导此类学习的设计。该学习架构模型包含四对二元性元素:参与(Participation)与物化(Reification)、设计(Designed)与涌现(Emergent)、认同(Identification)与商讨(Negotiability)、全局(Global)

与局部(Local)<sup>[9]</sup>。之所以采用此四对二元性元素,是因为温格认为它们可以捕获到学习设计的四类基本问题:意义、时间、空间、权力<sup>[8]</sup>。学习事件的意义通过参与和物化的相互作用得以展现;时间可以设计,但学习事件是涌现的;学生参与活动的空间是局部的,但受全局的影响;权力(如话语权)通过个人认同和对这种认同的商讨得以体现。由此角度看,这些元素定义了解决设计问题的可能的的方法空间;通过解决此四对二元性元素关注的问题,即可完成学习设计。另外,温格指出,每对二元性元素的两个维度(如参与和物化)均不是互斥的,它们可以相互均衡和协调来共同影响学习质量<sup>[8]</sup>。斯坎兰(Scanlan)对温格的学习架构进行了修正和图式化<sup>[3]</sup>,如图1所示。图中的双向箭头表示二元性元素的两个维度的不同与关联,虚线表示二元性元素间的关联,也就是说,学习设计时,不仅要关注各元素的内部问题,也要考虑彼此之间的关联。

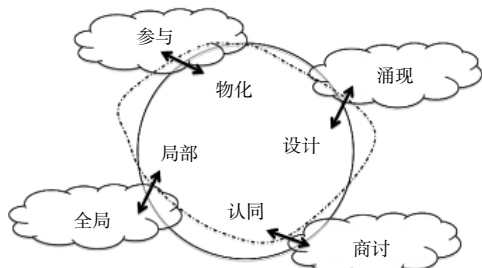


图1 面向参与的学习架构模型

温格的学习架构比较符合本研究对学习架构的界定:用于指导学习设计的灵活的框架形式,其中,灵活性体现在对每对二元性元素的两个维度的均衡和协调中。遗憾的是,它并没有得到广泛的关注和认可<sup>[9]</sup>。

## (二)面向学习空间的学习架构模型

IMS全球学习联盟总裁艾贝尔(Abel)、EDUCAUSE学习创新协会主任布朗(Brown)等人基于学习系统的构成要素构建了一种新式学习架构<sup>[10]</sup>。由于这种架构面向联通学习的学习空间构建,所以它主要考量学习环境、学习工具与内容、企业级后台系统、其他传统的相关应用程序等构成要素,如图2所示。该架构中的这四类要素均侧重于软件,这是由于联通学习需要将人、资源、内容连接在一起(倡导者认为这可以增大学习机会和有意义的学习体验<sup>[11]</sup>),而软件能够在提供专业学习服务的同时,为这种联通提供接口。艾贝尔等人认为,无论软件是无缝集成还是松耦合的数据交换,均需基于一套开放的标准与服务,它将学习系统的各构成要素关联在一起,因此,该架构以此类标准与服务为中心。

由于这个架构以开放的标准与服务为核心与基

础,因此,也被称之为“开放式架构”,它不仅可以实现各类软件“即插即用”式的集成,还可以实现不同学习空间之间的应用程序或数据的共享。具体来讲,它有敏捷性、个性化、灵活性三大特征。与温格的学习架构类似,IMS学习架构的灵活性具体体现在各要素中软件、工具、系统或应用程序的个性化集成与变更。

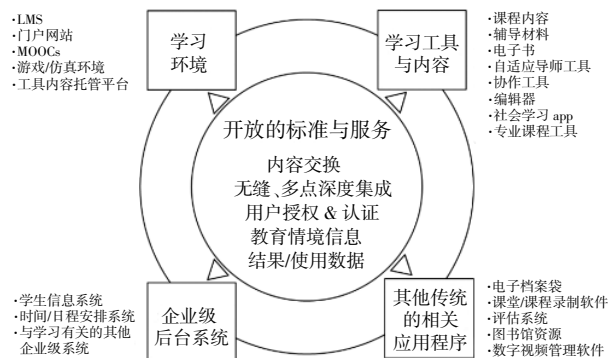


图2 面向学习空间的学习架构模型

## (三)面向学习体验的学习架构模型

面向学习体验的学习架构比较有代表性的当属可汗实验学校(Khan Lab School, KLS)的学习架构,其关注学习体验的结构化设计问题<sup>[12]</sup>,包含促进学习体验结构化的六个维度,分别是学生的独立水平、学生能动性、拓展学年/学习日、混龄/同侪学习、社群学习、学习空间,如图3所示。学生的独立水平是分组的依据,与按照年龄或能力分组相比,这种分组能为学生的成长提供更多的自主性支持。学习能动性关注如何促使学生“拥有”自己的学习,如设定有意义的目标、并对自己的学习与个人发展负责。拓展学年/学习日将学生的沉浸式学习延展到了假期,为学生提供更多的时间和机会利用学校空间来完成目标。混龄/同侪学习旨在促使学生相互学习、相互教导(主要是年长的学生教授年少的学生),并促进协作关系和其他有效关系的建立。社群学习为学生提供更多的学习机会,如演讲、实地研究、社区服务、与其他成员互动交流。学习空间为以学生为中心的学习体验提供支持环境。

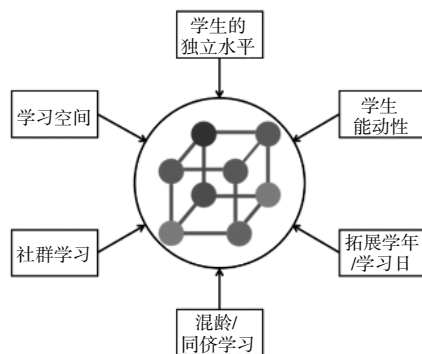


图3 面向学习体验的学习架构模型



KLS 学习架构下的学习方法是个性化的、体现学生主动性的。学习体验根据学生的学习路径和步调定制,并且每位学生的教育都由学生与 KLS 团队共同开发和塑造。学生有一半的时间通过项目进行学习,所有项目均跨学科并注重对现实问题解决方案的探究,这样的学习架构可以促进深度学习结果的产生<sup>[13]</sup>。遗憾的是,目前 KLS 并没有对它的学习架构进行详细、深入的探究。

#### (四)构建深度学习架构的需求

深度学习不仅注重学习过程的深度,也注重学习结果的深度,它具有四个特征:(1)深度参与学习;(2)采用高级学习方略;(3)注重高阶知能的发展;(4)基于理解为迁移而学。而上面的学习架构最多只关注了深度学习的某个方面:温格的学习架构有利于促进学生参与学习<sup>[8]</sup>;IMS 的学习架构旨在指导学习空间的互联互通设计<sup>[14]</sup>,并没有证据表明它能促进深度学习;KLS 的学习架构可促使高阶知能的发展<sup>[13]</sup>。为更好地促进智慧课堂中的深度学习,构建专属的深度学习架构是有必要的。

### 四、深度学习架构模型设计

#### (一)模型关注的要素

香港大学教育心理学教授比格斯认为,深度学习是以任务为中心且任务适当的方法<sup>[15]</sup>。根据此观点,本研究从“学习任务”及其相关要素“学习活动”“学习进程”“教学决策”出发来设计深度学习架构模型,如图 4 所示。这四个教与学影响要素的相互关系如下:学习活动是学生为了较好地完成学习任务所进行的操作或行为;学习进程是由学习活动编列表征的学习过程与发展变化;教学决策是对学习进程模式的判定,主要判定当前的学习是否有问题或潜在问题<sup>[16]</sup>,如果有问题,应该如何修正学习任务。

根据斯金纳“有机体永远正确”的论断,学生的响应总是合法的。所以,如果学习进程显示学习存在问题,那么出问题的地方不会是学生的学习活动,而应该是学习任务。按照这一逻辑,教学决策只需判定如何修正学习任务即可,不需要在学习活动方面下功夫。学习任务与评估任务不同,它含有教学策略与教学活动的理念,主要功能是为学习提供学习支架,这对于深度学习来说是必要的:深度学习追求的迁移对于初学者来说非常困难,他们缺少专家用于解决新问题的图式,容易因不知所措而导致学习失败。学习活动是学生参与的表现,高参与度的学生更有可能利用高阶思维技能以产生深度学习结果<sup>[17]</sup>。在课业重、时

间有限的课堂教学中,知能深度和广度如何权衡是实现深度学习的关键。由此角度看,学习进程以这两个维度进行组织要比按照先后顺序组织更有价值。

当然,另外两个教与学影响要素——目标、评估也很重要,它们为深度学习提供导向,本研究将二者放在深度学习架构模型中间,并分别用表盘刻度与指针来比喻二者的地位和作用,如图 4 所示。

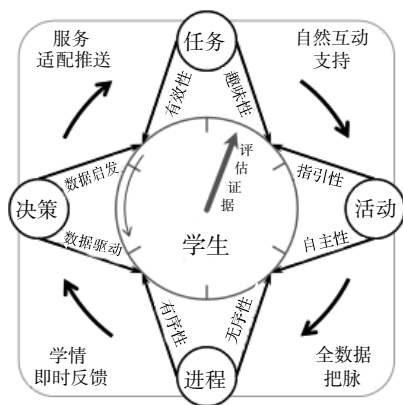


图 4 面向智慧课堂的深度学习架构模型

#### (二)各要素的二元属性

受温格深度学习架构的启发,面向智慧课堂的深度学习架构的灵活性也通过各要素的均衡和协调来体现。

##### 1. 任务的有效性与趣味性

学习任务是深度学习主要的学习内容,学生能够按照需求自主决定学习内容是灵活性的一个重要维度<sup>[18]</sup>。在深度学习中,学习任务的有效性和趣味性是教师提供可选择的内容时需重点关注的两个属性。前者保证课堂的效率,后者助力于学生的深度参与。

课堂教学的效率是深度学习需要十分注重的一面,否则难以有时间来培育高阶能力及其迁移应用。在深度学习中,课堂效率可以通过学习任务的有效性来体现,它一般以促进学习向目标发展的胜任力来衡量。有研究表明,与现实的关联可以促进学习任务有效性的提升<sup>[19]</sup>。它让学生有机会解决现实(或模拟现实)中的真实问题,促进其感知课程的效用价值。研究表明,将教学与现实事件关联能在学科知识、复杂问题解决能力与审辨思维能力的培育方面获得显著的效果<sup>[20]</sup>,当中小学生在课堂上从事现实中的任务时,学习成绩会显著提高<sup>[21]</sup>。

研究表明,当学生认为课程有趣、令人愉快的时候,课程的内在价值即被感知<sup>[22]</sup>,这种感知有助于促进学生参与、引发深度学习<sup>[17]</sup>。挑战性是提升任务趣味性的有效策略,它不但能够引起学生参与学习的兴趣<sup>[23]</sup>,也能够维持这种兴趣<sup>[19]</sup>,当这种挑战与学生的能

力相匹配,让学生通过努力即可完成时,它还能够促使学生产生忘我的“心流”体验<sup>[24]</sup>。虽然,挑战与能力匹配在传统课堂中难以做到,但在技术赋能的智慧课堂环境中,这已成为智能设备能够自动处理的例行事务,在此基础上,智能设备还能提供个性化的推荐服务。

## 2. 活动的自主性与指引性

学习活动是学生参与学习的表现,而灵活的参与是灵活学习的一个重要特征<sup>[25]</sup>。在深度学习中,学习活动的自主性和指引性是为学生提供灵活参与的机会时需要考虑的两个属性,前者有利于促使学生采用深度/高阶学习方略<sup>[26]</sup>,后者有利于教师护航学生成功地实现深度学习。

研究表明,自主性(体现个人能动性、主动性,但不排斥他人的帮助)会让学生相信自己的行为是内在发起的,这会更加激励学生去学习<sup>[27]</sup>。自主支持也会让学生更加偏好于更具有挑战性的任务,更愿意为理解付出更多的努力<sup>[28]</sup>,实现深度学习结果。智慧课堂的全数据把脉与学情即时反馈可促使教师更为放心地将更多主动权交给学生,让学生进行或简单或复杂的学习活动,可以简单到止而思、复杂到论坛式剧演,如图5所示。

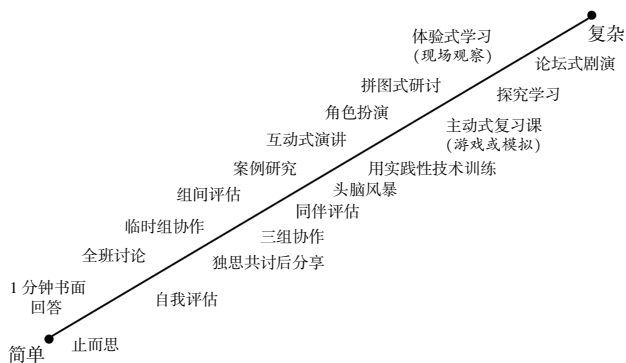


图5 主动学习活动连续统

虽然研究表明,相比教师控制的学习活动,学生更愿意参与他们自己控制的活动<sup>[29]</sup>,但在深度学习中,学生容易因不知所措而导致学习失败,并且受自我意识和学习经验水平的限制,中小學生自主活动的有效性均可能处于低水平。因此,对学习活动的适度指引或提示是必要的。提示或指引不是答案或答案的注解,而是促进学生学习的点拨、专家咨询渠道等。考虑到不同学生会需要不同的指引,智慧平台中的指引内容可以先隐藏,只有学生点击相应区域才显示,而纸质的指引可以像刮奖卡那样,用特殊油墨遮住,如果学生需要,可以刮开“奖品”。这样做的好处是,学生可以自己掌控是否需要教师指引。

## 3. 进程的无序性与有序性

由于学生个体特征与需求的差异,上述两方面的灵活性极有可能导致学生的学习进程不一样,这种无序状态极大地增加了教学难度。因此,深度学习架构还应关注学习进程的有序性与无序性这两个属性间的协调,前者有利于满足教师统一化教学的需求,后者有利于满足学生的个性化学习诉求。

虽然布鲁姆目标分类学是按照认知复杂度排列的,但布鲁姆及其团队承认智能不是线性发展的<sup>[30]</sup>。研究表明,初学者在学习高阶知能的同时发展基础知能,更有利于基础知能的发展<sup>[31]</sup>;以创造为靶向的发展模式(一种非线性模式)可以使学生的成绩从20多分提升至70多分<sup>[32]</sup>;直接从创造入手,在实现设计或达成创造的过程中实现布鲁姆较低阶知能(即“下冲式”的线性模式)具有良好成效<sup>[33]</sup>。由此可知,无论何种发展模式,均能够取得良好的学习效果。所以,学生可以按照自己的需求或喜好选择任何顺序完成任务,实现深度学习。这种个性化的路径,在班级视角下会呈现出学习进程无序性的状态。

在我国大班制课堂中,进程的无序性会给教师极大的教学压力与挑战,对深度学习更是如此。虽然大数据技术可以帮助教师处理一些个别化问题,但这没有让学习进程变得有序。进程的有序性可以借助“冗余”的学习任务来实现,即多次重复欲传达的核心知识与概念,而非任务本身,如本身的图文描述与形式。冗余任务散落在学习任务集或编排中,这样,每当学生完成某个冗余任务,便又学了一次之前学过的核心知识或概念。由此,无论学生按照何种顺序学习,只要开始执行冗余任务,就进行了一次迭代学习。这种迭代式的学习进程是有效的学习途径<sup>[34]</sup>,一般常见的迭代有“整体—部分—整体”“学习—做—反思”等反复式迭代。

## 4. 决策的数据驱动与数据启发

面对庞大的教育数据,教师无法直接分析,而智慧课堂提供的个性化决策服务还无法顾及教与学的方方面面。为向学生提供更为精准的适切服务,深度学习架构的灵活性还需关注教学决策的数据驱动和数据启发两个属性。

数据驱动的决策以收集到的教与学全过程数据为引导,其过程一般是自动化的,少有人参与。相比基于教师经验的决策,它更有解释力,并且充分利用机器的智慧计算优势,迅速而精准地对学生的学习情况作出明智的判定。数据驱动的决策可以实时给予师生学习反馈,这是促进学生深度参与、实现深度学习

结果的一个关键因素<sup>[34]</sup>。这种反馈先提醒学生当前存在的 learning 问题/潜在问题,然后推荐一个更为合适的学习任务列表<sup>[35]</sup>。学生可以根据自己的情况选择其中一个任务来学习,这为学生提供了更多体现主动性的机会。

数据启发的决策以数据为直觉或经验的证据,过程中,教师会根据数据模式提供的线索按图索骥,即启发式探究。容易看出,数据启发决策主张发挥教师的智慧,促使教师利用数据露出的端倪去探究,而不是由数据驱使教师来决策。这可以有效避免数据驱动容易导致局部最优化(全局可能更糟),甚至向背离目标的方向发展的风险。依据人机协同的理念,数据启发与数据驱动可以在深度学习中合理分工与协作,前者用于解决全新问题或情感问题的决策,后者用于解决简单或重复性问题的决策。当然,为了做出更精准的启发式决策,观察、与学生交流、家庭随访也是必要的。

### 五、灵活性的体现

上述深度学习架构各要素中的二元属性虽然有对立的一面,但并非互斥。它们可以像立体声中的左右声道一样相互协调与平衡,共同促进学生深度学习。

在课堂教学中,深度学习架构灵活性的体现需要两个条件:(1)有可选的学习任务;(2)有自主学习的机会。

教学设计时,教师需设计不同类型的学习任务,特别是选做和选择性必做任务,学生根据自己的实际需求与偏好主动选择。有时有效性和趣味性难以兼顾,花边任务也是允许的(加涅等人将有趣但无关材料称之为花边<sup>[36]</sup>)。与评估任务不同,学习任务含有学生需要进行的可操作性学习活动、启发性提示。部分活动与提示以隐式方式呈现给学生,是否接受这些指引由学生自己掌控。

教学过程中,学生能够自主学习,有机会完成自己选择的学习任务并按自己接受的学习活动与提示学习。自主学习中教师需要针对学生涌现出的问题给予指引与点拨,为深度学习保驾护航。学生的自主性越强,表现出的学习进程越有别于其他学生,整个班级的学习进程越无序。针对这种情况,教师事先设计的冗余任务能够让进程变得有序(仅对教师而言),通过控制冗余任务的数量,控制学生迭代学习次数,通过规定冗余任务的完成顺序,限定认知发展路径。对于学生学得如何、有何问题、该如何给予帮助的决策,教师需要即时判定机器是否有个性化决策、审核是否合适。如果合适,则采用机器的决策方案;如果不合适,则教师需自行设计决策方案;如果介于两者之间,则需修正不合适的部分,补充缺失的部分。这样决策的灵活性便体现在决策是由教师人工完成、智能机器自动完成还是教师与智能机器一起完成。

### 六、结 语

本研究借助计算机科学领域中软件架构的理念,类比于何克抗教授关于教学结构的定义,将学习架构界定为在教与学理念(教育思想、教学理论、学习理论等)的指导下,在某种环境中展开的,由任务、活动、进程、决策等影响要素相互联系、相互作用而形成的教与学模式的灵活的框架形式。该界定通过关注影响要素(教学结构关注构成要素)来表征教与学的灵活性,与教学结构并非互斥。之后,本研究解析了三种有代表性的学习架构模型,在此基础上,构建了一种深度学习架构模型,主要包括学习任务、学习活动、学习进程、教学决策四大要素,它们均具有二元属性,每对二元属性像立体声中的左右声道一样,通过相互协调来表征各要素的灵活性。实现深度学习灵活性,离不开智能技术赋能的课堂环境的支持,后续,本研究团队将继续深入探究,以期提出更为完备的赋能机制。

### [参考文献]

- [1] 祝智庭,彭红超.深度学习:智慧教育的核心支柱[J].中国教育学报,2017(5):36-45.
- [2] Wikipedia.Architecture[EB/OL].(2019-02-23)[2019-02-23].[https://en.wikipedia.org/wiki/Architecture#cite\\_note-3](https://en.wikipedia.org/wiki/Architecture#cite_note-3).
- [3] SCANLAN M. A learning architecture:how school leaders can design for learning social justice[J].Educational administration quarterly, 2013,49(2):348-391.
- [4] CLEMENTS P, BACHMANN F, BASS L, et al. Documenting software architectures:views and beyond [M].2nd ed.Boston:Addison-Wesley,2003.
- [5] SHAW M, GARLAN D. Software architecture:perspectives on an emerging discipline[M]. Englewood:Prentice Hall,1996.
- [6] 何克抗.E-learning 与高校教学的深化改革(下)[J].中国电化教育,2002(3):11-14.
- [7] Flexible Learning Advisory Group.2008-2011 Australian flexible learning framework strategy [R/OL].(2007-08-10)[2019-02-13].<https://>



- technologytwitter.typepad.com/westcoasttafe/files/2008\_2011\_Framework\_Strategy.pdf.
- [8] WENGER E. Communities of practice: learning, meaning, and identity[M]. Cambridge: Cambridge university press, 1999.
- [9] SHEEHAN D, JOWSEY T, PARWAIZ M, et al. Clinical learning environments: place, artefacts and rhythm [J]. Medical education, 2017, 51(10): 1049-1060.
- [10] ABEL R, BROWN M, SUESS J. A new architecture for learning[J]. EDUCAUSE review, 2013, 48(5): 88-90, 92, 96, 98, 100, 102.
- [11] ITO M, GUTIÉRREZ K, LIVINGSTONE S, et al. Connected learning: an agenda for research and design [M]. Irvine, CA: Digital Media and Learning Research Hub, 2013.
- [12] Khan Lab School. Architecture of learning[EB/OL].[2019-01-02].<https://khanlabschool.org/learning-design/architecture-learning>.
- [13] Khan Lab School. Academic & character outcomes [EB/OL].[2019-01-02].<https://khanlabschool.org/learning-design/academic-character-outcomes>.
- [14] IMS Global Learning Consortium. What interoperability will next generation digital learning environments (NGDLEs) require?[EB/OL].[2019-01-06].<https://www.imsglobal.org/article/what-interoperability-will-next-generation-digital-learning-environments-ngdles-require>.
- [15] BIGGS J B. From theory to practice: a cognitive systems approach[J]. Higher education research and development, 1993, 12(1): 73-85.
- [16] 彭红超, 祝智庭. 以测辅学: 智慧教育领域中精准教学的核心机制[J]. 电化教育研究, 2017(3): 94-103.
- [17] FLOYD K S, HARRINGTON S J, SANTIAGO J. The effect of engagement and perceived course value on deep and surface learning strategies[J]. Informing science: the international journal of an emerging transdiscipline, 2009, 12(10): 181-190.
- [18] NIKOLOVA I, COLLIS B. Flexible learning and design of instruction[J]. British journal of educational technology, 1998, 29(1): 59-72.
- [19] WIGGINS G, MCTIGHE J. Understanding by design [M]. 2nd ed. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005.
- [20] HUBERMAN M, BITTER C, ANTHONY J, et al. The shape of deeper learning: strategies, structures, and cultures in deeper learning network high schools [R/OL]. (2014-09-15)[2019-01-06].<https://www.air.org/resource/shape-deeper-learning-strategies-structures-and-cultures-deeper-learning-network-high>.
- [21] NEWMANN F M, BRYK A S, NAGAOKA J K. Authentic intellectual work and standardized tests: conflict or coexistence? Improving Chicago's schools[R]. Chicago: Consortium on Chicago School Research, 2001.
- [22] HULLEMAN C S. The role of utility value in the development of interest and achievement [D]. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison, 2007.
- [23] BRONFENBRENNER U. The ecology of human development: experiments by nature and design [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1979.
- [24] CSIKSZENTMIHALYI M. Flow: The psychology of optimal experience[M]. New York: Harper Perennial, 1990.
- [25] HART I. Learning and the 'F' word[J]. Educational media international, 2000, 37(2): 98-101.
- [26] HARTER S. Pleasure derived from optimal challenge and the effects of extrinsic rewards on children's difficulty choices[J]. Child development, 1978, 49(3): 788-799.
- [27] ALDERMAN M K. Motivation for achievement: possibilities for teaching and learning[M]. New York: Routledge, 2013.
- [28] GROLNICK W S, RYAN R M. Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school [J]. Journal of educational psychology, 1989, 81(2): 143.
- [29] REEVE J, JANG H. What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity [J]. Journal of educational psychology, 2006, 98(1): 209.
- [30] ANDERSON L W, KRATHWOHL D R, AIRASIAN P W, et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition[M]. White Plains, NY: Longman, 2001.
- [31] THARP R G, GALLIMORE R. Rousing minds to life: teaching, learning, and schooling in social context [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991.
- [32] 祝智庭. 智慧教育新发展: 从翻转课堂到智慧课堂及智慧学习空间[J]. 开放教育研究, 2016, 22(1): 18-26.
- [33] NELSON D. Design-based learning in action in K-12 classrooms[EB/OL].[2019-01-03].<https://www.cpp.edu/~dnelson/classroom.html>.

- [34] LYNCH R, MCNAMARA P M, SEERY N. Promoting deep learning in a teacher education programme through self-and peer-assessment and feedback[J].European journal of teacher education, 2012, 35(2): 179-197.
- [35] 彭红超, 祝智庭. 人机协同决策支持的个性化适性学习策略探析[J]. 电化教育研究, 2019, 40(2): 14-22.
- [36] GARNER R, GILLINGHAM M G, WHITE C S. Effects of 'seductive details' on macroprocessing and microprocessing in adults and children[J]. Cognition and instruction, 1989, 6(1), 41-57.

## Learning Architecture: An Expression of Deep Learning Flexibility

PENG Hongchao<sup>1</sup>, ZHU Zhiting<sup>2</sup>

(1. Department of Education Information Technology, East China Normal University, Shanghai 200062;

2. School of Open Learning and Education, East China Normal University, Shanghai 200062)

**[Abstract]** In order to meet the demand for flexibility of deep learning, this study aims to build a flexible framework; learning architecture. In this regard, starting with the meaning of "architecture" in the fields of architecture and computer science, this study proposes the definition of learning architecture representing flexibility based on the exploration and analogy with the definition of pedagogical structure. Then, this study further analyzes three existing learning architecture models from the perspective of deep learning, and finds that they can only meet some features of deep learning. Based on those understandings, this study constructs a deep learning architecture model that can reflect the flexibility of learning tasks, learning activities, learning process and teaching decisions, and discusses its conceptual mechanism. It is hoped that this study can deepen scholars' understanding of the learning architecture and provide a new direction for the research of deep learning.

**[Keywords]** Learning Architecture; Deep Learning; Flexibility; Architecture Model; Smart Classroom