

# 深度学习视域下学习者协同知识建构历程的社会认知网络特征分析

周平红, 周洪茜, 张屹, 林利

(华中师范大学 人工智能教育学部, 湖北 武汉 430079)

**[摘要]** 通过协同知识建构有效引导学习者的认知层次走向深入,对学习者的知识建构历程进行动态性、过程性、综合性评估是学习科学领域研究的重点与难点。本研究基于两个通用的知识构建原则,构建以深度学习为核心的大学生协同知识建构教学模式并开展实证研究。采用社会认知网络特征(SENS)分析法对学生协同知识建构的社会认知演化轨迹进行可视化分析。结果表明:该模式能够显著提升学生的深度学习效果及协同知识建构水平;协同知识建构过程中,学生的社会交互参与度增强,网络凝聚性逐步提升;不同社群学生在不同教学阶段的知识进步水平具有层次性差异,核心组形成了高层次认知网络结构,知识进步呈现进阶演化趋势,半边缘组的认知网络结构具有局部性特点,教学后期才出现明显知识进步,边缘组连接稀疏,共现极少,无明显知识进步。研究为一线教师开展信息化环境下的深度教学提供了借鉴,为解构学习者知识建构历程提供了新的思路。

**[关键词]** 深度学习; 协同知识建构; 知识进步; 社会认知网络特征; 认知网络分析

**[中图分类号]** G434

**[文献标志码]** A

**[作者简介]** 周平红(1979—),女,湖北黄石人。副教授,博士,主要从事STEM教育与计算思维、智慧教育与移动学习、教育信息化测评与发展战略研究。E-mail:phzhou@mail.ccnu.edu.cn。

## 一、引言

作为第四次工业革命的重要推动力,人工智能对人类的生、活产生了深刻影响,也使得教育领域正发生着重大的结构性变革,特别是对发展关键能力和核心素养的人才培养导向愈加凸显。2017年,我国颁布的《新一代人工智能发展规划》中明确提出要发展“智能教育”,利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革,构建包含智能学习、交互式学习的新型教育体系<sup>[1]</sup>。作为新型教育理念与学习方式变革的重要方向,深度学习在其中受到广泛关注,协同知识建构对于实现深度学习具有重要意义。协同学习中的知识建构,正是由于群体成员之间的多样性,发现了不同于自身知识结构的认知方式,通过在社区内承

担集体责任共同建构知识,产生出可持续改进的想法,从而有效获得更高认知层次的成果<sup>[2]</sup>。在协同知识建构情境中进行有效交互是促进群体协作学习成功的关键因素。如何有效引导学生进行深度知识建构?学生如何逐步参与在线协同知识建构活动以加深他们的集体理解?不同社群学生在协同知识建构活动中的认知网络轨迹发展(即知识进步)有何差异?这是本研究重点关注的问题。

已有研究表明,在线深度学习环境中存在“活动无协作、协作无建构或建构低水平”的现实难题<sup>[3]</sup>,混合式学习环境下深度学习导向的协同知识建构模式<sup>[4]</sup>、基于涟漪拓展探究法<sup>[5]</sup>及经验认知冲突探究法<sup>[6]</sup>的在线深度协作知识建构学习策略、面向深度学习的动态知识图谱模型<sup>[7]</sup>等能够有效促进学习者的知识建构水

基金项目:2016年教育部人文社会科学研究青年基金项目“智慧教室环境中小学生协同知识建构研究”(项目编号:16YJC880112);华中师范大学2019年校级教学研究项目“基于认知网络分析的大学生协同知识建构能力培养研究与实践”(项目编号:201959)

平提升。此外,协同知识建构效果评价从多方面、多手段、多维度测评学习者的发展,如采用内容分析法、滞后序列分析法等方法研究学习者的动态学习情绪、认知行为序列模式以及二者之间的关系<sup>[8]</sup>,测评学生的注意力行为<sup>[7]</sup>,分析学生的认知投入情况<sup>[9]</sup>等。

传统的从总体、静态角度进行评估的学习分析方法存在一定局限,如何有效借由证据对学生在学习各阶段中的协同知识建构历程进行动态的捕捉及分析,探明在线环境下的协同知识建构活动如何促进知识进步,为有效教学提供精准反馈,需要进一步研究。社会认知网络特征(Social Epistemic Network Signature, SENS)分析法是一种协作学习分析方法,是社会网络分析(Social Network Analysis, SNA)与认知网络分析(Epistemic Network Analysis, ENA)两种互补的网络分析技术的结合,可以对学习者在认知活动中产生的交互数据进行社会层面和认知层面分析<sup>[10]</sup>,可用于表征和分析深度协作学习过程<sup>[11]</sup>。

本研究采用社会认知网络特征(SENS)分析方法对学生协同知识建构历程各个阶段中形成的互动网络结构以及不同社群学生知识建构特征进行可视化分析,明晰学生在协同知识建构过程中的思维发展全貌,以期提升学生的协同知识建构能力,为一线教师开展信息化环境下的深度教学提供借鉴与参考,为其他研究者动态表征和评价学习者知识建构历程提供新的思路。

## 二、理论基础

### (一)深度学习视域下的协同知识建构

深度学习(Deep Learning)是相对于学习过程中简单记忆和非批判性接受知识的浅层学习(Surface Learning)更高层次的学习<sup>[12]</sup>,其本质在于使学生真正参与到学习过程当中,通过对知识进行意义建构深化理解,提升高阶思维能力与深层次认知能力,培养人际交往能力和学习品质。何克抗认为深度学习是在奥苏贝尔的“有意义传递接受”理论指引下形成的“有意义传递—主导下探究相结合”的教学观念,有效实施深度学习的条件与途径在于树立科学的教育教学观念、运用有效的教学模式、建立新型“学习共同体”、创设智慧学习环境<sup>[13]</sup>。

知识建构被认为是学习科学领域的六种基础性创新方法之一<sup>[14]</sup>,它关注知识的持续产生和改进,对于促进深度学习起着关键性作用。由知识建构衍生的协同知识建构(Collaborative Knowledge Building,缩写为CKB),也称协作知识建构,是个体在特定的组织或

社区中互相协作、共同参与某种有目的的活动,最终形成某种观点、思想、方法等智慧产品的过程<sup>[15]</sup>,它更关注学习者协作进行知识创新。知识建构理论是基于原则的教学法,能够为深度学习设计提供机制指引<sup>[7]</sup>。

### (二)知识建构历程的社会认知网络特征分析

协同知识建构过程中,学生的社会交互行为与知识建构呈现动态变化。对知识建构历程的分析涉及社会交互演变和认知发展变化。结合社会网络分析和认知网络分析的社会认知网络特征分析法可以较好地动态捕捉知识建构历程变化趋势。其中社会网络分析法是一种社会科学定量研究方法,常用于呈现各节点之间的关系,并利用节点和节点间的关系可视化反映整体网络结构和特征,提供节点的度、中间中心性等各种参数以反映节点的地位和影响力。认知网络分析是一种可动态量化表征学习者认知网络的分析方法,它以认知框架理论和以证据为中心的教育评价设计模式为基础,通过获取教学活动中产生的关于学生知识技能发展证据的数据进行定量分析,来描述个人(或团体)学习过程<sup>[16]</sup>。

## 三、研究设计

本研究基于深度协同知识建构理论、结合ICAP框架,构建以深度学习为核心的大学生协同知识建构模式,开展教学实践。选取华中地区某师范大学教育技术学专业2018级36名本科生作为实验对象,其中男生10名,女生26名。以《教育学原理》课程为样本开展了为期一个学期(16周)的实证研究。

### (一)协同知识建构教学过程设计

依托信息化课堂与SPOC(Small Private Online Course,小规模限制性在线课程)环境,采用两个通用的知识构建原则,即“社区知识和集体责任”和“持续改进的想法”原则为最高层次的支架,参考Gunawardena提出的协同知识建构五阶段模型,即共享和比较信息、发现和分析内容与观点间的差异、通过意义协商进行知识的协同建构、对新构建的知识进行测试和修改、应用新构建的知识<sup>[17]</sup>进行活动设计。同时引入Micheline T.H.Chi提出的ICAP学习方式分类框架(ICAP分别是Interactive、Constructive、Active and Passive Mode四种学习方式的首字母缩写)<sup>[18]</sup>,以学生的显性行为为基础定义认知参与活动,设计有效的深度对话脚手架和反思脚手架策略,引导学生积极采用“建构学习”和“交互学习”方式,构建了以深度学习为核心的大学生协同知识建构活动流程,如图1所示。

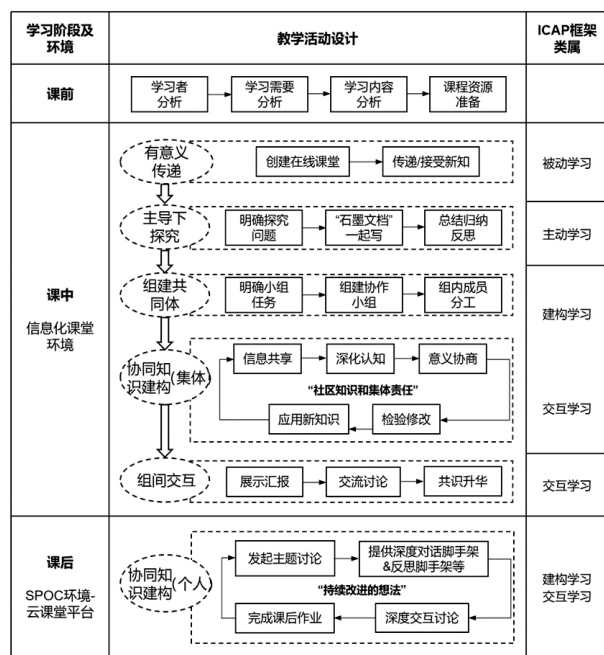


图1 以深度学习为核心的大学生协同知识建构活动流程

课前阶段——教师首先分析学习者认知特征、学习风格及学习需要,明确学习内容各组成部分的联系,规划教学顺序,并以此设计课堂教学活动,准备课程资源。

课中阶段——在信息化课堂环境中开展集体协同知识建构。

(1)有意义传递。教师在教学过程中传递新知,注重扩充与完善学生的认知结构,促进学生积极地接受学习。

(2)主导下探究。教师结合学习资源,展示探究性问题,学生在规定时间内思考,采用“石墨文档”云协作工具,多人同时编辑答案。教师对学生答案进行总结归纳,引导学生进行反思。

(3)组建共同体。教师围绕教学内容,布置多主题小组探究任务,充分调动学生的学习积极性。学生以组建学习共同体的形式,承担集体责任。明确任务,选择主题,成员分工,协作完成。

(4)协同知识建构(集体)。学生通过信息共享、深化认知、意义协商、检验修改、应用新知识五个阶段进行以讨论、协商为主的组内协同建构,形成小组协同知识建构成果,实现知识的社会化建构创生。

(5)组间交互。各小组展示汇报协作学习成果和协作学习过程,通过回应其他小组提出的问题与质疑,不断完善观点,达成共识升华。教师对小组成果进行形成性评价,并适时进行知识的补充与讲解。

课后阶段——在SPOC环境中开展深度协作。通过学校云平台讨论区发帖回帖记录学习者交流、讨

论、答疑等活动数据,引导学生在讨论区中进行以观点为中心的协作,并为学生提供深度对话脚手架(如:“其他同学的观点中有哪些你比较认可?有哪些你不认可?原因是什么?”)和反思脚手架(如:“随着学习内容的不断深入,你对自己之前的观点有没有想要补充或修改的地方?”),辅助学生拓展交互深度,促进想法的持续发展,从而实现协同知识建构的达成。

## (二)研究过程

首先,教师充分运用以深度学习为核心的大学生协同知识建构模式进行教学,在实施教学前对学生的深度学习水平和协同知识建构水平进行前测。在教学完成后进行后测,收集学生协同知识建构的过程性数据。其次,对文本数据开展内容分析,对内容分析后的编码数据开展社会认知网络特征(SENS)分析,从社会网络和认知网络两个角度分析交互特征、社群分类、认知网络和建构历程。最后,对不同社群学生在不同阶段的协同知识建构活动水平统计分析。

## (三)研究工具

### 1. 社会认知网络特征分析

本研究采用社会认知网络特征分析方法,结合社会网络分析和认知网络分析,探究学生社会交互行为与知识进步历程。

(1)选用UCINET6.0作为社会网络分析工具,从时间阶段对SPOC云课堂学习平台讨论区中的师生互动网络结构进行剖析,探究学生在线参与过程中的交互特征。通过收集讨论区中发帖和回帖的交互行为数据,建立师生交互关系矩阵,输入到UCINET中,通过网络中心性、核心—边缘结构分析对网络结构进行量化分析。

(2)基于Anderson、Krathwohl等人于2001年修订的Bloom认知目标分类体系<sup>[9]</sup>,从知识类型和认知过程维度对SPOC云课堂学习平台讨论区中学生的发帖内容进行双重编码,以表征学生知识进步水平。知识包括了从具体到抽象四个类别:事实知识、概念知识、程序知识和元认知知识。认知过程依据认知复杂程度由低到高分别为记忆、理解、应用、分析、评价和创造共六个维度,对知识的记忆、理解、应用属于初步的浅层认知,分析、评价、创造属于较高级别的深层认知,见表1。由两位经验丰富的研究者分别对讨论区文本数据进行编码,其编码一致性Cohen's Kappa系数为0.834>0.8,信度良好。将编码后的数据导入认知网络分析在线工具(<http://www.epistemicnetwork.org/>)中,对学生协同知识建构历程进行认知网络可视化分析。



表 1 学习者认知网络分析编码表

维度	分类	释义	编码
知识 维度	事实知识	术语知识、具体细节和要素的知识	SK
	概念知识	类别与分类的知识、原理与概括的知识理论、模式与结构的知识	CK
	策略知识	具体学科技能和算法的知识、具体学科技巧和方法的知识、确定何时运用适当程序的知识	PK
	元认知知识	策略知识、关于认知任务的知识、自我知识	MK
认知 过程 维度	记忆	识别、回忆、描述、列举	1
	理解	解释、举例、分类、总结、推断、比较、说明	2
	应用	执行、实施、使用	3
	分析	辨别、组织、归因	4
	评价	检查、评论、判断、监控	5
	创作	生成、计划、制作	6

## 2. 深度学习效果和协同知识建构效果问卷

深度学习效果问卷参考 ICAP 框架,设计的测评指标体系包括被动学习方式(共 5 题)、主动学习方式(共 6 题)、建构学习方式(共 8 题)、交互学习方式(共 7 题)四个维度。问卷以李克特五级量表形式呈现,前后测问卷共发放 36 份,回收 34 份,有效问卷 34 份,前后测问卷的 Cronbach's  $\alpha$  系数分别为 0.903 和 0.937,具有较高的内部一致性。

协同知识建构问卷参考 Gunawardena 提出的协同知识建构五阶段模型,结合大学生的认知特点,设计的测评指标体系包括信息分享(共 5 题)、深化认知(共 4 题)、意义协商(共 4 题)、检验修改(共 1 题)、应用新知识(共 1 题)五个维度。问卷以李克特五级量表形式呈现,前后测问卷的 Cronbach's  $\alpha$  系数分别为 0.856 和 0.911,具有较高的内部一致性。

## 四、数据分析结果

### (一)学生深度学习效果与协同知识建构效果分析

通过两配对样本  $T$  检验对学生深度学习效果和协同知识建构水平的前后测差异进行分析,结果如表 2 所示。深度学习效果方面,学生总体水平前后测间存在显著性差异( $t=-3.331, p=0.002<0.01$ ),且后测均值高于前测(4.11>3.93)。从具体维度来看,在被动学习方式( $t=-2.448, p=0.020<0.05$ )、建构学习方式( $t=-3.301, p=0.002<0.01$ )与交互学习方式( $t=-2.752, p=0.010$ )三个维度上呈现显著性差异,这表明经过协同知识建构模式教学后,学生的学习方式向建构与交互层次进行转变,促进了深度学习的达成。协同知识建

构效果方面,在经过一学期协同知识建构模式教学后,学生总体水平前后测间存在显著性差异( $t=-3.437, p=0.002<0.01$ ),且后测均值高于前测(4.13>3.90)。从具体维度来看,在信息分享( $t=-4.608, p=0.000$ )、应用新知识( $t=-3.423, p=0.002<0.01$ )阶段呈现显著性提升,表明学生在协同知识建构过程中增进了有意义的互动与协商,能够达成共识,进而促进了新知识的建构和应用。

表 2 学生深度学习效果与协同知识建构水平  
前后测对比分析

维度	分维度	前后测	Mean	SD
深度学习 效果	被动学习方式	前测	4.09	0.37
		后测	4.26	0.43
	主动学习方式	前测	3.90	0.48
		后测	4.02	0.50
	建构学习方式	前测	3.92	0.43
		后测	4.13	0.46
	交互学习方式	前测	3.82	0.45
		后测	4.02	0.52
	深度学习效果 总体水平	前测	3.93	0.36
		后测	4.11	0.43
协同知识 建构 水平	信息分享	前测	3.95	0.40
		后测	4.26	0.47
	深化认知	前测	3.93	0.43
		后测	3.99	0.53
	意义协商	前测	3.88	0.38
		后测	4.04	0.55
	检验修改	前测	3.97	0.67
		后测	4.15	0.61
	应用新知识	前测	3.79	0.54
		后测	4.21	0.69
	协同知识建构 总体水平	前测	3.90	0.39
		后测	4.13	0.45

### (二)学生交互行为社会网络结构的演变分析

#### 1. 中心性分析

中心性是社会网络分析的研究重点之一。中心度测量的是节点接近网络中心的程度,能够表征社会网络中个体的重要性及其居于怎样的中心地位,中心势测量的是一个图在多大程度上围绕某个或某些特殊点建构起来。本研究主要从点度中心性、中间中心性两个方面对不同群体学生在教学各阶段的社会交互行为予以分析。

节点的点度中心度(Degree Centrality)指与该节点直接相连的其他节点的个数,刻画节点的局部中心指数,包括点入度和点出度。节点的中间中心度

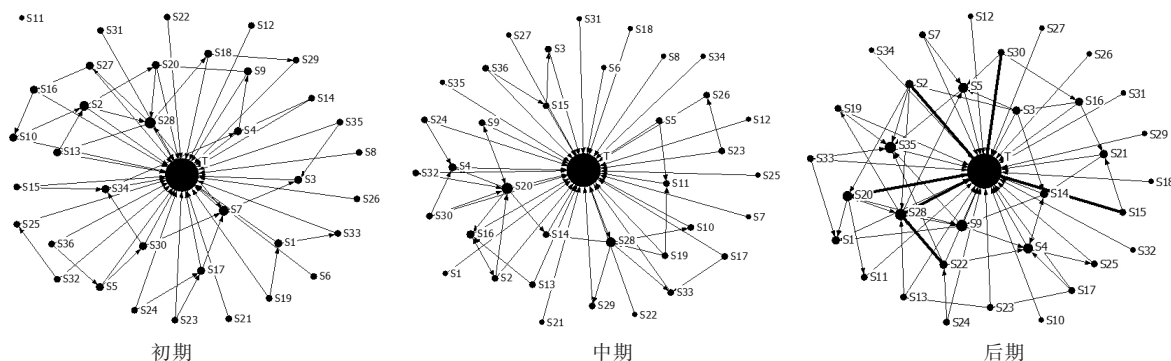


图2 教学初期、中期、后期师生讨论区网络点度中心度社群图

(Betweenness Centrality)指该节点担任其他两个节点之间最短桥梁“中介”的次数。根据教学进度安排,分别选取教学初期(第1周)、中期(第6周)、后期(第12周)的讨论区交互数据,依据点度中心度进行可视化处理,结果如图2所示。中间中心度社群图的基本轮廓和图2基本一致。教学初期、中期、后期三个阶段,师生讨论区网络密度值分别为0.045、0.047、0.070,呈现明显的上升趋势,表明群体连接程度逐渐紧密;点度中心势分别为0.926、0.965、0.553,呈现明显的下降趋势,说明权力由原先的过分集中到逐渐分散,个体对知识的贡献程度差异逐渐缩小,网络中的核心成员变多;中间中心势分别为0.101、0.123、0.197,表明社会交互网络愈加凝聚。

部分成员在三个阶段的点度中心度和中间中心度数值见表3。节点值越大表明成员的中心性越高。

## 2. 核心—边缘结构分析

核心—边缘结构分析是根据网络中节点之间联系的紧密程度将其划分为两类,一类是核心行动者,它们相互间具有紧密的联系;一类是边缘行动者,它们相互间缺少或者很少联系;介于这两类群体之间的成员称为半边缘行动者<sup>[20]</sup>。核心行动者在与边缘行动者的交换关系中处于优势地位。对讨论区交互社会网络进行核心—边缘结构分析,得出结构模型。核心行动者有8位成员(T、S28、S2、S16、S4、S5、S20、S9),他们是最积极参与讨论区交互的群体。半边缘行动者有17位成员(S1、S3、S13、S15、S7、S17、S18、S19、S21、S22、S23、S24、S30、S32、S33、S34、S36),他们同时受到

核心行动者和边缘行动者的影响。边缘行动者有12位成员(S6、S8、S12、S14、S11、S25、S26、S27、S10、S29、S31、S35),和其他成员相比,他们的合群程度较低,参与讨论不积极,因而处于网络边缘位置。

## (三)不同社群学生知识进步的认知网络分析

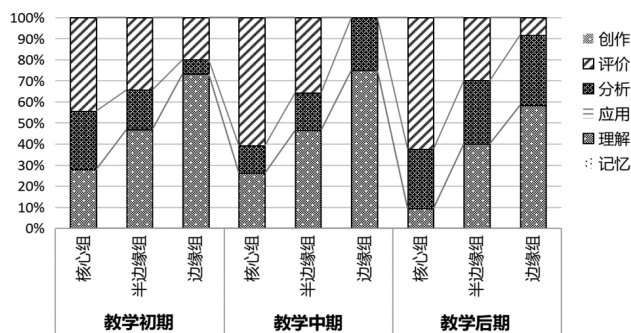


图3 不同社群学生不同阶段的协同知识建构活动水平统计图

根据社会网络分析中的核心—边缘结构分析结果,将学生划分为“核心组”“半边缘组”和“边缘组”三个社群。在对讨论区文本内容编码的基础上,采用6分法对学生“认知过程”维度进行量化评分,以考查学生参与协同知识建构活动的质量,其中记忆(1分)表示最低水平,创作(6分)表示最高水平。不同社群学生不同阶段的协同知识建构活动水平如图3所示。据图可知,不同社群学生中,核心组在参与知识建构活动时投入高层次认知的频次较多,半边缘组次之,边缘组最少。随着教学进程的推进,三种社群学生的交互共建质量均有所提升,认知水平呈正向发展。

表3 部分成员交互社会网络中心度值(单位:%)

成员编号	教学初期			教学中期			教学后期		
	点出度	点入度	中间中心度	点出度	点入度	中间中心度	点出度	点入度	中间中心度
T	0.000	97.222	0.00	2.778	100.00	12.66	1.471	58.824	21.13
S28	13.889	8.333	11.11	13.889	5.56	10.60	7.353	7.353	6.53
S23	5.556	0.000	0.00	5.556	0.00	0.00	2.941	1.471	0.22
S11	0.000	0.000	0.00	2.778	5.56	0.00	1.471	1.471	0.00

表 4

不同社群学生认知网络差异  $T$  检验结果

组别	N	X 轴					Y 轴				
		Mean	SD	$t$	Effect Size(d)	$p$	Mean	SD	$t$	Effect Size(d)	$p$
核心组	7	0.75	0.87	-2.34	0.54	0.02*	0.30	0.92	0.58	0.14	0.57
半边缘组	17	0.16	1.18				0.16	1.02			
核心组	7	—	—	-5.17	1.31	0.00***	—	—	3.03	0.89	0.00***
边缘组	9	-0.67	1.19				-0.40	0.72			
半边缘组	17	—	—	-3.22	0.70	0.00***	—	—	3.04	0.62	0.00***
边缘组	9	—	—				—	—			

注: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ 。

依照编码表(表 1)对学生的讨论区发帖内容进行认知网络可视化分析,获得不同社群学生的认知网络质心图(如图 4 所示)、在不同教学阶段认知网络质心的变化轨迹图(如图 5 所示)以及认知网络图(见表 5)。

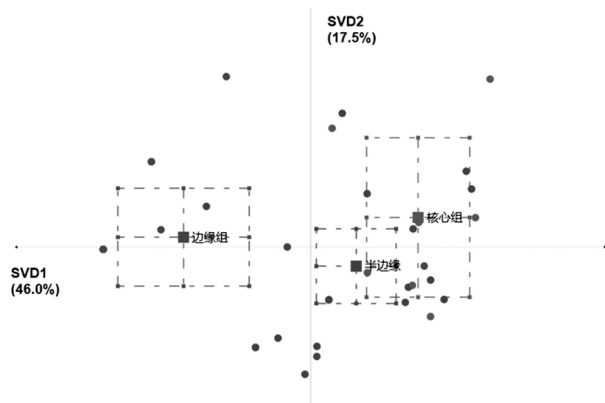


图 4 核心组、半边缘组、边缘组的认知网络质心图

#### 1. 不同社群学生的认知网络质心及变化轨迹

表 4 显示不同社群学生的认知网络经独立样本  $T$  检验的结果,核心组与半边缘组的认知网络在 X 维度具有显著性差异( $p=0.02 < 0.05$ ),在 Y 维度不具有显著差异( $p=0.57 > 0.05$ );核心组与边缘组的认知网络在 X、Y 维度均存在显著性差异( $p=0.00$ );半边缘组与边缘组的认知网络 X、Y 维度均存在显著性差异 ( $p=$

0.00)。结合图 4 所示网络质心图,发现核心组、半边缘组、边缘组的质心位置相距较远,这表明不同在线参与程度的学生在讨论过程中产生了不同的认知水平 and 结构,具体可以通过认知网络图进行分析。

图 5 显示,核心组在三个阶段的认知网络质心存在差异,且具有明显轨迹(如箭头所示),这表明学生在三个阶段使用的“知识”和“认知过程”元素各有偏重。半边缘组在三个阶段的认知网络质心也存在一定差异,但变化幅度较核心组小。边缘组在三个阶段的质心较为集中,且彼此没有显著差异,表明学生在不同阶段进行知识建构所涉及元素较为相似。

#### 2. 不同社群学生在不同阶段的认知网络图

表 5 详细地展示了学生的知识建构历程,图中线条的粗细和颜色饱和度代表了元素之间连接的强弱。通过比较发现,核心组的连接节点大,连线粗,颜色深,强度始终强于半边缘组,半边缘组的连接强度始终明显强于边缘组。具体表现为:

核心组学生的认知网络结构较为均匀、完整,其中在高层次的知识和认知维度表现出较高的参与度,在教学初期理解和评价事实知识和概念知识,教学中期学生对概念知识的评价增多,且善于进行元认知反思,教学后期连接几乎涵盖了所有维度,整个认知网络结构形成了更加平衡的联系。半边缘组的认知网络

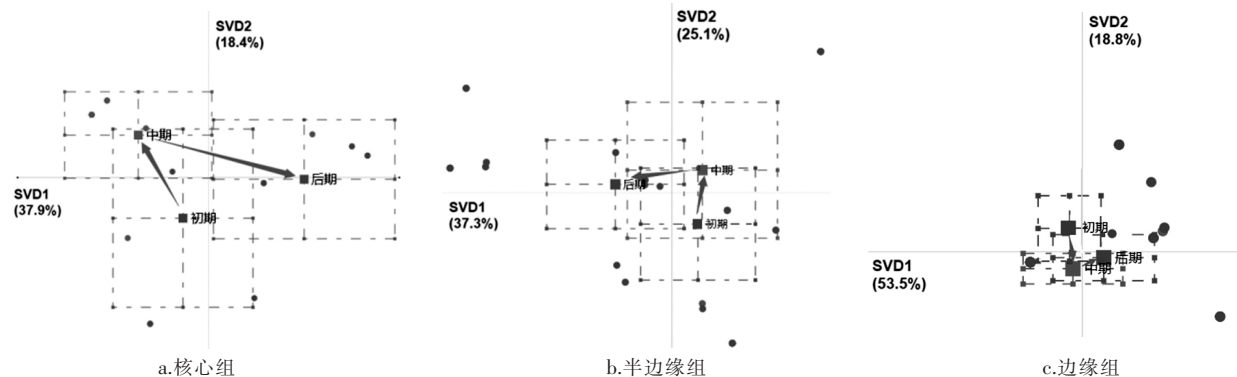
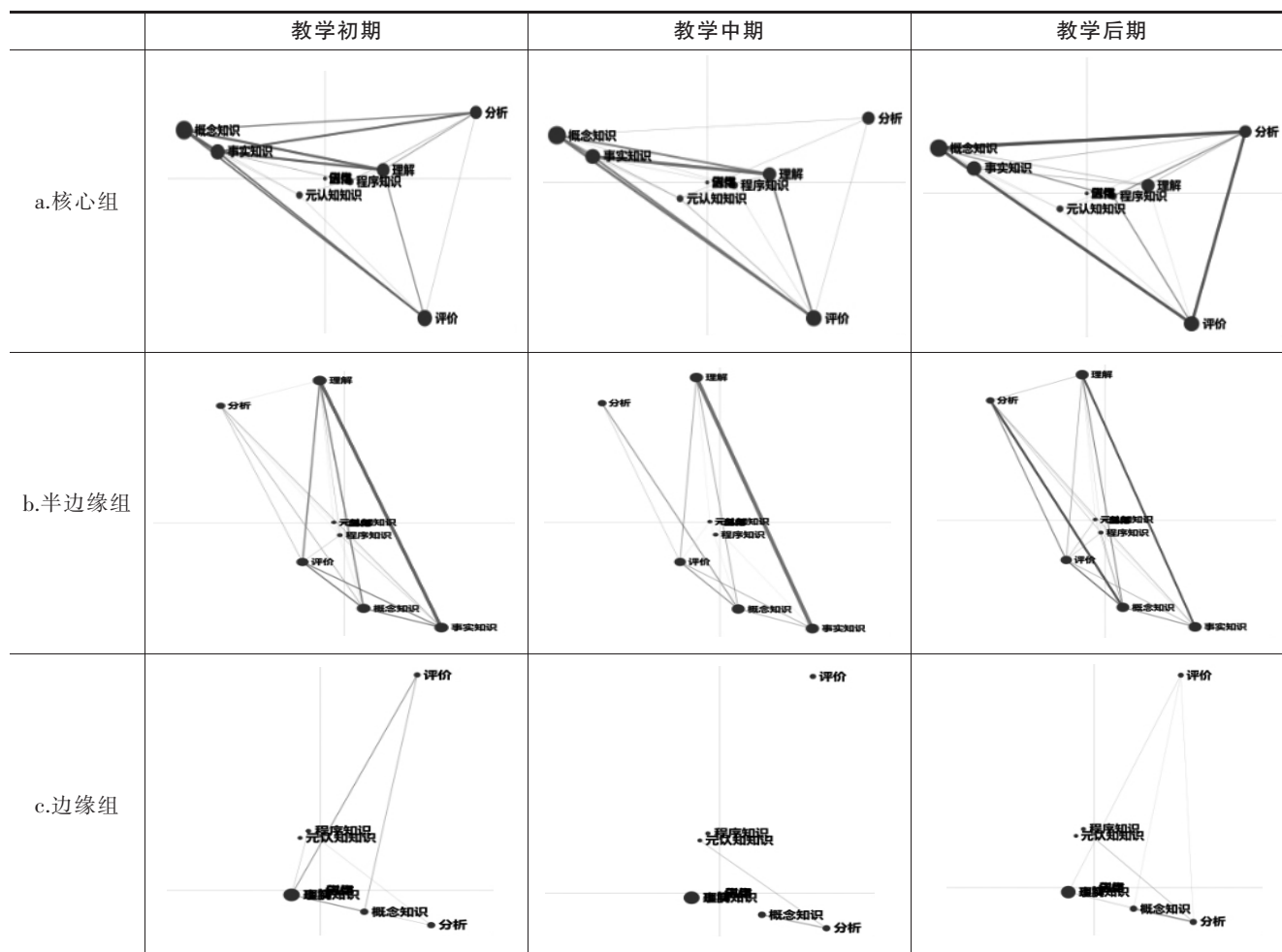


图 5 不同社群学生在不同阶段的认知网络质心的变化轨迹图



表 5

不同社群学生不同阶段的认知网络图



结构具有局部性的特点,在教学初期、中期的连接集中于理解事实知识,在教学后期表现为分析概念知识的连接增强,其他连接也更加紧密,但元认知知识较少。边缘组学生连接数量较少,且较高层次维度间的连线占据非常微小的比例,学习较为被动。可见,三组学生体现出具有层次梯度的知识建构水平,核心组学生的知识进步水平在整个教学过程中呈现明显进阶演化趋势,半边缘组学生在教学后期才有明显知识进步,边缘组学生无明显变化。

## 五、结论与展望

本研究应用“社区知识和集体责任”和“持续改进的想法”知识构建原则,构建了以深度学习为核心的大学生协同知识建构教学模式,并开展教学实践应用,对个体和群体的社会交互演变轨迹及知识进步过程进行了分析。研究结果表明:

(1)以深度学习为核心的大学生协同知识建构教学模式对于提升学生的深度学习效果以及协同知识建构水平具有显著影响。在该模式中,教师对深度交互教

学策略进行精心设计,搭建能够促进学生对话与反思的手脚架进行相关教学干预。已有研究表明,深层教学交互对深度学习的影响作用显著高于浅层交互<sup>[21]</sup>。该模式通过让学习者参与到对所在社区集体知识的共建共享与自我反思中来,推动了深度内容交互和深层人际交互,促进了学生的学习方式向“建构”与“交互”转变,从而不断提升知识进步的质量,达成了深度学习效果。

(2)教师引导及深度交互策略的设计促进社会交互网络的形成。在线协同知识建构过程中学生的社会交互参与度增强,网络凝聚性逐步提升。随着教学的推进,教师充分引导、促进和激励学习者进行积极建构与交互,学生在协同知识建构过程中的交互频次增多。理想的协作学习是社区内所有成员为了共同的目标在协作过程中积极参与,并在学习过程中进行适应性的自我调节、相互调节和集体调节,最终使得所有成员均在协作中加深对知识的理解和掌握、获得自身能力的提高<sup>[22]</sup>。因此,对于处于交互网络边缘的学生,教师应当予以更多关注与适时反馈,监督和引导其参与有意义交互,鼓励网络核心成员发挥中介作用,提

高交互网络整体活跃度,促进认知发展。

(3)社会交互程度及分析、评价类的高阶认知活动会影响学生的知识进步,不同教学阶段学生的知识进步水平呈现层次性差异。与边缘组学生相比,核心组和半边缘组学生知识进步显著,学生的知识建构水平由浅层次向深层次过渡,普遍表现为由简单性知识回答向对回答进行高阶的辨析、归因转变。核心组在后期增强了对观点的自我认识,而半边缘组较为缺乏,因而该组学生的知识建构处于中等水平,边缘组在高层次认知要素上较少涉猎,无显著知识进步。此外,三类社群学生在知识建构历程中的元认知知识较少,且未涉及认知过程中的创作维度,究其原因可能

是课程性质的关系,学生缺少相应的实践环节。

人工智能时代带来新的学习境遇与诉求,学习环境的多样化、复杂化使得动态表征学习者的知识建构历程成为学习分析与测评领域研究的重要议题。本研究基于过程性证据评价学习者的交互深度及认知发展的演变规律,对于教师开展深度教学具有理论和实践意义。由于采用人工方式对讨论区交互数据进行编码,因此该方法只适用于样本量较小的研究,未来可以考虑使用数据挖掘技术等更大程度地捕捉和分析学生的协同知识建构过程数据,拓展和丰富数据类型,关注信息化环境中基于多模态数据的学生协同知识建构过程研究。

#### [参考文献]

- [1] 国务院. 新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL]. (2017-07-08)[2017-07-20]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm).
- [2] 周平红,张屹,杨乔柔,白清玉,陈蓓蕾,刘峥.智慧教室中小学生协同知识建构课堂话语分析——以小学科学课程为例[J].电化教育研究,2018,39(1):20-28.
- [3] 李海峰,王炜.自组织视域下的在线深度协作知识建构研究[J].中国远程教育,2019(1):47-57.
- [4] 韦怡彤,王继新,丁茹.混合式学习环境下深度学习导向的协同知识建构模式研究——以《教育技术学导论》课程为例[J].中国电化教育,2019(9):128-134.
- [5] 李海峰,王炜.涟漪拓展探究法——一种在线深度协作知识建构的学习策略探索[J].电化教育研究,2019,40(6):76-83,120.
- [6] 李海峰,王炜.经验认知冲突探究法——一种翻转课堂模式下的深度协作知识建构学习策略探索[J].电化教育研究,2020,41(1):99-106,121.
- [7] 姜强,药文静,赵蔚,李松.面向深度学习的动态知识图谱建构模型及评测[J].电化教育研究,2020,41(3):85-92.
- [8] 王云,李志霞,白清玉,姚海莹.在线讨论中动态学习情绪和认知行为序列的关系研究[J].电化教育研究,2020,41(6):60-67.
- [9] 张思,何晶铭,上超望,夏丹,胡泉.面向在线学习协同知识建构的认知投入分析模型及应用[J].远程教育杂志,2020,38(4):95-104.
- [10] GASEVIC D, JOKSIMOVIC S, EAGAN B R, SHAFFER D W. SENS:network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning[J]. Computers in human behavior,2018,7(3):1-16.
- [11] 冷静,徐浩鑫.探析深度学习表征的一种新方法:社会认知网络特征(SENS)[J].远程教育杂志,2020,38(3):86-94.
- [12] MARTON F, SALJO R. On qualitative differences in learning: I-Out come and process[J]. British journal of educational psychology, 1976, (46): 4-11.
- [13] 何克抗.深度学习:网络时代学习方式的变革[J].教育研究,2018,39(5):111-115.
- [14] SAWYER R K. The Cambridge handbook of the learning sciences[M]. London:Cambridge University Press, 2014.
- [15] 谢幼如,宋乃庆,刘鸣.基于网络的协作知识建构及其共同体的分析研究[J].电化教育研究,2008(4):38-42.
- [16] 吴忞,王戈,盛海曦.认知网络分析法:STEM 教育中的学习评价新思路[J].远程教育杂志,2018,36(6):3-10.
- [17] GUNAWARDENA C N, LOWE C A, ANDERSON T. Analysis of a global online analysis of interaction in online environments debate and development of an interaction analysis model for examing social construction of knowledge in computer conferencing[J]. Journal of educational computing research, 1997, 17(4):397-431.
- [18] MICHELENE T H C, RUTH W. The ICAP Framework: linking cognitive engagement to active learning outcomes [J]. Educational psychologist, 2014, 49(4):219-243.
- [19] ANDERSON L W, KRATHWOHL D R, AIRASIAN P W, et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: arevision of Bloom's taxonomy of educational objectives[M]. New York: Longman, 2001.
- [20] 刘清堂,张妮,朱姣姣.教师工作坊中协作知识建构的社会网络分析[J].中国远程教育,2018(11):61-69,80.



[21] 卢强.教学交互层次对大学生在线深度学习的影响研究[J].电化教育研究,2021,42(3):34-41.

[22] 张思,高倩倩,马怡敏,魏艳涛,杨海茹.基于 SouFLé 框架的在线协作学习分析模型[J].现代远程教育研究,2020,32(6):94-103.

## Analysis of Social Epistemic Network Signature of Learners' Collaborative Knowledge Construction Process from the Perspective of Deep Learning

ZHOU Pinghong, ZHOU Hongqian, ZHANG Yi, LIN Li

(Faculty of Artificial Intelligence, Central China Normal University, Wuhan Hubei 430079)

**[Abstract]** It is vital and difficult in learning science to effectively guide learners' cognition towards deeper through collaborative knowledge construction, and to evaluate the process of learners' knowledge construction dynamically, procedurally and comprehensively. Based on two general principles of knowledge construction, this study constructs a collaborative knowledge construction teaching model for college students with deep learning as the core, and carries out an empirical study. The Social Epistemic Network Signature (SENS) Analysis method is used to analyze the evolution trajectory of students' collaborative knowledge construction. The results show that this model can significantly improve students' deep learning effect and collaborative knowledge construction level. In the process of collaborative knowledge construction, students' participation in social interaction is enhanced, and network cohesion is gradually improved. There is a hierarchical difference in the level of knowledge progress of students in different communities at different teaching stages. The core group has formed a high-level cognitive network structure, and their knowledge progress presents an advanced evolution trend. The cognitive network structure of the semi-edge group has local characteristics, and the obvious knowledge progress doesn't appear until the late stage of teaching, while the edge group is sparsely connected, with very few co-occurrence and no obvious knowledge progress. This study provides a reference for front-line teachers to carry out in-depth teaching under the information technology environment, and provides a new idea to deconstruct the process of learners' knowledge construction.

**[Keywords]** Deep Learning; Collaborative Knowledge Building; Knowledge Progress; Social Epistemic Network Signature; Cognitive Network Analysis