

联通主义学习者信息网络的建模与表示方法

Modeling and Representation Methods for Connectivist Learners' Information Networks

郭玉娟

北京师范大学 系统科学学院

guoyujuan@bnu.edu.cn

【摘要】 联通主义学习规律极其复杂，亟需新的理论模型作为指导和支撑。研究定位于基础规律研究，基于联通主义学习观，聚焦学习者与个体外部信息源进行教学交互而形成的信息网络，并将其内涵界定为学习者在联通主义学习中与个体外部的其他学习者、课程促进者、学习资源等有价值的信息源进行教学交互形成的网络。其中，网络节点类型为两种，既可以是人，包括学习者、课程促进者等，也可以是非人信息源，包括博文、话题、案例等；网络关系指教学交互形成的关系，包括人与人、人与非人；网络关系方向基于教学交互进行界定；网络关系强弱根据学习者与其他信息源互动的类型和频率进行计算。其次，在此基础上，对学习者的信息网络进行数学建模。以期后续挖掘联通主义学习的内在机理与时序上的演化规律奠定基础。

【关键词】 联通主义；信息网络；内涵解析；表征模型；社群化学习

Abstract: The principles of connectivist learning are exceedingly complex, necessitating new theoretical models for guidance and support. This research focuses on fundamental principles, based on the connectivist learning perspective, and centers on the information networks formed through pedagogical interactions between learners and individual external information sources. Its connotation is defined as the network formed through pedagogical interactions between learners and other valuable external information sources in connectivist learning, such as other learners, course facilitators, and learning resources. The network node types are twofold: they can be human, including learners, course facilitators, etc., or non-human information sources, such as blog posts, topics, case studies, etc. Network relationships refer to the connections formed through pedagogical interactions, including human-to-human and human-to-non-human interactions. The direction of network relationships is defined based on pedagogical interactions, while the strength of network relationships is calculated according to the types and frequency of interactions between learners and other information sources. Subsequently, based on this framework, a mathematical model of learners' information networks is constructed. This aims to lay the foundation for future exploration of the intrinsic mechanisms and temporal evolution of connectivist learning.

Keywords: Connectivism, Information Networks, Connotation Analysis, Representation Models, Socialized Learning

1. 问题提出

联通主义理论提供了一种认识学习的新视角，从网络角度解释了互联网环境下复杂、非线性的学习，认为学习是与特定的节点或信息源建立连接形成网络的过程(Siemens, 2005)，信息网络是学习者与网络中的节点进行交互形成的重要网络，反映了学习者与外部有价值的信息源进行教学交互建立联系的关键特征，传统教学组织形式下，个体能够联通的其他个体和资源十分有限，只能依托于物理空间的社会关系或者书本等文字符号类资源获取信息。而

以互联网为核心的技术发展突破了传统社会关系的制约和原有信息传播渠道的局限性,大大拓展了人类建立社会关系以及获得信息的范围和途径(陈丽等,2023),在此背景下,信息网络的演化规律是联通主义理论与实践尚待破解的瓶颈性学术难题,也是联通主义理论应用和推广的关键。对信息网络的内涵形成清晰认识,以及对信息网络进行科学表征是探究其演化规律的前提,当前较多研究者对信息网络的内涵认识缺乏共识,研究多从人际交互形成的社会网络角度去认识信息网络,忽略学习者与除人以外的其他信息源的教学交互,导致当前联通主义学习规律挖掘存在偏颇(郭玉娟,2018;王慧敏 & 陈丽,2019),进而致使基于联通主义学习理论的课程设计、教学实施与学习评价存在一定的局限性。

笔者博士论文运用复杂网络分析方法,根植于国内第一门基于联通主义理论的在线开放课程研究土壤,创新性地构建了学习者与有价值的内容交互形成的信息网络表征模型,挖掘了此类信息网络的演化规律(郭玉娟,2022),一定程度上破解了制约联通主义深入发展的难题,但博士论文研究对网络环境中学习者交互对象的多样性关注不足,忽视了人作为有价值的信息源对学习者的发展促进作用,发现仍需进一步突破学习者与各类有价值的信息源交互形成的信息网络的演化规律,唯有如此,才能创新与发展教育教学的理论和方法。因此,本研究旨在基于已有联通主义学习、复杂网络分析的相关研究和相关理论,对联通主义学习情境中学习者信息网络的内涵进行界定,进而结合复杂网络表征计算等方法提出学习者信息网络的表征原则、维度和计算方法。以期为后续研究学习者信息网络演化规律提供理论框架和计算方法,丰富和发展互联网教育的理论知识库。

2. 文献综述

2.1. 联通主义理论与实践的研究现状

联通主义理论以混沌理论、自组织理论、复杂网络理论为基础,认为学习不再是内化的个人活动,还可以发生在人体外部,学习即连接的建立和网络形成的过程。经过近二十年的发展,该理论已经形成较系统的哲学取向、知识观、学习观、课程观、教师观和教学交互观。发展历程可以划分为三个阶段,并体现从理论演绎到实证探索的转变趋势。第一阶段(2005年~2010年):理论假说和术语阐释,此阶段国外学者提出联通主义学习理论,以国外研究为主,国内研究主要处于跟随;第二阶段(2011年~2017年):实践探索与规律揭示,此阶段国内外研究百花齐放,研究基本采用传统小样本问卷调查或者分析在线学习空间中相对结构化的数据,当前研究对揭示联通主义学习规律在一定程度上有帮助,但是缺乏复杂的系统观,以及受方法和技术的限制,欠缺对此类学习复杂性的关注;第三阶段(2018年~至今):本体论构建与新规律涌现,此阶段相关研究成果主要集中在国内,主要由于国内开设了首门基于联通主义理论的教学实践,奠定了研究土壤,而且国内研究的创新发展逐渐起到引领作用,本研究也是定位在该阶段。

2.2. 联通主义学习者相关研究

当前国际上对cMOOCs的研究主要聚焦于学习者参与、学习体验、教学体验、对学习者的挑战等,学习行为分析方法基本采用传统小样本的问卷调查、访谈或分析论坛空间中较结构化的数据,这对我们认识联通主义学习有一定的帮助,但受限于方法和技术,对联通主义学习的复杂性关注不足(王志军等,2019)。近些年,随着复杂网络分析和学习分析等的发展,已有学者从网络的视角开展学习规律的探索(徐亚倩 & 陈丽,2019)。在网络视角的学习规律研究中,网络关系的构建是关键,已有研究主要基于学习者与他人的回复、点赞等交互行为来定义网络关系,但Clarà和Barberà指出学习者间的联系不是一个非此即彼、短暂性的事件,而是一种持续存在、连续变化的状态,学习者之间的交互,仅考虑学习者间交互行为发生的

瞬间是局限的,应考虑交互行为对学习者的持续交换信息可能性的影响。评论、回复等交互行为反映了学习者之间短暂的信息交换,但对学习者持续交换信息的可能性反映不足,基于关注交互行为构建学习者与学习者之间的网络关系(Clarà & Barberà, 2014)。网络关系强弱的判断主要有两种:一是依据交互数量,交互数量越多,社会网络中节点之间的关系越紧密;二是利用深度学习的方法,融合分析交互数量和交互内容质量的社会网络构建方法(周炫余等, 2022)。

2.3. 信息网络的相关研究

在对信息网络的内涵认识上,网络科学家 Newman 将复杂网络分为四大类型:技术网络、生物网络、社交网络和信息网络,并且认为信息网络的特点是网络中的节点和联系表示了信息(或知识)的存储与扩散,代表性的信息网络即万维网和引文网络(Newman, 2003)。国内学者赵正旭等指出信息网络通常是由个体通过信息交流或传递而连接形成的网络,归纳当前研究主要聚焦于两个视角:侧重“人的关联”的社会网络视角和侧重“知识关联”的知识网络视角(段金菊 & 余胜泉, 2016)。此外,还有第三种综合网络的视角,研究者主要对其表现形式及实践特征进行了试点探索,但对其内涵尚未形成共识,处于初步探索阶段,故本研究对综合网络视角部分不重点论述。

在侧重人际关系的社会网络的研究中,已有研究集中在静态的社会网络的指标选取,聚焦于三个层次:宏观整体网络,例如网络大小、密度、直径等;中观凝聚子群,例如最大连通域、成分、派系、块模型分析等;微观节点,例如出度、入度、接近中心性、中介中心性、特征向量中心性等,并根据所得拓扑结构特性来分析和评价相关的教育学现象,如 Gillani 等计算了全局聚类系数,并基于聚类系数分析了网络中各社区间的联系;郭玉娟等分析了联通主义学习者在课程微信群进行交互形成的社会网络的整体网络、中观凝聚子群和节点个体特征等。社会网络特征计算在当前研究中比较成熟,以及开发了比较成熟的软件如 Ucinet、Gephi、Pajek、NetMiner 进行社会网络特征计算。此外,也有研究认识到研究并解释社会网络演化的重要性,并进行了探索,如 Zhang 等人选取了同质性、互惠性、传递性和择优连续性四个动态网络分析指标,分析了网络中行动者的交互倾向。已有社会网研究将指导本研究信息网络的表征和特征计算(Zhang 等, 2016)。

在侧重知识关联的知识网络研究中,知识网络构建是互联网领域检索服务以及智能教育服务中的关键技术,主要包括知识的抽取过程和融合过程。抽取过程是基于网络上电子资源采用多种自动或半自动的数据处理或挖掘技术,抽取知识网络的各种候选实体、实体与实体之间的关系,抽取结果为局部知识网络。知识网络构建信息来源两方面:一是百科类、问答类及各类垂直网站的结构化数据,数据特点是质量较高、好抽取,但缺点是更新慢。如谷歌的知识网络大部分来源于维基百科的数据。二是各种半结构化数据抽取实体及实体的“属性-值”关系。这类数据的特点是规模大、更新快,并能及时发现新实体或新关系,但质量较差。融合过程是利用实体对齐、实体可信性验证等技术,将抽取过程构建的局部知识网络融合成规模更大的知识网络。知识网络在互联网检索领域的应用,难以直接应用于联通主义学习的分析中。为适应互联网社区中知识抽取的需要,已有研究探究了一套适用于互联网社区中网络化知识实体抽取的方法框架,包括“数据采集与处理、分词与实体抽取、实体过滤与统一”三个环节。启示本研究应用该框架于学习者信息网络节点的抽取,表征学习者与各类节点的关联结构。

3. 联通主义学习者信息网络的内涵解析

3.1. 认识论基础与理论指导

3.1.1 联通主义学习观

联通主义认为每个个体仅能拥有部分知识，群体中蕴含有丰富的智慧，学习不仅仅是个体内部独立的活动，更是与有价值的信息建立联系形成网络的过程，如图 1。研究认为联通主义学习是发生在联通主义学习情境中，是一个复杂系统，是一个以知识创生交互为核心，基于广泛的教学交互与各类有价值的信息源建立连接、形成网络，并不断扩展和优化的过程，具有动态生长、群智汇聚、关系聚合以及适应演化等特征。其中，学习者个体网络和整体网络是双向循环促进的关系，信息流在其间流动和创造，个体的网络作为一个子网被编入集体网络中，而集体网络也会反馈并与个体网络相互作用，是一个双向促进的关系，也能够使学习者的学习通过网络连接而处于动态生长之中。

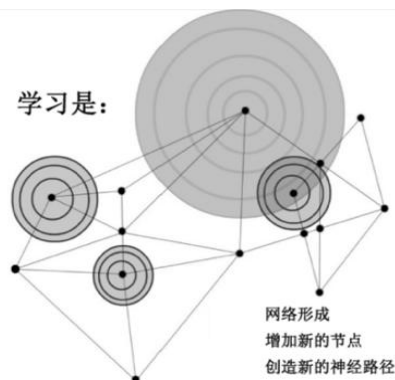


图 1 联通主义学习观

3.1.2 教学交互层次塔

教学交互层次塔是陈丽教授 2004 年以 Laurillard 的学习过程中的会话模型为原型构建的远程学习教学交互模型。该层次塔以媒体为平台，包括三层交互：学生与媒体的操作交互、学生与教学要素的信息交互以及学生新旧概念的概念交互，三层交互按照具体到抽象，低级到高级呈现，如图 2。其中信息交互体现在学生与某种教学要素之间通过各种符号进行有关学习的信息交换的过程，具体有三种形式：学生与学习资源的交互、学生与教师的交互，以及学生与学生的交互(陈丽, 2004)。高级的教学交互以低级的教学交互为条件和基础。其中界面交互是信息交互的基础，信息交互是概念交互的基础，概念交互是最高水平的交互。操作交互综合体现了媒体界面的交互性和学生对媒体的熟练程度，信息交互与学生和学习支持人员的表现关系密切，而概念交互则是教学交互的最终目标。

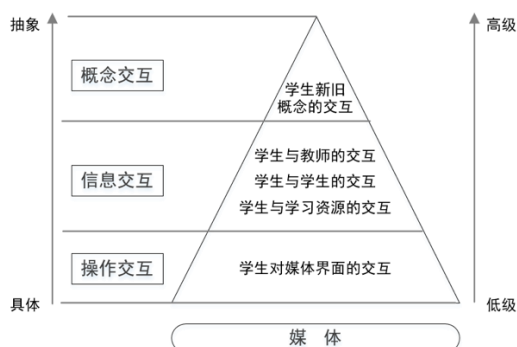


图 2 远程学习的教学交互层次塔

联通主义学习本质上也是一种远程学习的过程，遵循远程教学交互的三大交互。在联通主义学习中，由于学习者面临的学习环境以及学习目标的变化，该层交互相对于目前层次塔中所表征的交互要复杂得多，但依旧不影响该层次塔中信息交互这一核心思想的表达以及对本研究的指导意义。相对于传统学习中学习者所面对的结构化良好、较为固定的学习资源和

学习环境，以及学习者以对知识记忆、理解等为目标的学习，学习者面临的是一个复杂且快速变化的网络环境，信息网络是学习者与人和其他有价值的信息源进行信息交互形成的复杂网络，既包括人与人（学习者与教师、学习者与学习者）之间的交互，也包括人与其他有价值信息源（学习者与学习资源）交互的过程。

3.1.3. 行动者网络理论

行动者网络理论（Actor-Network Theory）是 20 世纪 80 年代中期由法国社会学家迈克·卡龙（Michel Callon）和布鲁诺·拉图尔（Bruno Latour）为代表的科学知识社会学家提出的理论，包括行动者（Actor/Actant/Agent）、转译（Translation）和网络（Network）三个核心要素。行动者既可以是人（human），也可以为非人行动者（non-human/actant），它们平等地依附特定网络联系而存在，在集合的连锁效应中发挥各自的能动性；转译是行动者之间相互影响的关键环节，能够促进行动者中异质性因素的交流；网络则是指诸多行动者可以互动、更新的关系场域，它具有变化以及扩展的作用，核心是异质网络。

本文引入行动者网络理论，用以解释联通主义学习者信息网络的构建具有适用性。第一，信息网络中的行动者同时关注人和其他信息源，不区别对待人和任何非人的对象，他们之间相互依存和相互影响。第二，行动者网络理论重点在于考察关系网络以及其中行动者的互动，关系思维是研究的重要思维方式。

3.2. 联通主义学习者信息网络的内涵

因此，基于联通主义学习观、教学交互层次塔和行动者网络理论等理论基础，研究认为，联通主义学习者的信息网络是：学习者在联通主义学习中与个体外部的其他学习者、课程促进者教师、学习资源等有价值的信息源进行教学交互形成的复杂异质网络，学习者信息网络示意如下图 3 所示。

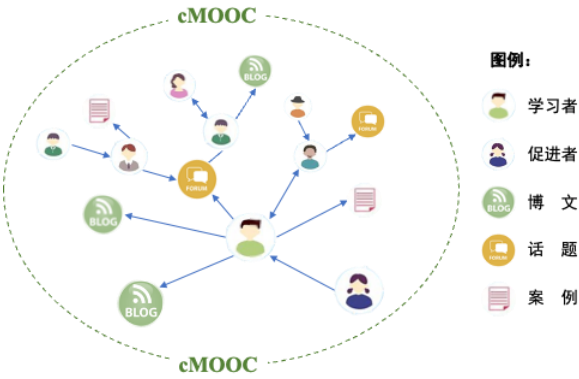


图 3 学习者信息网络示意图

笔者认为，要明晰学习者信息网络的内涵，需要把握以下四个方面：（1）网络节点。学习者信息网络的节点类型可以分为两种类型，一种既可以是人，例如学习者、课程促进者等，也可以是非人信息源，例如博文、话题、案例等；（2）网络关系。网络关系是网络节点之间交互形成的关系，包括人与人、人与非人信息源、非人（继承、引用）。在人与人之间的交互关系中，笔者认为联通主义学习中仅考虑交互行为发生的瞬间是不足的，需要考虑交互对学习者持续交换信息的影响，同时为了学习者信息网络计算的清晰性，笔者认为人与人的关系界定为关注；人与其他有价值的信息源的交互关系则基于平台的交互行为，例如浏览、评论、点赞、分享、论坛回复等；（3）网络关系方向。网络关系方向是一个节点指向另一个节点的方向，联通主义学习者信息网络关系方向则基于教学交互进行界定，例如若学习者 A 关注学习者 B，则定义为 A 对 B 的交互，交互方向为 A 指向 B；（4）网络关系强

弱。根据人与其他信息源互动的类型和频率相关，例如浏览交互类型的权重为 1，评论交互类型的权重为 2，若 A 浏览且评论了信息源 b 各 1 次，则 A 到 b 的关系强度为 3。

4. 联通主义学习者信息网络建模

4.1. 信息网络建模的原则

学习者信息网络的表征是为了便于计算机存储与处理，对应的形式多为一系列规则和算法等，研究认为联通主义学习中学习者信息网络表征模型的构建应遵循以下两个原则：一是符合联通主义学习情境中学习者的学习特点；二是信息网络的描述便于计算机的存储、理解，这样则方便运用计算机以及复杂网络分析方法对学习者的信息网络特征进行计算，更有利于将其应用于在线学习的智能化服务中，如个性化推荐与指导。

4.2. 信息网络表征的维度

从本质上来看，信息网络是复杂网络的一种，因此网络科学中的理论、模型、算法和实际应用能指导联通主义学习者信息网络的构建和描述。复杂网络相关研究基本共识了单层网络由节点和边两个集合构成，其中边可以依据一定的价值取向和标准而赋予权重，由此形成包含节点、边、边权重三个集合组成的结构更为复杂的网络。网络表征是依据网络的构成元素将网络结构分析的维度划分为三类：一是节点的变化，包括节点增加、删除以及合并等；二是边的变化，包括边的重连、增加、删除以及合并等；三是图的变化，即边和节点同时变化。概括该划分维度实质为节点和连边的变化，因此本研究从网络节点和连边变化的角度表征信息网络的特征。遵循研究者从节点和边两个维度评价复杂网络的基本逻辑，借鉴已有研究对同质信息网络表征的维度命名，本研究构建了联通主义学习者信息网络表征维度。首先，从节点维度出发，本研究定义了丰富性、活跃性和中介性。其次，在网络连边方面，本研究定义了贡献性和联通性表征维度。

其一，在丰富性方面，与传统学习中被动接受知识不同，联通主义学习的开展需要自我导向的学习者的积极参与(王志军 & 陈丽, 2014)，复杂、丰富、快速变化的信息环境要求学习者辨识信息内容，并积极主动寻径，发现并建立连接，在连接信息中进行自主选择、不断生长。个体网络通过主动交互新节点而被持续扩大和增强，联通主义学习是网络节点的增加或减少，新的节点加入能促进学习的发生。此外，联通主义理论提出者之一史蒂芬·道恩斯指出，成功的网络具有自主性特点，否则难以适应变化、学习和生长。网络中节点相互连接、相互影响，但是各自“决策”（各自根据接收到的输入和自身状态发送信号），这样的网络比需要协调的网络应变能力更强(史蒂芬·道恩斯 & 肖俊洪, 2022)。

其二，在活跃性方面，联通主义学习不是记住具体的知识，而是与特定的节点和信息源建立连接，形成网络。网络中新节点的出现并不能确保学习的发生，因为新增节点不能确保知识的传输和意义的转化，这些新节点须被编码进网络中其他节点发生联系，要促进持续性的学习就要培育和维护关系，保持自身信息网络的活跃性，已有研究认为不同角色的学习者在联通主义学习中活跃性不同(王志军 & 陈丽, 2016)，若信息网络节点之间信息交流与传播速度越快，则说明该网络越活跃。

其三，在中介性方面，行动者网络理论强调网络的多样性，人、内容等都是网络中的元素，认为必经之点是网络生长的关键，是网络形成过程中的关键节点和核心的行动者，所以找到网络中关键的“必经之点”是研究要点。联通主义学习以学习者和学习者之间的交互、学习者与开放教育资源之间的交互为主，在与这些学习者和开放教育资源等有价值的信息源进行交互形成网络，必然存在关键节点将学习者、学习资源和内容等网络中的元素联通起来，担当重要的中介，因此中介性是表征不同信息网络差异的重要特征。

其四，在联通性方面，联通主义理论认为学习者无法掌握所有知识，最重要的是与有价值的信息源建立联系，培养人与人、人与学习内容之间的网络，形成联通，联通是联通主义学习的关键，联通性是联通主义学习者学习收获的重要方面，可以衡量个体建立连接的资本。同时，研究认为，当一个学习者联通相同节点数量，但是由于节点之间存在差异，由此带来的信息网络仍然存在差异，若一个学习者联通了网络中重要的节点，则其信息网络的联通性更高，反之则更低。

4.3. 信息网络表征的计算

在进行信息网络表征时，联通主义学习中个体学习者的信息网络特征值是相对于整体信息网络而言的，故本研究在分析个体学习者的部分信息网络的特征时，以最终生成的群体网络为标准，即在个体信息网络特征计算时，采用相对群体的计算方法。

丰富性反映学习者在联通主义学习中积极进行交互，网络的扩展与优化情况。其有两方面含义：一是反映与学习者交互、直接相连的节点总数量，借鉴复杂网络分析中度的计算，通过学习者主动与不同信息源节点交互的总数量进行表征。二是反映学习者自主与各类信息源进行交互的情况。因此，本研究构建的信息网络特征分析模型中，个体学习者信息网络的丰富性的计算方式为： $Rch_i = \sum_{j=1}^n A_{ij}$, $Rch_i^{out} = \sum_{j=1}^n A_{ij}$ 。

活跃性反映在联通主义学习中个体学习者信息网络的活跃程度。借鉴复杂网络分析中的集聚系数算法进行计算，集聚系数刻画了一个节点的邻居之间彼此链接的稠密程度，衡量了网络集团化的程度，即网络中节点之间的熟悉程度。对于一个度为 K_i 的节点 i ，其集聚系数定义为 $C_i = 2L_i / (k_i(k_i - 1))$ ，其中 L_i 为节点 K_i 个邻居之间的链接数，而且集聚系数的取值介于 0 和 1 之间，节点 i 邻居之间连接越紧密，其局部集聚系数就越高。整个网络的集聚程度可以通过其所有节点的平均集聚系数来刻画 $\langle C \rangle = 1/N \sum_{i=1}^n C_i$ ，将公式 C_i 带入公式 $\langle C \rangle$ ，得到学习者信息网络活跃性的计算方式为： $Act_i = 1/N [\sum_{i=1}^n 2L_i / (k_i(k_i - 1))]$ 。其中， N 是一阶邻居的数量。

中介性反映学习者作为有价值的桥梁促进其他学习者信息网络新连接建立的能力，研究借鉴复杂网络分析中的中介中心性算法进行计算，核心思想是若一个节点位于其他节点的多条最短路径上，则该节点具有较大的中介中心性，为核心节点。通过计算网络中经过某个节点并连接这两个节点的最短路径与这两个节点之间的最短路径总数的比值，计算公式为： $B = \sum_{s,t \neq i} d_{st}(i) / d_{st}$ ，其中 d_{st} 表示 s 到 t 的最短路径数量， $d_{st}(i)$ 表示从 s 到 t 的最短路径中经过节点的数量。 $s, t \neq i$ 。

联通性衡量学习者联通其他信息源的总数量以及联通其他关键信息源的能力，借鉴 PageRank 算法进行计算。PageRank 是一种网页排名的算法，基本思想有两点：一是链接数量，若被其他网页链接次数越多，则表明该网页越重要；二是链接质量，如若被一个越高权值的网页链接，也能说明该网页越重要。类比到学习者信息网络当中，若学习者的信息网络链接的信息源数量和质量越高，则其信息网络的联通性越高。故联通性的计算方式为：

$$C_i = PR(pi) = \alpha \sum_{pj \in M_{pi}} \frac{PR(pj)}{L(pj)} + \frac{(1-\alpha)}{N}$$

其中 M_{pi} 是所有对 pi 节点有出链的节点集合， $L(pj)$ 是节点 pj 出链数目， N 是网络节点总数， α 是一个超参数，一般取 0.85。

5. 学习者信息网络表征模型应用展望

学习是一个复杂的系统，学习规律的挖掘一直以来是教育学、心理学、脑科学和学习科学领域不断探索的话题。探究互联网中学习者学习发生与演化规律是现代信息技术推动教育

变革中出现的基础性科学问题,而科学有效地表征学习者的信息网络既是揭示互联网环境下学习者学习发生规律的重要基础,也是构建在线教育理论和教学实践之间的桥梁,更好地设计、实施、应用和评价此类学习,促进实践发展。本研究提出的学习者信息网络表征模型,从学习者外显学习行为的角度,主要聚焦在个体视角,为探究网络环境中学习者学习发生与演化规律提供了重要抓手,未来研究中运用该模型,在真实的联通主义学习情境中挖掘学习者信息网络演化规律,既为完善学习者信息网络表征理论模型,也为丰富学习者信息网络演化规律。同时,基于表征模型的学习发生与演化基础规律的揭示也将从在一定程度上解决新时代“如何学”等核心问题。

参考文献

- 陈丽. (2004). 远程学习的教学交互模型和教学交互层次塔. 中国远程教育, 05, 24-28+78. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.2004.05.008>.
- 陈丽, 何歆怡, 郑勤华, & 王怀波. (2023). 论终身学习的新哲学基础. 现代远程教育研究, 35(2), 3-10. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDAUTO&filename=XDYC202302001&v=>
- 段金菊 & 余胜泉. (2016). 基于社会性知识网络的学习模型构建. 现代远程教育研究, 4, 91-102. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2016&filename=XDYC201604012&v=>
- 郭玉娟. (2018). “互联网+”时代高等教育服务模式变化研究. 开放学习研究, 23(5), 20-25+33. <https://doi.org/10/gqj4kb>
- 史蒂芬·道恩斯 & 肖俊洪. (2022). 联通主义. 中国远程教育, 2, 42-56+77. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.2022.02.005>
- 王慧敏 & 陈丽. (2019). cMOOC 微信群社会网络特征及其对学习者的认知发展的影响. 中国远程教育, 11, 15-23+92. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.2019.11.002>
- 王志军 & 陈丽. (2014). 联通主义学习理论及其最新进展. 开放教育研究, 20(5), 11-28. <https://doi.org/10.13966/j.cnki.kfjyyj.2014.05.019>
- 王志军 & 陈丽. (2016). cMOOCs 中教学交互模式和方式研究. 中国电化教育, 2, 49-57. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2016&filename=ZDJY201602008&v=>
- 王志军, 刘璐, & 杨阳. (2019). 联通主义学习行为分析方法体系研究. 开放教育研究, 25(4), 18-30. <https://doi.org/10.13966/j.cnki.kfjyyj.2019.04.003>
- 徐亚倩, & 陈丽. (2019). 联通主义学习中个体网络地位与其概念网络特征的关系探究——基于 cMOOC 第 1 期课程部分交互内容的分析. 中国远程教育, 10, 9-19+51+92. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.2019.10.003>
- 郭玉娟. (2022). 联通主义学习中学习者信息网络演化规律研究——基于复杂网络分析的方法. 北京师范大学.
- 周炫余, 陈丽, 郭玉娟, 郑勤华, & 李璇. (2022). 数量和质量并重的社会交互网络构建方法创新及验证研究. 中国远程教育, 9, 61-68+79. <https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.2022.09.009>

- Clarà, M., & Barberà, E. (2014). Three problems with the connectivist conception of learning: Connectivist conception of learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(3), 197-206. <https://doi.org/10.1111/jcal.12040>
- Newman, M. E. J. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, 45(2), 167-256. <https://doi.org/10.1137/S003614450342480>
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10.
- Zhang, J., Skryabin, M., & Song, X. (2016). Understanding the dynamics of MOOC discussion forums with simulation investigation for empirical network analysis (SIENA). *Distance Education*, 37(3), 270-286. <https://doi.org/10.1080/01587919.2016.1226230>