

联通主义学习中基于 Traces 分析框架的多层网络分析探索研究

An exploratory study of multilayer network analysis based on the Traces analysis framework in connectionist learning

崔洁¹, 陈铃¹, 王志军^{1*}

¹江南大学江苏“互联网+教育”研究基地

*jnuwzj@jiangnan.edu.cn

【摘要】 数智时代背景下学习者的学习方式日益多样, 跨平台数据关联分析愈显重要。本研究基于联通主义这一分布式学习情境, 运用 Traces 分析框架对部分代表性数据进行逐层分析, 研究发现异构网络环境中学习者的交互密度和活跃度存在显著差异, 但都有一定规律性, 且部分跨平台学习者在知识传播和吸引优质学习者方面起到了重要作用。由于数据本身的复杂性等局限性, 目前只是做了一项探索性研究, 但已证明了该方法的可行性以及优势, 未来还需要开发自动化的算法来进一步完善, 以更全面地揭示联通主义学习中的复杂现象和规律。

【关键词】 联通主义学习; 多层网络分析; Traces 分析框架; 跨平台研究

Abstract: In the context of the digital intelligence era, learners' learning styles have become increasingly diverse, and cross-platform data association analysis is becoming important. Based on connectivism, this study uses the Traces analysis framework to analyse some representative data. It is found that there are some significant differences, but all have certain regularities, some learners are important in knowledge dissemination and attracting quality learners. Due to the inherent limitations, it is only an exploratory study at present, but it has proved the feasibility and advantages, and need to be improved to comprehensively reveal the phenomena and regularities in connectivist learning.

Keywords: connectionist learning, multilayer network analysis, Traces analysis framework, cross-platform research

1. 前言

在当今数智化时代, 联通主义作为新一代学习理论, 强调学习者与学习资源、与智能体以及学习者之间的连接和交互, 是深入认识开放网络时代在线学习规律的前瞻性理论。目前生成式人工智能与数智化持续推进, 学习者的学习行为数据以不同粒度分散在多个异构复杂学习环境中。这些数据蕴含着丰富的学习交互信息, 关联这些数据是对复杂学习行为形成连续认识、系统深入把握数智化学习规律的关键。传统的单一维度和还原论分析方法无法全面、准确揭示联通主义学习情境下学习者之间的交互模式、知识建构过程等, 亟须一种新的分析方法对学习行为进行探讨(狄增如, 2011)。Traces 分析框架作为一种新兴的多层网络分析方法, 能够跨越多个异构学习环境, 从多个层次有效融合线程分析法、社会网络分析等多种方法, 关注行动者之间的复杂关系并扩展分析对象(王志军等人, 2024)。本文将在联通主义学习情境和数据样本中运用 Traces 分析框架的多层级分析方法, 进行一项探索性尝试, 揭示联通主义学习中的复杂现象和规律。

2. 文献综述

2.1. 联通主义学习

联通主义作为一种新兴的面向互联网时代的学习理论, 由乔治·西蒙斯于2005年正式提出, 它将学习视为一个复杂网络中节点之间的连接和交互过程(Siemens, 2005)。在这一理论框架下, 学习者、学习资源、学习环境等构成一个庞大的网络, 学习者通过与网络中的其他节点建立连接, 实现知识的获取、创造和传播。联通主义强调知识网络的动态性, 认为学习过

程是非线性的,学习者可以根据自己的需求和兴趣在网络中自由探索,同时还强调群体智慧的重要性,通过与网络中的其他学习者和专家进行交互,学习者可以共享知识和经验,形成群体智慧,从而促进知识的创新和发展(王志军和陈丽,2014)。

2.2. 多层网络分析法——Traces 分析框架

多层网络是现实世界中普遍存在的一种网络结构形式,聚焦由多个网络层组成的复杂系统,是理解并揭示数智化环境中交互和知识生成复杂性的重要方法,目前已得到国内研究者的广泛关注。多层网络分析法——Traces 分析框架由美国夏威夷大学的丹尼尔·苏瑟斯(Daniel Suthers)提出,其分析层级如图1所示,该框架适用于异构学习环境中学习者交互数据的分析(Suthers et al., 2007),通过多层次的分析方法,整合跨平台学习行为数据,揭示学习者之间的复杂交互模式(王志军等人,2024)。

Trace 分析框架各层级之间的关联关系如图2所示。转录文本将不同媒体中的学习行为数据转换为结构化的事件流,并进行注释,注释信息包括时间戳、学习者标识等,这是绘制关联图、联合图、联合图的基础。关联图通过计算事件之间的关联性,生成表征学习行为相互关联的模型,以揭示事件之间的时间和空间邻近性以及更深层次的语义关联。摄取图基于关联图构建,利用加权和筛选算法,提取出主要的关联关系,而会话图则基于其中的主要关联关系计算事件的时空关系,进行聚类识别会话,揭示会话内的交互顺序结构和会话间的关系。联合图将参与者和媒体对象作为节点,事件作为连接,构建多模二分有向加权图,揭示参与者和媒体对象之间的关系以及信息流动路径。社会网络关系图通过社会网络分析法将摄取图或联合图转化为社会关系图,揭示参与者之间的关系模式,识别网络关键节点,评估个体的社会资本。

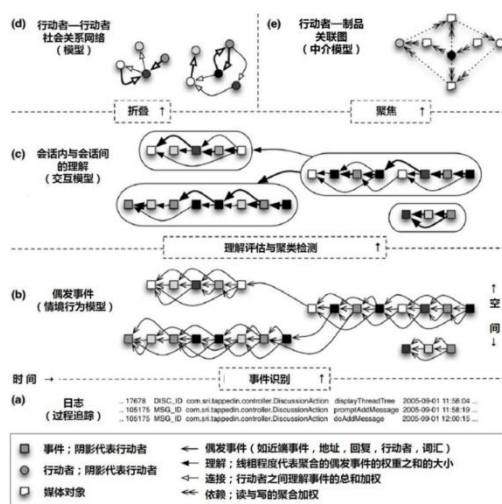


图1 Traces 分析框架

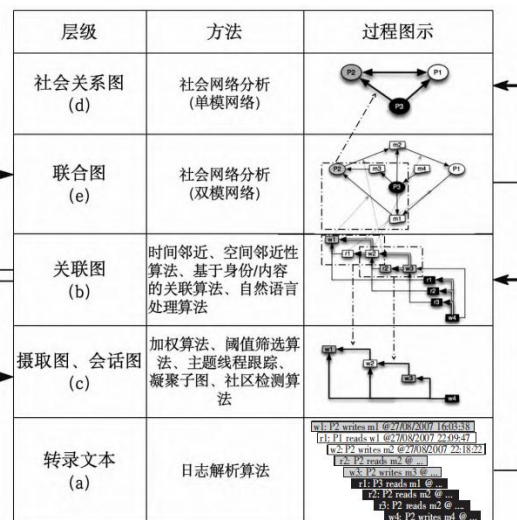


图2 Traces 分析框架建模过程图示及技术方法

3. 实施过程与数据分析

本研究将 cMOOC “变革：教育、学习和技术” (简称 Change MOOC) 中选取部分平台的前两周数据作为待分析的数据,因学习平台种类繁多复杂,故特地选取每种类型其中一个代表性平台的一条代表性数据(表1),所收集数据在2011年9月12日到9月26日之间。经过对平台交互日志的初步分析,共有24名学习者被纳入研究,其中有一部分学习者在不同平台都有交互行为,将这24名学习者的图例用不同的颜色表示。下面运用 Trace 分析框架开展探索性尝试,以挖掘各层级的图中展现出的学习规律。

表1 数据选择及用户图例

平台类型	所选数据	行动者(学习者)图例
视频平台	YouTube 上的一个视频及其评论	

个人博客	积极学习者 JM 的一个博客及其评论
策展平台	Diigo 上的一条社会书签及其评论
社交网络平台	X (原 Twitter) 上的一条帖子及其评论



3.1. 转录文本

首先将获取的日志数据，转化为结构化程度高、可读性强的文本形式。再用 Excel 表格对每条记录编码：r 表示读状态（看视频、博客、评论等）；w 表示写状态（发视频、写评论、点赞等）；m 表示制品（视频、帖子、评论等），每条 w 记录有一条相对应的制品 m。

3.2. 关联图

按照各记录的 w、r 关系，绘制关联图，如图 3 所示。通过全体关联图可以发现，YouTube 交互比较密集，时间跨度小，用户体量较大、活跃度高；X 平台和 Diigo 平台的交互用户较少，且 X 平台的交互时间跨度较大。通过局部关联图 3 (a) 来看，只有 w1、w10、w17 之间形成了连续环，其他全是孤立环。由此可见 YouTube 平台的学习者中只有 CT 的评论被视频发布者 DC 回复了，其他学习者对该视频进行单次评论之后并没有被回复，也没有产生讨论。

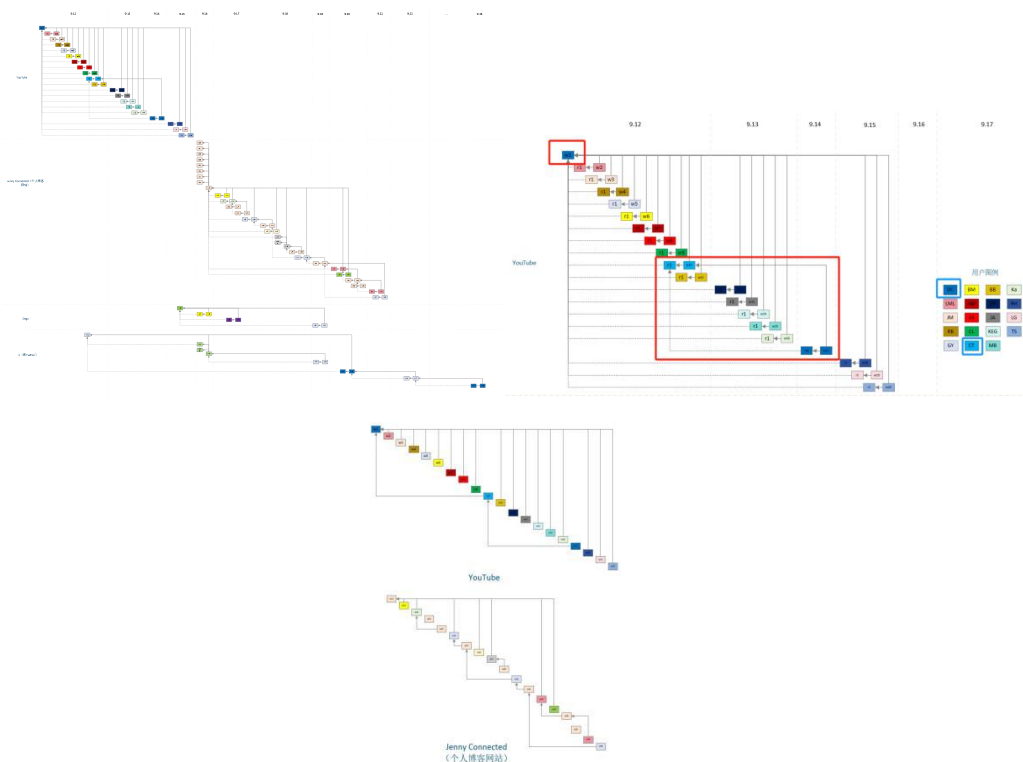


图 3 关联图

图 3 (a) YouTube 局部关联图

图 4 摄取图

3.3. 摄取图

按照交互行为权重，保留关联图中的写行为，去掉读行为，可以得到四个摄取图（图 4），通过摄取图可以更直观地体现各学习者之间的交互关系并识别出会话，比如 w1、w10、w17 之间形成了一次会话，w21、w26、w31、w32、w38 之间也形成了一次会话。

3.4. 联合图

将上述关联图的读写关系转变为行动者（学习者）与制品的关系，就可以得到联合图。每个行动者和制品，都至少会有一条连线连入到图中，通过行动者和制品的线条出入度，可以观察到哪些行动者或制品的影响力较大、哪些行动者生成的制品最多、哪些制品是由多个合作者共同生成的。如图 5 (a) 所示，图中制品 m1 的线条入度最大，说明该制品被很多学习

者所阅读,影响力较大;如果制品出度大于1,则说明该制品由多个协作者共同生成,如协作文档。对于学习者而言,入度大则说明该学习者进行了大量的阅读,属于集思广益的类型,如图5(b)所示, JM 就是阅读各种材料之后,发布了帖子 m21;出度大则说明该学习者在群体中比较活跃,喜欢发表自己的观点,是个积极的参与者。关联图中提到的孤立环和连续环,在联合图中被更直观地表示为线性、环形关系,如 CT、DC 和制品(m1、m10、m17)之间形成环,说明 CT 和 DC 之间有互动行为。从联合图整体来看,总体分为多环图和放射图两种。如果联合图整体呈放射形,则说明这个群体之间的连接性较弱,没有进行充分的交互行为,如图5(a);反之如出现多个环形关系,则说明这个群体的交互性较强,如图5(b)。

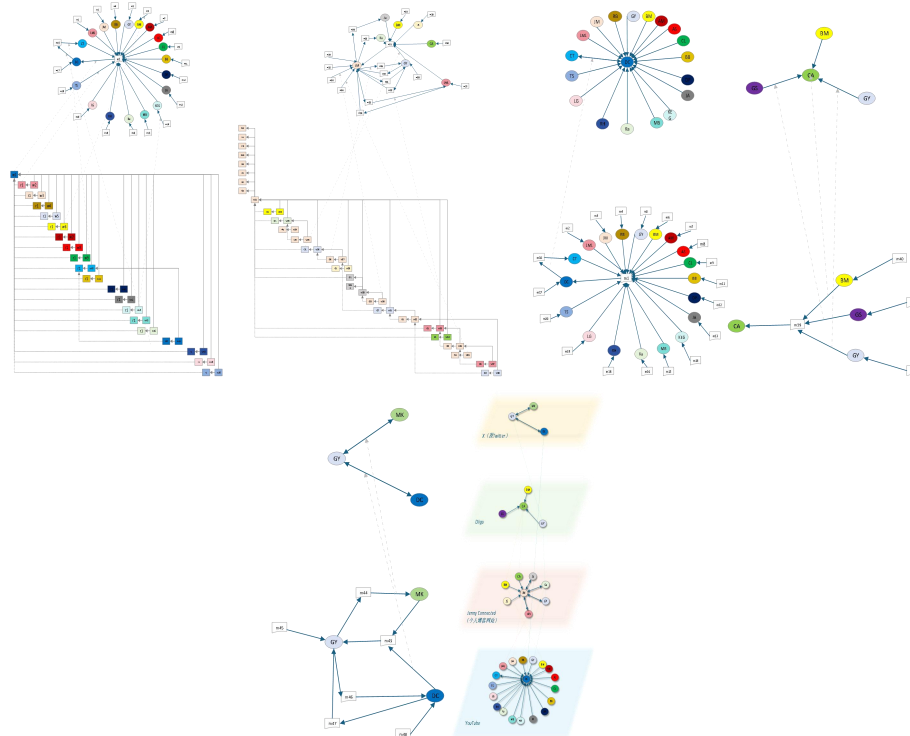


图 5 (a) 放射图 图 5 (b) 多环图

图 6 社会关系图

图 7 跨平台社会网络关系图

系图

3.5. 社会关系图

联合图进一步简化得到社会关系图,以直接表示学习者之间的交互关系,如图6,较传统的社会网络分析可更直观地呈现跨平台情境下学习者之间的联系。图中的学习者之间如出现双向箭头,则说明二者之间发生了互动;如若是单向箭头,则说明后者只对前者进行了单向评论。鉴于研究样本较少,最多只出现了两个学习者之间的联系,数据足够时会出现多个学习者之间相互交织的双向箭头,或形成交互环。社会关系图进一步整合,可得到多层社会网络关系图(图7),可以发现有一部分学习者在不同平台中都留下了学习痕迹,跨平台学习者作为不同平台之间联系的纽带,对于知识的传播和吸引优质学习者都是非常有益的。

4. 总结

本研究运用 Traces 分析框架对联通主义学习情境下的部分代表性数据进行了分析,研究可看出 Traces 分析框架多层次的分析结构层层递进,可深入挖掘学习行为背后的复杂关系,清晰呈现学习者在不同平台的参与模式、互动情况及知识建构过程。由于数据本身的复杂性、操作复杂性和时间精力等局限,目前只是做了一项探索性研究,但已初步证明该方法的可行性及优势,该研究本质上是一个算法支持的学习分析研究,未来还需开发自动化算法来进一步完善,以便快速处理大规模跨平台学习行为数据,减少人工操作误差和时间成本,从而更深入地挖掘其背后的学习规律,为学习分析实践提供更具针对性的指导和支持。

参考文献

- 狄增如.(2011).系统科学视角下的复杂网络研究.上海理工大学学报(02),111-116.
- 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(05),11-28.
- 王志军,苏晨予 & 余新宇.(2024).面向数智化异构学习环境的学习者交互多层网络分析——基于 Traces 分析框架的应用与展望.远程教育杂志(06),73-82+91.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: Learning as network-creation. *ASTD Learning News*, 10(1), 1-28.
- Suthers, D. D., Dwyer, N., Medina, R., & Vatrappu, R. (2007). A Framework for Analyzing Interactional Processes in Online Learning.