

可视化学习分析: 审视可视化技术的作用和价值

胡立如 陈高伟

(香港大学 教育学院, 香港 999077)

[摘要] 可视化学习分析是可视化分析学和学习分析学交叉的新兴研究领域。它通过信息可视化技术促进人机在复杂问题决策中交互, 强调计算机的自动化分析和可视化优势对人类推理的支持, 由人机共同完成决策, 因而在应对教育大数据和学习现象复杂性的挑战中日益受到关注。可视化学习分析和学习分析学一样强调相关学习理论对分析流程的指导, 而可视化技术的价值不仅在于对学习分析结果的直观呈现, 还为数据开放性探索和模型验证性分析提供了支持。研究显示, 学习现象具备典型的自组织型复杂系统的特性。可视化建模是复杂系统科学的主流研究方法, 复杂系统理论为可视化学习分析提供了强有力的理论基础。本文借鉴可视化分析学研究提出可视化学习分析的流程模型, 并构建了基于复杂系统理论的可视化学习分析理论框架, 指导可视化学习分析研究和相关工具的设计、开发与应用。本研究最后以可视化学习分析在话语分析方面的典型应用为例, 展现可视化学习分析工具的特征、功能和分析流程, 以期促进该领域的探索与发展。

[关键词] 可视化学习分析; 学习分析; 可视化分析; 可视化; 话语分析; 复杂系统

[中图分类号] G442

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2020)02-0063-12

一、引言

随着信息可视化技术的发展, 可视化分析在解决复杂问题中的优势逐渐凸显。它能够有效融合计算机和人类在复杂问题决策中的不同优势, 因而得到了各个领域的关注。近年来, 学习科学领域涌现了很多基于可视化学习分析的研究成果(Atapattu et al., 2016; Bodily & Verbert, 2017; Chen, 2019, 2020; Chen et al., 2018; Gómez-Aguilar et al., 2015; Hsiao et al., 2016; Lee et al., 2016; Majumdar & Iyer, 2016; Nagy, 2016; Noroozi et al., 2018; Vieira et al., 2018), 旨在运用可视化学习分析手段理解与改善复杂的学习过程与环境。

学习分析学自诞生以来, 一直强调可视化技术

呈现学习分析报告的必要性。很多研究强调可视化技术在传达学习分析结果中的价值(包昊罡等, 2019; 牟智佳等, 2017; 张振虹等, 2014), 因为可视化的表征形式能够降低用户处理信息的认知负荷, 支持学习者或教师更好地理解学习分析报告。而可视化技术在可视化学习分析中的价值远不止于解决最后一公里的结果呈现问题, 更强调对人机交互的促进, 实现人机优势的融合, 更好地解决复杂的学习问题。本文旨在阐述可视化学习分析的诞生及内涵, 审视可视化技术的价值, 构建可视化学习分析的流程模型和理论框架, 以便指导相关工具的设计、开发与应用, 最后通过典型案例展现可视化学习分析工具的特征、功能和应用流程。

[收稿日期] 2020-02-10

[修回日期] 2020-02-29

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2020.02.006

[作者简介] 胡立如(通讯作者), 博士候选人, 香港大学教育学院, 研究方向: 话语分析、学生协作性问题解决、可视化学习分析(liruhu.hku@gmail.com); 陈高伟, 助理教授, 博士生导师, 香港大学教育学院, 研究方向: 话语分析、教师专业发展、可视化学习分析、计算机支持的协作性学习(gwchen@hku.hk)。

[致谢] 衷心感谢南京大学博士生导师、杭州银湖书院未来教育研究所所长桑新民教授对本文提出的修改建议。

二、兴起与内涵

(一) 学习分析学

学习分析学诞生于2010年前后,源于解决教育大数据带来的挑战。它以挖掘与分析学习者及学习情境数据为特征,旨在“理解和优化学习及其发生的环境”(Siemens, 2011)。可视化分析学在学习分析领域一直备受关注,托马斯和库克针对可视化分析学的经典著作是学习分析领域的高频引用文章之一(黄志南等, 2016)。2010年《地平线报告》将可视化数据分析推荐为主流趋势之一,可视化的呈现手段成为了学习分析工具的重要特征(牟智佳等, 2016; 吴永和等, 2013)。例如,利用仪表盘帮助教师同时监控课堂多个小组的学习行为,能有效降低教师的认知负荷,提升及时教学干预的质量(van Leeuwen, 2015);为学生提供小组协作过程的可视化反馈相较于文本反馈,更直观和易于学习者的理解,因此能够更好地促进学习者间的互动(Lim et al., 2014),激发学生自主学习(Hadwin et al., 2018)。可视化表征也能支持不同利益相关者之间开展高效对话,例如纳吉(Nagy, 2016)用交互性泡泡图绘制中学生六年间的学业努力情况,既直观呈现学习者间的差异从而促进学生间的交流,也展现了学生的总体进步情况而激发教师间的讨论。

(二) 可视化分析学

可视化分析学诞生于2005年前后,是一门通过交互性可视化界面促进分析推理的一门科学(Thomas & Cook, 2005)。它包含两大核心要素,即自动化分析技术(如统计和数据挖掘)和可视化分析技术(如信息可视化和人机交互)(Keim et al., 2009)。可视化分析学是典型的交叉学科,它整合了信息可视化、人机交互、数据分析、数据管理、地理空间及时间数据的处理与统计等多个学科方向(Keim et al., 2008)。

可视化分析学的诞生主要源于单纯依靠自动化分析技术或可视化技术很难完成的复杂问题的决策。大量数字或文本格式的数据超出人类的认知能力,因此很难从复杂分析过程中有效提取知识。可视化分析学的目标是通过可视化表征以聚合的方式帮助人类分析复杂过程,降低大量数据所带来的认知负荷(Keim et al., 2008),同时通过交互性可视

化表征能促进人机交流,实现人机优势融合,更好地应对信息过载和决策复杂性带来的挑战(Keim et al., 2009)。

凯姆等(Keim et al., 2008; Keim et al., 2009)将可视化分析过程总结为图1模式。待解决问题通常比较复杂,输入数据来自多个异质数据集,它们经过数据转化、数据清洗、选择与合并等预处理后,用户既可以进行可视化数据探索,通过交互性界面探索其中潜藏的模式与趋势,从而获取解决问题的相关知识与见解;也可以直接通过统计和数据挖掘等自动化分析技术建立模型与验证假设,从而获取相关知识。同时可视化表征与假设模型之间存在动态交互,可视化的探索分析可以帮助提出新的假设,优化模型参数,也可以对建立的模型进行可视化操作,直观地呈现复杂的变量关系。获取的知识则可以进一步引导数据输入和分析流程。因此,可视化分析往往是非线性的迭代性发展过程。

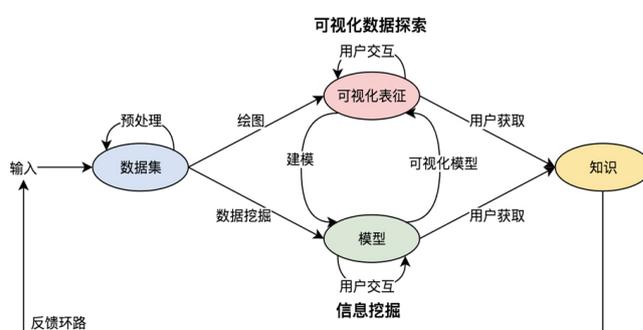


图1 可视化分析流程模型
(Keim et al., 2008; Keim et al., 2009)

有学者后来修订了凯姆等的流程模型(Andrienko et al., 2018; Ribarsky & Fisher, 2016; Sacha et al., 2014)。安德里彦科等(2018)将原模型中的“数据集”和“知识”分别拓展为表征现实世界的模型和分析者大脑中建构的模型,但“可视化表征”和“模型”的交互仍旧是实现数据向知识转化的重要组成部分,可视化技术不再局限于对分析结果的表达,而是融入数据分析整个流程,与自动化的数据统计与挖掘交替进行,交互反馈,成为机器智能和人类智能互补、衔接的桥梁,实现决策过程的迭代式推进。

(三) 可视化学习分析

可视化学习分析是学习分析学和可视化分析学相交叉新兴研究领域。维埃拉等(Vieira et al.,

2018) 认为可视化学习分析可以“通过互动性的可视化技巧使用计算工具和方法理解教育现象”。陈高伟(Chen, 2019) 认为可视化学习分析可以“使用可视化分析(即分析与可视化技巧) 启发教育决策”。因此, 可视化学习分析强调计算机的自动化分析和可视化优势对人类推理和决策过程的支持, 理解复杂的学习现象和解决复杂的学习问题。

可视化学习分析突破了学习分析学对可视化技术的主流定位, 强调可视化技术的价值不仅在于对学习分析结果的表达, 更是作为人机交互的桥梁, 支持用户对学习数据的探索、解释、假设、验证等动态的推理过程。可视化学习分析工具也很难提供完整的学习问题解决方案, 因为用户的经验与智慧在很多复杂性决策中已经变得不可或缺。另一方面, 可视化学习分析与学习分析学一样强调学习理论在数据探索、分析和工具开发中的指导与调节作用(Hillaire et al., 2016; Shaffer & Ruis, 2017; Wise & Schaffer, 2015), 而不是纯粹数据驱动或仅靠个人知识与经验, 因而与数据驱动的可视化分析流程模型(见图1) 不同, 可视化学习分析强调学习理论对分析流程的指导与调控作用, 如对目标学习问题/现象的解读、数据收集范围的确定、可视化探索的指向、假设的建立等。本文尝试在图1 的基础上构建学习情境下的可视化分析流程模型(见图2), 将学习理论对分析与反馈全流程的指导作用予以外显和强调, 可视化学习分析工具通过可视化交互界面和数据统计与挖掘技术支持用户动态地探索和验证模型, 从而更深入、全面地获取知识, 促进决策科学化。

全景加细节是信息可视化设计的重要原则, 即先看全景, 然后缩放/筛选, 最后按需呈现细节(Shneiderman, 1996)。凯姆等(Keim, 2008) 指出在可视化数据分析中, 原始数据的复杂性, 使得所有数据的全景不可能都被展现, 因此他们提出了适用于可视化分析的万用法则: 分析后展示重要信息; 缩放、筛选, 并进一步分析; 细节可按需选择、呈现。根据可视化分析的万用法则, 本研究建议典型的可视化学习分析路径需要确定学习理论后进行初步分析, 再可视化重要信息, 并通过缩放/筛选支持后续分析, 而细节可以按需呈现, 还可以对不同的学习理论进行比较研究。

(四) 可视化在学习分析中的三重角色

可视化技术在可视化学习分析中能够帮助用户充分利用计算机自动化计算优势, 并融入自身的智慧与经验, 共同完成复杂问题的决策。直观的可视化表征是人机交互的润滑剂, 它在可视化分析和可视化学习分析流程中承担三重角色: 探索性地挖掘数据结构与趋势; 带有目标导向地检验假设; 快速有效地传达分析结果(Keim et al., 2008)。后两种也被称为理解型可视化, 可直观、清晰地呈现信息, 帮助用户更高效地理解数据, 而第一种则属于探索型可视化, 可挖掘数据潜藏的信息, 指导进一步的验证性数据分析(李志刚等, 2012)。

在学习分析学的发展中, 可视化技术主要用于直观地表征学习分析结果, 这也是目前国内可视化学习分析研究对可视化作用的主流理解。李艳燕等(2019) 将可视化学习分析工具等同于“学习仪表

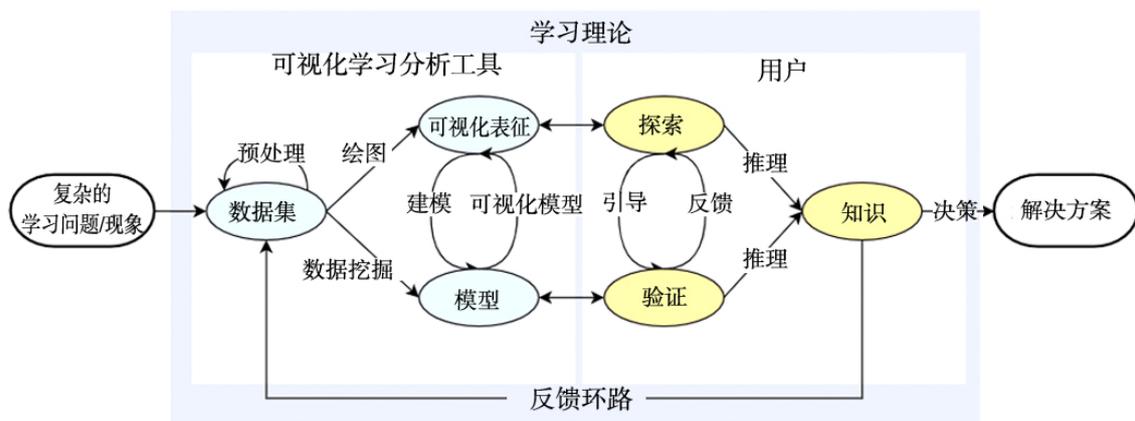


图2 可视化学习分析流程模型

盘”强调可视化技术对学习分析结果的呈现,支持学习者或教育者对数据的查看和理解,降低用户的认知负荷。而实际上,可视化技术还可以支持验证性数据分析,直观地展示变量之间的复杂关系,建立可视化模型。赵明明(Chiu, 2008)提出的统计性话语分析方法通过路径分析图简洁地表征临近话轮间的话语特征关系(Chen et al., 2012; Lu et al., 2011; Molenaar & Chiu, 2014),还有研究采用基于主体模型构建技术帮助学习者验证假设,理解复杂系统的关键概念与特征(Wilensky & Jacobson, 2014)。

可视化促进用户理解的优势主要源于人类加工视觉信息和文本信息的差异。根据双通道编码理论(Paivio, 1986),人类在不同的通道独立加工文本和图像信息。将文本数据适当可视化,有助于充分利用自身的认知容量,高效地理解数据。同时,用户能够有效整合基于叙述性信息构建的命题性表征和基于描绘性信息构建的心智模型,也有利于加深用户对数据的理解(Dewolf et al., 2014)。双通道加工理论区分了两类动态交互的心理加工过程:自动化加工和控制性加工(Shiffrin & Schneider, 1977),人类处理视觉信息多数是无意识的、自动化的,需要的努力和注意力控制非常少,因此更迅速。加工文本信息多是线性的、有意识的,需要控制的注意力和耗费的心智努力多,因此速度较慢,所以可视化信息支持用户快速监控上独具优势(Few, 2006)。另外,人类也偏好接受视觉信息。调查显示,学习者和教

师均要求学习分析工具能够将分析结果以多种可视化形式予以呈现(牟智佳等, 2017)。

相对理解型可视化而言,探索型可视化在学习分析研究中一直没有得到重视。可视化探索性数据分析能够帮助检测变量分布、变量间关系、聚焦重要变量、建议可能的模型和检测数据存在的异常等,“图片的最大价值是强迫我们注意到我们永远也不会预期见到的东西”(Tukey, 1977)。数据科学中经典的、体现可视化在探索性数据分析中价值的案例见图3(Anscombe, 1973)。统计分析发现,四组数据有同样的均值和方差,并适用于相同的线性模型,但可视化的表征直观地显示它们具有完全不同的分布。因此,可视化表征能够充分利用人类加工视觉信息的优势,激发用户的知识背景和经验,并结合用户对实际情境的掌握以及相关学习理论的理解,帮助用户直观地发现数据的模式与规律,更好地解读和调整计算机的自动化分析结果,实现复杂问题的决策。

三、理论背景: 复杂系统理论

(一) 学习现象和自组织型复杂系统

西方经典科学研究的传统方法论是把复杂问题简单化,这种“还原论”的研究方法进入二十世纪以来面临越来越严峻的挑战,当代系统科学(又称复杂性科学)由此呼之欲出。从控制论、信息论、系统论,到耗散结构、协同学、突变论,再到当前迅速发展的分形、混沌、自组织、超循环理论等系统科学在

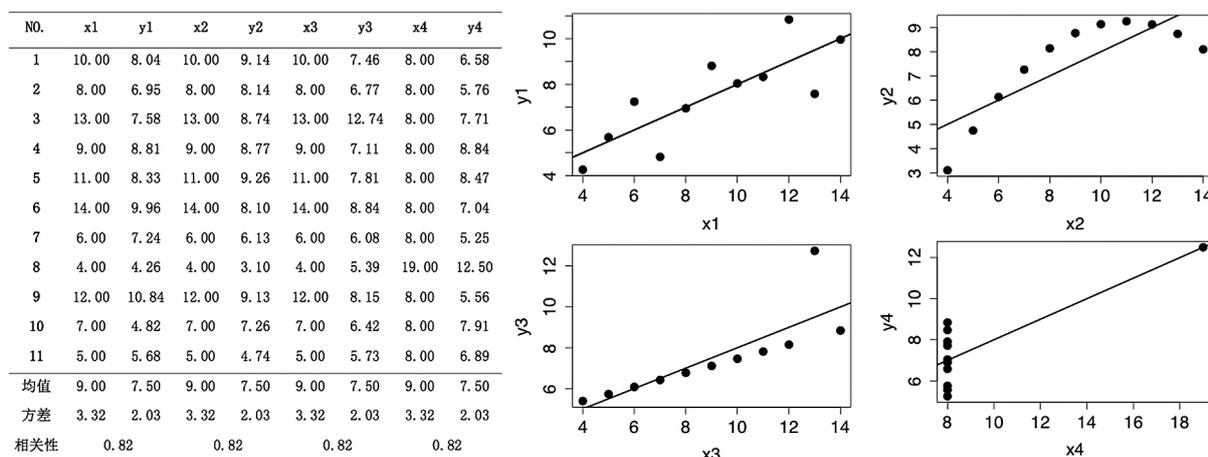


图3 可视化技术在探索性数据分析中的优势: 相同的计算模型和不同的分布(Anscombe, 1973)

“探索复杂性”的艰难征途中高歌猛进,为各领域的复杂性研究提供了全新的思路和方法论。这也正是可视化技术在学习分析研究中异军突起的背景和基础。学习问题本身的复杂性单纯依靠人工智能无法提供优质的解决方案,需要结合人类的经验、知识、创造性与灵活性。越来越多的学习科学研究显示,学习现象是典型的自组织型复杂系统,例如,协作学习中个体交互的时间不是均质的,而是受历史和情境因素影响的动态发展过程(Kapur et al., 2008; Mercer, 2008; Schegloff, 2007; Wise & Chiu, 2011),交互模式同样会影响协作学习成效(Cen et al., 2016)。还有研究发现,群体学习系统可能存在吸引子(Kapur et al., 2008; Umaschi, 2001),吸引子是自组织型复杂系统在运行时趋向的一系列点集(Boeing, 2016),包括使系统趋向单点集的点吸引子、将系统导向周期性平衡的极限环以及使系统不重复震荡的奇怪吸引子(Grebogi et al., 1987; 李曙华, 1999)。

在学生辩论中,讨论主题可能就是奇怪吸引子。乌玛什(Umaschi, 2001)发现,围绕辩论话题所不断出现的新概念/观点促进学生辩论向更高的复杂性发展,而这一过程的正向和反向论据则构成了正负反馈环,使学生辩论维持相似的结构并趋于复杂。斯特尔(Stahl, 2010, 2016)发现,共享的交互资源(如小组任务)能够限定和引导小组讨论过程。此外,卡普尔和同事(Kapur & Kinzer, 2007; Kapur et al., 2005; Kapur et al., 2008; Voiklis et al., 2006)发现了小组讨论中的参与不平衡性(小组成员参与率的方差)和认知聚合度(每个话语单元使小组趋近目标状态的影响力)在讨论早期就趋于固定值,因此这两个指标可能是协作性讨论的点吸引子。而在不对等的交互中,优势方的策略也可能成为潜在的点吸引子,例如,一项早期研究发现孩子与母亲共同完成谜题的过程中会不断倾向使用母亲的策略(Wertsch & Stone, 1999)。近期研究开始关注学生如何在小组讨论中应用教师在对话式教学中所采用的对话策略(van de Pol et al., 2019),以及学生如何在探索性对话中迁移同伴的解题策略(Littleton & Mercer, 2013)。在社会性互动中,人类有自发模仿他人和使自己合群的本性(Lieberman, 2007),所拥有的镜像神经元已经为此提供了神经科学的基础

(Gallese et al., 2004; Iacoboni, 2009)。

(二) 可视化学习分析作为方法论

学习过程的非线性使经典科学中很多基于线性假设的统计和预测模型不再适用。复杂系统科学倡导通过可视化建模和仿真描述系统的动态性,探索系统不同的可能形态(Servedio et al., 2014),这与可视化学习分析的宗旨非常契合。复杂系统理论为可视化学习分析作为新型的学习研究方法提供了强有力的理论基础。

在学习科学领域,有学者借鉴复杂系统科学的研究成果,建议把可视化建模作为新型的研究方法探索学习现象与问题的复杂性(Wilensky & Jacobson, 2014),指出现有的量化和质性研究方法在探索可能的学习路径上都有一定的局限(Levin & Jacobson, 2017),而基于主体的建模(agent-based modeling)技术能够强有力地补充已有研究方法的不足(Jacobson & Kapur, 2012)。目前,这一方法已被诸多学习科学研究所尝试(Maroulis et al., 2014; White & Levin, 2016)。

可视化建模在理解和分析复杂系统中独具优越,但在学习科学领域仍不是主流的研究方法,这或许是由于模拟个体和设置学习情境的预定义条件至今仍然非常困难。而可视化学习分析强调融入人类智慧与经验,提供开放性探索功能,指导自动化的计算分析,引起了很多研究者的关注。而可视化建模可以被看作是一种高级的可视化学习分析手段,通过已发生的学习路径初始化模型,支持探索更多未知的学习路径。随着学习科学研究的成熟和人工智能技术的发展,可视化建模分析很可能成为一种主流的学习研究手段。

(三) 可视化学习分析理论框架

本研究基于复杂系统理论提出了可视化学习分析的理论框架,为相关研究提供借鉴(见图4)。自适应性复杂学习系统通过不断的反馈环自发地形成多层结构,该结构的基本层级是“个体”。维果斯基(Vygotsky, 1987)强调群体认知先于个体认知,但不能否认个体通过社会交互习得一定的能力后可以通过自我调控(self-regulated learning)(Pintrich, 2000)表达完整的认知过程,包括表达观点、阐释/论证自己的观点,或者反思自身的表现等主体内思考形式(intra-thinking)。

学习系统的另一常见层级是“小组”, 小组能够产生共同监控的学习(socially shared regulated learning) 即多个个体共同调控小组学习活动, 从而建立对任务的共同理解 构建一致的目标和计划(Hadwin & Oshige , 2011; Jarvela & Hadwin , 2013)。斯特尔(Stahl , 2009 , 2010 , 2016) 领导的虚拟数学小组项目关注小组学习规律, 并致力于建构群体科学。他通过分析大量小组数学问题解决过程提出了群体认知(group cognition) 概念, 并将能够表现出独立认知过程的单元视为整体, 而不论所涉及的个体人数, 避免了社会-个体的划分(Clarù , 2019) , 因而个体和小组之间还往往存在“配对”层级, 即两个个体间的交互。配对个体是最小的交互主体单元, 可以通过他控学习(Co-Regulated Learning) 表达独立的认知过程。他控学习指个体通过与他人的互动引发自主调控学习的过程(Hadwin & Oshige , 2011)。主体间思考(Interthinking) 出现在配对和小组层面, 即一种社会形式的思考方式(Littleton & Mercer , 2013) , 包括阐释、论证、评价、挑战他人观点, 或者邀请他人进行阐释、论证、预测等。小组共同调控集体表现, 进行集体式思考能够突现完整的群体认知现象(Stahl , 2009)。在小组之外, “共同体”(如班级) 和“社会”等层级也可能在子系统的交互中突现一定的独立认知属性。

除了层级内的反馈环, 层级间也可以交互。例

如, 个体模仿和内化同伴的策略(Littleton & Mercer , 2013; van de Pol et al. , 2019; Wertsch & Stone , 1999)。相应的, 个体层面的改变会影响主体间的思考过程, 个体也可以主动调控他人、小组, 乃至整个共同体的交互过程。而社会的历史文化、共同体的实践规约、小组的任务目标等也会影响个体的认知与行为。当前的学习科学研究仍以个体层面的分析为主(Borge & Mercier , 2019; Stahl , 2009) , 但很多实证研究已开始强调高层、多层和跨层的系统分析。

四、典型应用

根据面向的用户和功能目标, 可视化学习分析可以分为两大类: 一是面向实践者的作为一种教与学的干预手段, 帮助改善教学效果和环境(Chen , 2019; Van Aalst et al. , 2012; Zhang et al. , 2018; Zheng et al. , 2018); 二是面向研究者作为一种研究方法论, 帮助分析和理解复杂的学习现象和学习干预成效(Gasevic et al. , 2019; Oshima et al. , 2012; Shaffer et al. , 2009)。该部分将以话语分析为例介绍可视化学习分析的四个典型应用, 阐释可视化学习分析的内涵、特征和流程。

(一) 课堂话语分析器(Classroom Discourse Analyzer)

课堂话语分析器是基于社会文化理论(Vygots-

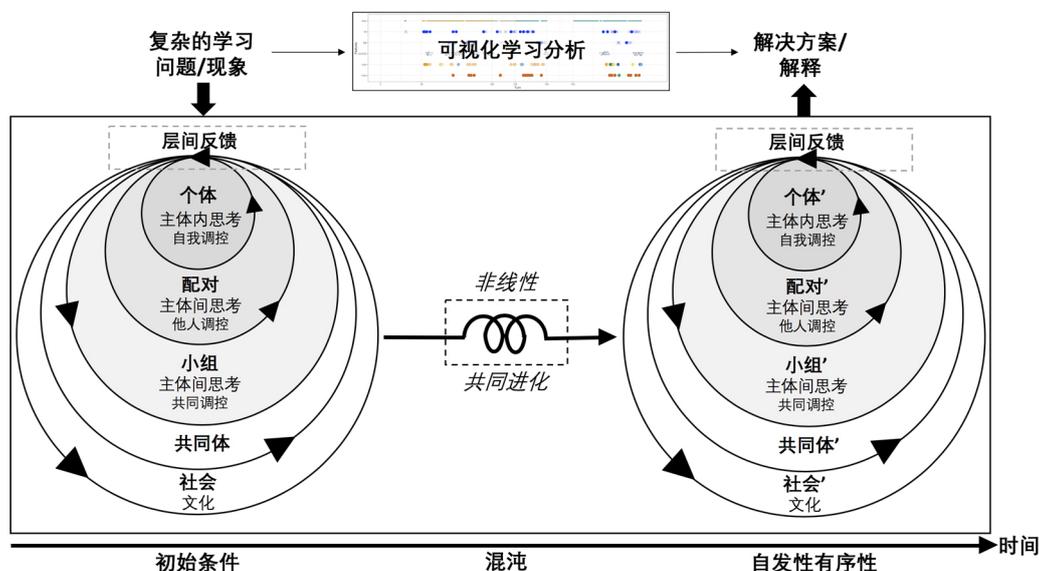


图4 基于复杂系统理论的可视化学习分析理论框架

注: '表示该主体在一定时间后发生了变化

ky, 1978) 的可视化课堂话语分析工具, 能够帮助教育者反思与提升课堂对话, 已被有效应用于对话型教学的教师专业发展项目中(Chen, 2019, 2020; Chen et al., 2014, 2015; Ni et al., 2017)。相较于基于视频的教师学习项目, 课堂话语分析器通过可交互的泡泡图帮助教师解构复杂的课堂对话过程, 直观地展现课堂对话的模式(见图 5)。它还通过折线图区分不同类型的话轮转换, 并通过同步技术支持视频、文本等细节的展现。同时, 课堂话语分析器依据负责任的对话框架(Accountable Talk)(Michaels et al., 2010)应用内容分析技术标识课堂对话中教师的有效对话, 并提供各类对话策略的筛选与检索, 降低教师在反思课堂对话中的认知负荷, 帮助教师快速锁定值得关注的对话片段, 提高教师反思与学习的有效性, 促进教师间对话策略的比较与交流。

(二) 想法线程绘图工具(Idea Thread Mapper)

想法线程绘图工具是由张建伟等(Zhang et al., 2018)开发的支持学生探究性学习项目的可视化分析工具。它可以依附于知识论坛等在线讨论平台, 基于知识建构理论(Scardamalia & Bereiter, 2006)帮助学生和教师监控生成的探究方向, 共同管理长期的协作性探究过程。想法线程绘图工具通过可视化形式, 将时间轴融入树形结构, 将所有学生的帖子同时按主题和时间呈现, 通过线条展现主题内和不同主题间的知识连接结构, 更好地帮助学习者反思知识建构的协作过程。想法线程绘图工具还

提供检索、主题建模、贡献类型分析等工具帮助学生探索不同想法线程间的连结、发现和进一步分析核心的话语片段、比较不同成员的参与情况等。想法线程绘图工具还提供结构化的思维旅程帮助学习者总结和反思不同的想法线程, 支持跨共同体的比较和分享。研究发现, 想法线程绘图工具能够有效地增加学习者的协作性元话语(Meta-discourse), 帮助学生监控知识建构进程, 总结与提炼核心主题, 开展协作反思与评价等(Chen & Zhang, 2016; Zhang et al., 2018)

(三) 认识网络分析(Epistemic Network Analysis)

认识网络分析(<https://app.epistemicnetwork.org/>)基于认识框架理论(Epistemic Frame Theory), 利用内容分析和网络分析方法帮助研究者分析目标话语特征在不同层级系统中的连结模式(Shaffer & Ruis, 2017)。它支持灵活地定义要关注的话语特征和话语分析单元。与一般网络分析不同的是, 认识网络分析采用固定的坐标系统, 不但能够可视化不同认识特征间的连结, 还可以定量计算两个认知网络间的差异, 因此受到研究者的关注。乔纳蒂等(Csanadi et al., 2018)利用认识网络分析比较职前教师与他人合作讨论和独立思考教学问题时推理过程的差异, 证明了认识网络分析相较传统编码统计方法, 能更有效地捕捉各关注要素间的时序结构。但是, 认识网络分析只能比较两个主体单元的认识网络差异, 而且在捕捉参与模式上有一定的局限, 因

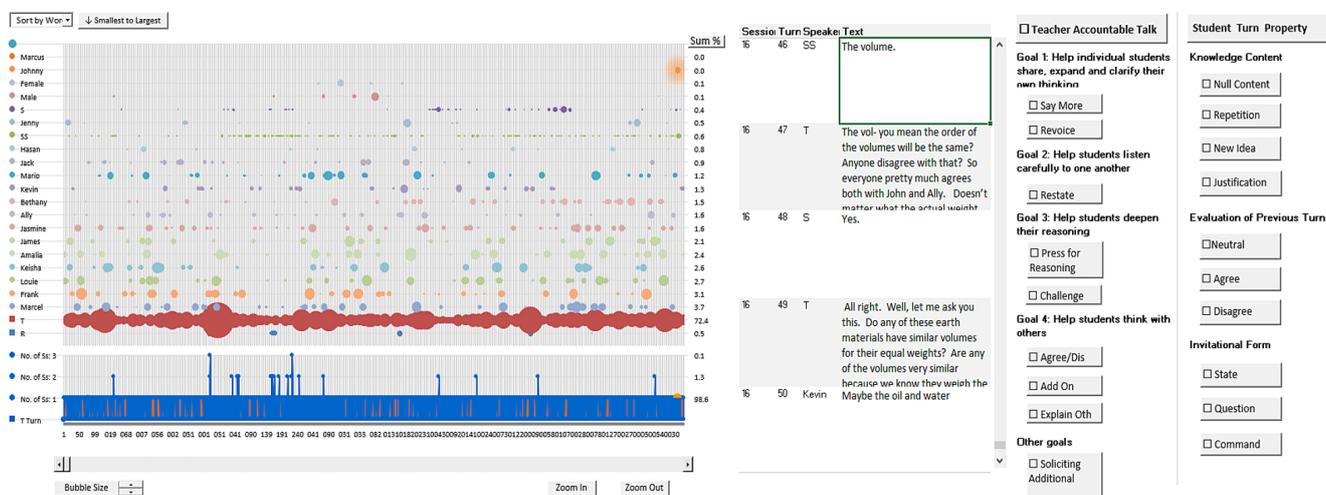


图 5 课堂话语分析器(CDA)的核心功能示例

此它经常和社会网络分析相结合,以帮助更好地解释交互过程的规律(Gasevic et al., 2019)。

(四) 知识建构话语探索(Knowledge Building Discourse Explorer)

知识建构话语探索是由欧西玛等(Oshima et al., 2012)开发的一款可视化话语分析工具。它基于知识建构理论(Scardamalia & Bereiter, 2006),依靠社会语义网络分析帮助研究者探索与分析学习者协作知识建构过程的语义网络、社会语义网络等的发展模式。知识建构话语探索首先定义代表性的领域知识关键词,然后通过社会语义网络分析研究学生的协作知识建构过程,利用折线图呈现不同网络指标的演变,探索不同网络的动态发展过程,帮助监测话语中潜藏的模式与规律,如领导者角色的轮换(Ma et al., 2017)。知识建构话语探索采用自上而下的基于关键词的分析方法,这相较于内容分析法(Chen et al., 2017)可以节省时间和人力,但是关键词列表的选择也可能会引入制定者的偏见,从而影响这一分析方法的信度。

课堂话语分析器、想法线程绘图工具、认识网络分析及知识建构话语探索的设计均依据一定的学习理论,且无法自动提供完整的解决方案,而是通过可视化技术支持人机交互,同时融入自动化的数据统计与挖掘技术支持用户的开放性探索与验证,较好地遵循了典型的可视化学习分析流程,即先确定学习理论,然后初步分析,再可视化重要信息,并通过缩放/筛选支持进一步分析,最后按需呈现细节。

五、总结和展望

可视化学习分析是可视化分析学和学习分析学交叉的新兴研究领域。它通过交互性的可视化界面促进人机交流,融合人类和计算机在复杂问题决策中的优势,更好地应对当前教育大数据和复杂学习问题带来的挑战。在可视化学习分析中,可视化技术不再局限于呈现最终的学习分析报告,而是渗入整个分析流程,支持用户对数据的探索性分析、对假设的检验以及对最终分析结果的解读。可视化技术和统计与数据挖掘技术交互反馈,能够迭代地推进人机对复杂学习问题的共同决策。典型的可视化学习分析路径需要先确定学习理论,然后初步分析,再可视化重要信息,并通过缩放/筛选支持进一步分

析,而细节则可以按需呈现,还可以比较研究不同的学习理论。

研究显示,学习现象具备自组织型复杂系统的特征,因此复杂系统理论为可视化学习分析作为一种新型的学习研究方法提供了理论基础。本研究基于复杂系统理论提出可视化学习分析的理论框架,强调学习系统的层次性、非线性以及通过层内和层间的反馈环形成的自组织性。文章最后具体介绍了四类典型的可视化话语分析工具,分别是面向教师的课堂话语分析器,面向学习者和教师的想法线程图,面向研究者的认识网络分析和知识建构话语探索,展现可视化学习分析工具的特征、功能与应用流程,以期助力于可视化学习分析研究的开展和相关工具的设计与开发。

本研究是对可视化学习分析领域的起源和发展的梳理,并从复杂系统理论的角度尝试构建该领域研究的理论框架,将可视化学习分析升华为研究复杂学习系统的方法论,文中观点不免有偏颇之处。可视化学习分析作为新兴的研究分枝,在分析学习过程的时序性特征上独具优势,但要成为独立的学科,该领域还有很长的路要走。可视化学习分析的发展面临诸多挑战,比如,很多研究和应用很难兼顾学习理论和可视化设计原则,在分析复杂的学习问题中,可视化技术多数致力于学习过程的再现,而在设计引导注意力和提供建议等高阶的人机交互支持上仍有很大挑战,如何拓宽可视化学习分析工具在课堂情景中的应用也是亟待研究的方向。

[参考文献]

- [1] Andrienko, N., Lammarsch, T., Andrienko, G., Fuchs, G., Keim, D., Miksch, S., & Rind, A. (2018). Viewing visual analytics as model building [J]. *Computer Graphics Forum*, 37(6): 275-299.
- [2] Anscombe, F. J. (1973). Graphs in statistical analysis [J]. *American Statistician*, 27: 17-21.
- [3] Atapattu, T., Falkner, K., & Tarmazdi, H. (2016). Topic-wise classification of MOOC discussions: A visual analytics approach [A]. *Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining (EDM)*: 276-281 [C]. Retrieved from https://www.educationaldatamining.org/EDM2016/proceedings/paper_109.pdf.
- [4] 包昊罡,邢爽,李艳燕,郑娅峰,苏友(2019). 在线协作学习中面向教师的可视化学习分析工具设计与应用研究[J]. *中国远程教育*, (6): 13-21.

- [5] Bodily, R. , & Verbert, K. (2017). Review of research on student-facing learning analytics dashboards and educational recommender systems [J]. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4) : 405-418.
- [6] Boeing, G. (2016). Visual analysis of nonlinear dynamical systems: Chaos, fractals, self-similarity and the limits of prediction [J]. *Systems*, 4(4) : 37.
- [7] Borge, M. , & Mercier, E. (2019). Towards a micro-ecological approach to CSCL [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 14(2) : 219-235.
- [8] Cen, L. , Ruta, D. , Powell, L. , Hirsch, B. , & Ng, J. (2016). Quantitative approach to collaborative learning: performance prediction, individual assessment, and group composition [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 11(2) : 187-225.
- [9] Chen, G. (2019). Visual analytics to support classroom discourse analysis for teacher professional learning and development [A]. In N. Mercer, R. Wegerif, & M. Louis (Eds.). *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education* [C]. Routledge Ch. 12: 167-181.
- [10] Chen, G. (2020). A visual learning analytics (VLA) approach to video-based teacher professional development: Impact on teachers' beliefs, self-efficacy, and classroom talk practice [J]. *Computers and Education*, 144(2020) : 103670.
- [11] Chen, B. , Resendes, M. , Chai, C. S. , & Hong, H. Y. (2017). Two tales of time: uncovering the significance of sequential patterns among contribution types in knowledge-building discourse [J]. *Interactive Learning Environments*, 25(2) : 162-175.
- [12] Chen, G. , Chiu, M. M. , & Wang, Z. (2012). Social metacognition and the creation of correct, new ideas: A statistical discourse analysis of online mathematics discussions [J]. *Computers in Human Behavior*, 28(3) : 868-880.
- [13] Chen, G. , Clarke, S. N. , & Resnick, L. B. (2014). An analytic tool for supporting teachers' reflection on classroom talk [A]. *The 11th International Conference of the Learning Sciences, ICLS* [C]. June, 2014, Boulder, Colorado, USA: 583-590.
- [14] Chen, G. , Clarke, S. N. , & Resnick, L. B. (2015). Classroom discourse analyzer (CDA): A discourse analytic tool for teachers [J]. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 10: 85-105.
- [15] Chen, J. , & Zhang, J. (2016). Design collaborative formative assessment for sustained knowledge building using idea thread mapper [A]. *The 12th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2016)* [C]. June, 2016, Singapore: 647-654.
- [16] Chen, Q. , Yue, X. , Plantaz, X. , Chen, Y. , Shi, C. , Pong, T. C. , & Qu, H. (2018). ViSeq: Visual analytics of learning sequence in massive open online courses [J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 1(1) : 1-14.
- [17] Chiu, M. M. (2008). Flowing toward correct contributions during group problem solving [J]. *Journal of the Learning Sciences*, 17(3) : 415-463.
- [18] Clarù, M. (2019). Building on each other's ideas: A social mechanism of progressiveness in whole-class collective inquiry [J]. *Journal of the Learning Sciences* 28(3) : 302-336.
- [19] Csanadi, A. , Eagan, B. , Kollar, I. , Shaffer, D. W. , & Fischer, F. (2018). When coding-and-counting is not enough: Using epistemic network analysis (ENA) to analyze verbal data in CSCL research [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(4) : 419-438.
- [20] Dewolf, T. , Van Dooren, W. , Ev Cimen, E. , & Verschaffel, L. (2014). The impact of illustrations and warnings on solving mathematical word problems realistically [J]. *Journal of Experimental Education*, 82(1) : 103-120.
- [21] Few, S. (2006). *Information dashboard design: The effective visual communication of data* (1st ed.) [M]. Beijing: O'Reilly.
- [22] Gallese, V. , Keysers, C. , & Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(9) : 396-403.
- [23] Gašević, D. , Joksimovic, S. , Eagan, B. R. , & Shaffer, D. W. (2019). SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning [J]. *Computers in Human Behavior*, 92(September) : 562-577.
- [24] Gómez-Aguilar, D. A. , Hernández-García, Á. , García-Peñalvo, F. J. , & Therón, R. (2015). Tap into visual analysis of customization of grouping of activities in eLearning [J]. *Computers in Human Behavior*, (47) : 60-67.
- [25] Grebogi, C. , Ott, E. , & Yorke, J. a. (1987). Chaos, strange boundaries in nonlinear fractal dynamics [J]. *Science*, 238(4827) : 632-638.
- [26] Hadwin, A. F. , Bakhtiar, A. , & Miller, M. (2018). Challenges in online collaboration: Effects of scripting shared task perceptions [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(3) : 301-329.
- [27] Hadwin, A. , & Oshige, M. (2011). Socially shared regulation?: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory [J]. *Teachers College Record*, 113(2) : 240-264.
- [28] Hillaire, G. , Rappolt-Schlichtmann, G. , & Ducharme, K. (2016). Prototyping visual learning analytics guided by an educational theory informed goal [J]. *Journal of Learning Analytics*, 3(3) : 115-142.
- [29] Hsiao, I. H. , Pandhalkudi Govindarajan, S. K. , & Lin, Y. L. (2016). Semantic visual analytics for today's programming courses [A]. *The sixth international conference on learning analytics & knowledge* [C]. Edinburgh, Scotland, UK: 48-53.
- [30] 黄志南, 李艳燕, 陆星儿, 胡贺宁 (2016). 学习分析主题结构研究及可视化分析 [J]. *开放教育研究*, 22(5) : 102-111.
- [31] Iacoboni, M. (2009). Imitation, empathy, and mirror neurons [J]. *Annual Review of Psychology*, 60(1) : 653-670.
- [32] Jacobson, M. J. , & Kapur, M. (2012). Learning environ-

ments as emergent phenomena: Theoretical and methodological implications of complexity [A]. In D. Jonassen & S. Land (Eds.), *Theoretical Foundations of Learning Environments* (Second ed.) [C]. New York: Routledge: 303-334.

[33] Järvelä, S., & Hadwin, A. F. (2013). New Frontiers: Regulating Learning in CSCL [J]. *Educational Psychologist* 48(1): 25-39.

[34] Kapur, M., & Kinzer, C. K. (2007). Examining the effect of problem type in a synchronous computer-supported collaborative learning (CSCL) environment [J]. *Educational Technology Research and Development*, 55(5): 439-459.

[35] Kapur, M., Voiklis, J., & Kinzer, C. (2005). Studying problem solving through the lens of complex systems science: A novel methodological framework for analyzing problem-solving processes [A]. *The 27th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* [C]. July, 2005, Stresa, Italy: 1096-1101.

[36] Kapur, M., Voiklis, J., & Kinzer, C. K. (2008). Sensitivities to early exchange in synchronous computer-supported collaborative learning (CSCL) groups [J]. *Computers & Education* 51(1): 54-66.

[37] Keim, D. A., Mansmann, F., Schneidewind, J., Thomas, J., & Ziegler, H. (2008). Visual analytics: Scope and challenges [J]. *Visual Data Mining* (4404): 76-90.

[38] Keim, D. A., Mansmann, F., Stoffel, A., & Ziegler, H. (2009). Visual analytics [A]. In L. LIU & M. T. ZSU (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems* [C]. Boston, MA: Springer US: 3341-3346.

[39] Keim, D. A., Mansmann, F., & Thomas, J. (2009). Visual analytics?: How much visualization and how much analytics? [J]. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(2): 5-8.

[40] Lee, J. E., Recker, M., Bowers, A. J., & Yuan, M. (2016). Hierarchical cluster analysis heatmaps and pattern analysis: An approach for visualizing learning management system interaction data [A]. *The 9th International Conference on Educational Data Mining* [C]. June-July, 2016, Raleigh, NC, USA: 603-604.

[41] Levin, J. A., & Jacobson, M. J. (2017). Education as a complex system?: Implications for educational research and policy [A]. *American Educational Research Association Meetings* [C]. San Antonio: 301-316.

[42] Lieberman, M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: A review of core processes [J]. *Annual Review of Psychology*, 58(1): 259-289.

[43] Lim, K. Y., Park, H., & Kim, H. (2014). Effects of social network-based visual feedback on learning in online discussion [J]. *Journal of Educational Technology*, 30(3): 443-466.

[44] 李曙华(1999). *从系统论到混沌学: 信息时代的科学精神与科学教育* [M]. 桂林: 广西师范大学出版社.

[45] Littleton, K., & Mercer, N. (2013). *Interthinking: Putting talk to work* [M]. New York: Routledge.

[46] 李艳燕, 邢爽, 包昊罡, 苏友, 张媛(2019). *在线协作学*

习中学习分析工具对教师干预的影响研究 [J]. *中国电化教育*, 2: 80-86.

[47] 李志刚, 朱志军(2012). *大数据: 大价值、大机遇、大变革* [M]. 北京: 电子工业出版社.

[48] Lu, J., Chiu, M. M., & Law, N. W. (2011). Collaborative argumentation and justifications: A statistical discourse analysis of online discussions [J]. *Computers in Human Behavior*, 27(2): 946-955.

[49] Ma, L., Tan, S., Teo, C. L., & Kamsan, M. A. (2017). Using rotating leadership to visualize students' epistemic agency and collective responsibility for knowledge advancement [A]. *The 12th Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) Conference* [C]. June, 2017, Philadelphia, Pennsylvania, USA: 455-462

[50] Majumdar, R., & Iyer, S. (2016). iSAT: a visual learning analytics tool for instructors [J]. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(1): 1-22.

[51] Maroulis, S., Bakshy, E., Gomez, L., & Wilensky, U. (2014). Modeling the transition to public school choice [J]. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 17(2): 1-20.

[52] Matsuzawa, Y., Oshima, J., Oshima, R., & Sakai, S. (2012). Learners' use of SNA-based discourse analysis as a self-assessment tool for collaboration [J]. *International Journal of Organisational Design and Engineering*, 2(4): 362.

[53] Mercer, N. (2008). The seeds of time: Why classroom dialogue needs a temporal analysis [J]. *Journal of the Learning Sciences*, 17(1): 33-59.

[54] Michaels, S., O'Connor, M. C., Hall, M. W., & Resnick, L. B. (2010). *Accountable Talk? Sourcebook: For classroom conversation that works* (v. 3.1) [M]. University of Pittsburgh Institute for Learning. Retrieved from <http://www.watsonmath.com/wp-content/uploads/2012/10/Accountable-Talk-Sourcebook-copy.pdf>.

[55] Molenaar, I., & Chiu, M. M. (2014). Dissecting sequences of regulation and cognition: Statistical discourse analysis of primary school children's collaborative learning [J]. *Metacognition and Learning*, 9(2): 137-160.

[56] 牟智佳, 乔治·西蒙斯, 武法提(2016). *国外学习分析领域的研究现状与趋势分析* [J]. *电化教育研究*, 37(4): 18-25.

[57] 牟智佳, 武法提(2017). *基于教育数据的学习分析工具的功能探究* [J]. *现代远程教育技术*, 27(11): 113-119.

[58] Nagy, R. (2016). Tracking and visualizing student effort?: Evolution of a practical analytics tool for staff and student engagement [J]. *Journal of Learning Analytics*, 3(2): 165-193.

[59] Ni, Y., Ho, G., Cai, J., Cheung, A., Chen, G., & Ng, O. L. (2017). Research protocol: Teacher interventions aimed at engaging students in dialogic mathematics classroom discourse [J]. *International Journal of Educational Research* 86(1): 23-35.

[60] Noroozi, O., Alikhani, I., Järvelä, S., Kirschner, P. A., Juuso, I., & Seppänen, T. (2018). Multimodal data to design visual learning analytics for understanding regulation of learning [J]. *Comput-*

ers in Human Behavior, (100): 298-304.

[61] Oshima, J., Oshima, R., & Matsuzawa, Y. (2012). Knowledge building discourse explorer: A social network analysis application for knowledge building discourse [J]. Educational Technology Research and Development, 60(5): 903-921.

[62] Paivio, A. (1986). Mental representations: A dual coding approach [M]. Oxford: Oxford University Press.

[63] Pintrich, P. R. (2000). An achievement goal theory perspective on issues in motivation terminology, theory, and research [J]. Contemporary Educational Psychology, 25(1): 92-104.

[64] Ribarsky, W., & Fisher, B. (2016). The human-computer system: Towards an operational model for problem solving [A]. The 49th Annual Hawaii International Conference on System Sciences [C]. Jan, 2016, Kauai, USA: 1446-1455.

[65] Sacha, D., Stoffel, A., Stoffel, F., Kwon, B. C., Ellis, G., & Keim, D. A. (2014). Knowledge generation model for visual analytics [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 20(12): 1604-1613.

[66] Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology [A]. In K. Sawyer (Ed.), Cambridge Handbook of the Learning Sciences [M]. New York: Cambridge University Press: 97-118.

[67] Schegloff, E. (2007). Introduction to sequence organization [A]. In Schegloff, Sequence Organization in Interaction: A Primer in Conversation Analysis? [M]. Cambridge: Cambridge University Press: 1-12.

[68] Servedio, M. R., Brandvain, Y., Dhole, S., Fitzpatrick, C. L., Goldberg, E. E., Stern, C. A., Van Cleve, J., & Yeh, D. J. (2014). Not just a theory: The utility of mathematical models in evolutionary biology [J]. PLOS Biology, 12(12): 1-5.

[69] Shaffer, D. W., Hatfield, D., Svarovsky, G. N., Nash, P., Nulty, A., Bagley, E., & Mislevy, R. (2009). Epistemic network analysis: A prototype for 21st-century assessment of learning [J]. International Journal of Learning and Media, 1(2): 33-53.

[70] Shaffer, D. W., & Ruis, A. R. (2017). Epistemic network analysis: A worked example of theory-based learning analytics [A]. In Lang C., Siemens G., Wise A. F., & Gasevic D. (Eds.), Handbook of Learning Analytics [M]. Society for Learning Analytics Research: 175-187.

[71] Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory [J]. Psychological review, 84(2): 127.

[72] Shneiderman, B. (1996). The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. 1996 IEEE symposium on visual languages [C]. Sept., 1996, Boulder, Colorado: 336-343.

[73] Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education [J]. EDUCAUSE Review 46(5): 30.

[74] Stahl, G. (2009). Studying virtual math teams [M]. Lon-

don: Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

[75] Stahl, G. (2010). Guiding group cognition in CSCL [J]. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 5(3): 255-258.

[76] Stahl, G. (2016). Constructing dynamic triangles together: The development of mathematical group cognition? (learning in doing) [M]. New York, NY: Cambridge University Press.

[77] Thomas, J. J., & Cook, K. A. (2005). Illuminating the path: The research and development agenda for visual analytics [M]. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Press.

[78] Tukey, J. W. (1977). Exploratory data analysis [M]. Reading, MA: Addison-Wesley.

[79] Umaschi, M. (2001). Identity construction environments?: Developing personal and moral values through the design of a virtual city [J]. Journal of the Learning Sciences, 10(4): 365-415.

[80] van Aalst, J., Chan, C. K. K., Tian, S. W., Teplovs, C., Chan, Y. Y., & Wan, W. S. (2012). The knowledge connections analyzer [A]. The 10th International Conference of the Learning Sciences: The Future of Learning, ICLS 2012 [C]. July, 2012, Sydney: 361-365.

[81] van de Pol, J., Mercer, N., & Volman, M. (2019). Scaffolding student understanding in small-group work: Students' uptake of teacher support in subsequent small-group interaction [J]. Journal of the Learning Sciences, 28(2): 206-239.

[82] van Leeuwen, A. (2015). Learning analytics to support teachers during synchronous CSCL: Balancing between overview and overload [J]. Journal of Learning Analytics, 2(2): 138-162. <https://doi.org/10.18608/jla.2015.22.11>

[83] Vieira, C., Parsons, P., & Byrd, V. (2018). Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda [J]. Computers and Education, 122 (March): 119-135.

[84] Voiklis, J., Kapur, M., Kinzer, C., & Black, J. (2006). An emergentist account of collective cognition in collaborative problem solving [A]. The 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society [C]. July, 2006, Vancouver, British Columbia, Canada: 858-863.

[85] Vygotsky, L. S. (1978). Mind and society: The development of higher psychological processes [M]. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press.

[86] Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech [A]. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), The Collected Works of L. S. Vygotsky, Volume 1: Problems of General Psychology [M]. New York: Plenum.

[87] Wertsch, J. V., & Stone, C. A. (1999). The concept of internalization in vygotsky's account of the genesis of higher mental functions [J]. Lev Vygotsky: Critical Assessments, 1: 363-380.

[88] White, D. G., & Levin, J. A. (2016). Navigating the turbulent waters of school reform guided by complexity theory [J]. Complicity: An International Journal of Complexity and Education, 13(1):

43-80.

[89] Wilensky, U., & Jacobson, M. J. (2014). Complex systems and the learning sciences [A]. In Sawyer R. (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Second Edition [M]. Cambridge, England, UK: Cambridge University Press: 319-338.

[90] Wise, A. F., & Schaffer, D. W. (2015). Why theory matters more than ever in the age of big data [J]. *Journal of Learning Analytics*, 2(2): 5-13.

[91] Wise, A. F., & Chiu, M. M. (2011). Analyzing temporal patterns of knowledge construction in a role-based online discussion [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(3): 445-470.

[92] 吴永和, 陈丹, 马晓玲, 曹盼, 冯翔, 祝智庭(2013). 学

习分析: 教育信息化的新浪潮[J]. *远程教育杂志*, 31(04): 11-19.

[93] Zhang, J., Tao, D., Chen, M. H., Sun, Y., Judson, D., & Naqvi, S. (2018). Co-organizing the collective journey of inquiry with idea thread mapper [J]. *Journal of the Learning Sciences*, 27(3): 1-41.

[94] 张振虹, 刘文, 韩智(2014). 学习仪表盘: 大数据时代的新型学习支持工具[J]. *现代远程教育研究*, (3): 100-107.

[94] Zheng, Y., Xu, C., Li, Y., & Su, Y. (2018). Measuring and visualizing group knowledge elaboration in online collaborative discussions [J]. *Educational Technology and Society*, 21(1): 91-103.

(编辑: 李学书)

Visual Learning Analytics: Exploring the Role of Visualization

HU Liru & CHEN Gaowei

(Faculty of Education, The University of Hong Kong, 999077, China)

Abstract: *Visual learning analytics (VLA) is an emergent interdisciplinary research area combining visual analytics and learning analytics. It aims to promote human – machine interaction through interactive graphical interfaces. It affords an opportunity to make full use of computers’ automated analysis and visualization to support human reasoning and decision – making processes. Thus, it has gained increasing attention in addressing challenges of educational big data and complex learning phenomena and become a new development trend of learning analytics. As with learning analytics, VLA is theory – driven. Yet the value of visualization techniques is not only the intuitive representation of analysis results, but also the support for explorative and confirmative data analysis. Existing studies have suggested human learning as self – organized complex systems. Visual modeling is a major method in complex systems science. Complex systems theories provide a strong theoretical foundation to take VLA as a new research methodology. In this paper, we propose a theoretical framework for VLA research based on complex systems theories and suggest a representative analysis process of VLA approaches so as to guide the design, development and application of VLA tools. In the end, we introduce four representative discourse analysis tools to demonstrate the characteristics, functions, and analysis procedures of VLA tools in order to stimulate further exploration and development of this field.*

Key words: *visual learning analytics; learning analytics; visual analytics; visualization; discourse analysis; complex systems*