DOI:10.13530/j.cnki.jlis.2021014

数据可视化素养研究进展与展望*

霍朝光　卢小宾

摘　要　数据可视化素养是数据经济时代公民应具备的基本素养之一,是大数据情境下素养研究和教育的新方向,是时代赋予 LIS 学科的新命题。本文系统梳理数据可视化素养的发展脉络和框架要素,探讨数据可视化素养的锻造机理和锻造流程,阐述数据可视化素养科学测量的理论依据、测量维度和素材选择等核心问题。在此基础上,从科研、教育和应用三个维度提出数据可视化素养的整合研究框架,强化数据可视化安全、产权、伦理等数据可视化素养根基意识,并重点剖析了其对学科发展的促进作用和在图书馆领域的应用前景,以期为我国数据可视化素养的研究、教育和应用提供参考。图 5。表 2。参考文献 64。

关键词　数据可视化　数据素养　数据价值　大数据

分类号　G254

Review and Outlook of Data Visualization Literacy

HUO Chaoguang & LU Xiaobin

ABSTRACT

For library and information science (LIS), literacy is an important research domain, such as information literacy and data literacy, both improving the impact of LIS on society. Especially, libraries and librarians can always act as good leaders to drive the research, education, and application of literacy. Utilizing the source of library fully to promote citizens' literacy has been a duty and opportunity for libraries to serve the society. With the literacy elements of literacy, data visualization literacy becomes a new direction of literacy research and education, proposed by Katy Borner in PNAS, and a new research topic nominated to LIS by big data, because data visualization literacy is one basic literacy for people in the era of the data economy. Data visualization literacy aims to explore and discover the value of big data and make data sense in visualization. The data range and significance in data visualization literacy are different from those in media literacy, visual literacy, visualization literacy, and information literacy.

The rest of the paper is organized into five sections. Section I depicts the development process of data visualization literacy, from visual literacy, visual information literacy, visual literacy standards to

* 本文系国家自然科学基金重大研究计划"基于知识关联的金融大数据价值分析、发现及协同创造机制"(编号:91646206)和国家自然科学基金青年项目"基于广度学习的学科主题演化预测研究"(编号:72004221)的研究成果之一。(This article is an outcome of the major project "Value Analysis, Discovery and Collaborative Creation Mechanism of Financial Big Data based on Knowledge Association" (No. 91646206) and the youth project "Prediction of Scientific Topic Evolution Based on Broad Learning" (No. 72004221) supported by National Natural Science Foundation of China.)

通信作者:卢小宾,Email:luxb@ruc.edu.cn,ORCID:0000-0002-2866-4509(Correspondence should be addressed to LU Xiaobin, Email:luxb@ruc.edu.cn, ORCID:0000-0002-2866-4509)

visualization literacy, and compares the differences among these conceptions about visualization literacy. Section II gives the ability framework of data visualization literacy, such as insight needs, data scales, analyses, visualizations, graphic symbols, graphic variables, interactions, and programming, etc. Section III presents the forging mechanism of data visualization literacy—how cognition is forged with encountering visualization, floundering on visualization, constructing a frame, exploring visualization, questioning the frame, etc, and the forging process of data visualization literacy—how ability is accumulated when insight needs, acquire data, analyse, visualize, interactive deploy, and interpret. Section IV concludes the test theory, such as Evidence Centred Design & Item Response Theory, the dimensions, the methods, and the visualizations of data visualization literacy measurement.

In Section V, an integrated research framework of data visualization literacy is constructed, covering education, research, and application. The integrated research framework we proposed aims to strengthen the literacy elements, forging and measurement, and contribute to the exploration in influence factor, education pattern, promotion strategy and assessment. Meanwhile, we emphasize security, right, and ethics as the important base of data visualization literacy, and look into the future of the research. As far as we can see, data visualization literacy will make a significant impact on LIS, especially for library science, data science, and digital humanities. It will be a new research and education direction in LIS. In the view of the application, data visualization literacy will play an excellent role in business development and service promotion for libraries, and contribute to the construction of smart libraries in ways of visualizing data source and knowledge source, intelligent recommendation, accelerating the acquirement and adoption of knowledge. Data visualization literacy will contribute to the pattern of data-driven knowledge discovery rooted the library. Some suggestions are provided for data visualization literacy education, research, and application in China. 5 figs. 2 tabs. 64 refs.

KEY WORDS

Data visualization. Data literacy. Data value. Big data.

0 引言

素养是一种认知世界、构建自我、提升决策的能力[1],历来是 LIS(Library and Information Science)研究的重点内容之一,例如源于美国并在 20 世纪 70 至 90 年代取得较快发展的信息素养(Information Literacy),以及近年来逐渐发展成熟的数据素养(Data Literacy)等。素养是时代发展的需要,有助于发挥学科优势、产生重要社会影响力,信息素养和数据素养的发展历史和社会作用证实了这一点。信息素养最初被美国图书馆协会(ALA)定义为对信息需求的识别、查找、评价以及运用信息的能力[2]。随后,张倩苇强调信息素养不仅包括使用信息工具和信息资源的能力,还包括获取识别信息、加工处理信息、传递创造信息的能力,以及独立自主开展学习、以批判精神解决实际问题的综合能力[3]。马费成等人则进一步提出信息需求、信息源选取和信息查找、信息获取能力及技巧、信息评价和处理、信息安全意识和信息伦理、信息素养认知和信息教育六个维度的信息素养框架,强调信息素养伴随信息生命周期的过程性和信息生态的系统性[4]。随着信息素养定义的成熟,信息素养教育也逐渐成为图书馆学界研究的热点,黄如花等人就信息素养在 MOOC 背景下的变革进行了系统阐述[5],张长海围绕信息素养的教育模式进行了系统论述和验证[6]。数据素

养是随着数据密集型科学研究范式的提出而逐渐发展起来的一种素养,强调对数据的采集、组织和管理、处理和分析、共享与协调创新利用等方面的能力,被看作是信息素养的进一步提高和拓展,已有研究主要集中在科学数据素养、馆员数据素养以及教师数据素养等方面[7-10]。信息素养和数据素养的发展给图书馆带来了一轮又一轮的冲击和改变,迫使图书馆进行业务升级和改革。与此同时,图书馆在信息素养和数据素养的研究和教育中均起到了较好的引领作用,提高了人们利用 LIS 专业知识认识世界和构建自我的能力,将信息素养及数据素养作为全民素养教育工作的一部分来开展,极大地提升了 LIS 学科的社会影响力。

时代的发展迫切要求人们具备新的素养,尤其是在大数据时代,越发强调数据处理、分析以及可视化等大数据决策能力,强调在数据经济(Data Economy)背景下新素养或能力的培养[11-12],至此,数据可视化素养(Data Visualization Literacy,DVL)应运而生。数据可视化素养已经超越以往媒体素养、视觉素养、可视化素养、信息素养等概念中关于数据的范畴,旨在应对大数据情境、彰显和阐释大数据价值,强调将其作为大数据时代公民的基本素养进行培养[13]。数据可视化素养非常注重培养对数据及大数据的认知与处理的综合能力,强调对数据形态、价值和伦理的辩证认识,强调在大数据分析和处理技术的基础上进行可视化,强调整合数据素养进行可视化,未来数据可视化素养的高低将直接决定人们对数据及大数据的透视能力[10,14]。依据 Börner 等可视化领域专家的观点,数据可视化素养有望成为与文字素养、数学素养同等级别的重要素养,其兴起有望成为 LIS 学科的重要增长点[1]。因此,本文尝试梳理数据可视化素养的发展脉络、框架要素、锻造流程、科学测量等方面的研究,展望未来的研究框架以及对学科发展的作用,探索其在图书馆领域的应用前景,以期为我国开展数据可视化素养研究、教育和应用提供参考。

1　数据可视化素养的发展脉络

数据可视化素养与可视化素养(Visualization Literacy,VL)一脉相承,可以追溯至 Ausburn 等人于 1978 年提出的视觉素养(Visual Literacy),该概念强调理解、应用图形进行沟通交流的一系列技能,旨在指导、教育用户利用视觉素养开展有效的视觉应用。虽然不同学科赋予视觉素养各自不同的特征,但是 Ausburn 着重强调视觉素养所蕴含的主动接收与发送的视觉沟通能力,高度概括了视觉素养的内涵与本质[15]。2003 年,Taylor 综合梳理、比较了视觉素养与媒体素养(Media Literacy)、信息素养等概念,发现视觉素养的定义过于宽泛,认为视觉素养不应该像烹饪素养(Culinary Literacy)、驾驶素养(Driving Literacy)那样宽泛,应该更加具体化、专一化和可应用,因此提出了视觉信息素养(Visual Information Literacy)一词,强调其与媒体素养、信息素养的整合,认为其不仅包括图表等表示符号,也应该覆盖传播过程中的可视化因素[16]。2011 年,美国大学与研究图书馆协会(Association of College and Research Libraries,ACRL)发布了《面对高等教育的视觉素养完整标准》(*ACRL Visual Literacy Competency Standards for Higher Education*),将视觉素养定义为一种挖掘、阐释、评价、运用、创造图像和视觉媒质的能力[17],旨在帮助学习者分析和理解视觉材料背后的情境、文化、道德、美学、知识和技术构成,批判性地看待视觉材料,融入并推动知识和文化的共享[18]。

2014 年,Boy 等人首次提出可视化素养概念,不同于根植于符号学的视觉素养,可视化素养强调利用可视化工具和材料高效地处理信息的能力[19],不同于以往的视觉信息素养以及单纯的书画刻印技能,此时的可视化素养定义较为宽泛[20]。2015 年,Börner 等人在这种宽泛的可视化素养定义基础上,强化对数据的可视化能力和意义的构建,首次提出数据可视化素养概念,突出数据的内涵,并将数据可视化素养定

义为对数据可视化中模式、趋势、相关性等的解读能力和意义构建能力[21]。之后,Lee 等人于 2017 年在 Boy 和 Börner 的可视化素养定义基础上,发现两人的定义在词语使用上仍然不够明确,定义的可视化任务类型比较狭义,因此将可视化素养定义为一种阅读、解释可视化数据并从中抽取有效信息的能力,界定了可视化素养具体需要测量的目标技能,并扩展了可视化的数据类型[22]。2019 年,Börner 等人在《美国科学院院报》(*Proceedings of the National Academy of Sciences*,PNAS)上发表标志性成果 *Data visualization literacy*,进一步强化数据可视化素养对数据的解读能力,强调数据驱动可视化和大数据决策能力,并系统阐述了数据可视化素养在数据经济时代的特殊意义[1]。综上,数据可视化素养的发展脉络如图 1 所示。

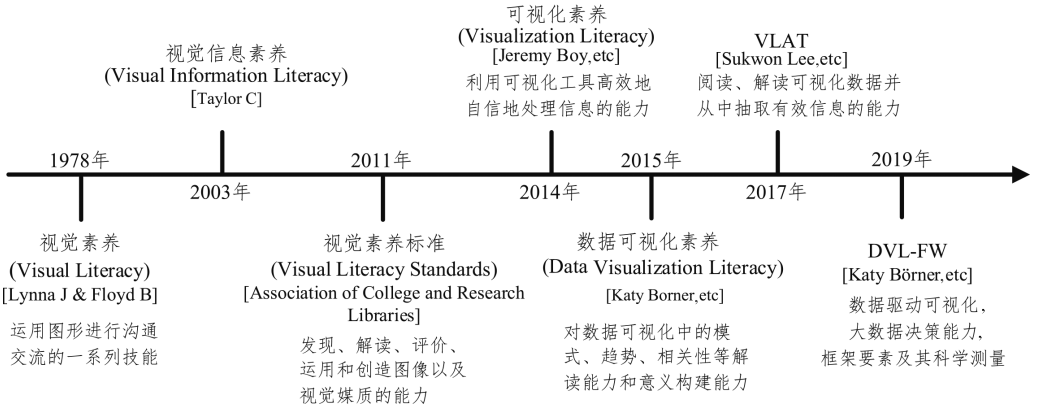


图 1　数据可视化素养的发展脉络

2　数据可视化素养框架要素

数据可视化素养框架的要素决定了其能力的维度分布,每一个要素都包含数据可视化素养的一个维度、一组技能,目前数据可视化素养主要涵盖需求洞察(Insight Needs)、数据类型(Data Types)、数据转化模式(Data Transformations)、视觉映射转化(Visual Mapping Transformations)和交互技术(Interaction Techniques)等维度上的认知和运用能力,关于数据可视化素养框架要素的研究主要围绕以下六个方面展开[23],如表 1 所示。

表 1　数据可视化素养框架要素

需求洞察	数据类型	数据分析	可视化表现	图形符号和图形变量	交互部署
分类/聚类 排序 分布情况 对比 趋势 地理空间 成分 关系	名目数据 有序数据 等距数据 等比数据	统计分析 时序分析 空间分析 组成分析 关系分析	表格 统计图 图形 地图 树状图 网络	几何符号:点/线/区间/面积/体积 语言符号:文本/数字/标点符号 图像符号:图像/图标/统计图表 空　　间:位置 显　　示:形状/颜色/光色/动作	缩放 检索/定位 过滤 详情 历史 抽取 连接/消除 映射 变形

(1)需求洞察能力。需求洞察能力是数据可视化素养框架的首要要素,原因在于需求是驱动可视化发展的根源,可视化是为了更好地开展分析、对比、决策等任务,有什么样的需求就会衍生出什么样的可视化技术和工具。根据需求的不同,可视化有不同类型的任务和目标。因此,要先洞察需求类型,再细化任务目标。Bertin 针对图表、网络、地图等可视化类型将可视化任务分为选择、排序、关联、量化四种[24];Few 等人进一步凝练出排名、分布、对比、时间序列、地理空间、部分与整体关系、相关性等可视化任务类型,其主要针对的可视化对象是表格和图形[25];Yau 将需求划分为时间变化模式、比例、关系、差异、空间距离等类型[26];Munzner 则将发现、标注、简单、对比等一系列可视化需求任务总结为分析、检索、查询三种[27];Fisher 和 Meyer 定义可视化主要有读取数值、描述分布、识别趋势等任务类型[28]。整合以往可视化需求类型可以发现,数据可视化素养首先要具有对分类、聚类、排序、分布情况、对比、趋势、地理空间、成分、关系等需求与任务的洞察能力,这是数据可视化素养的基本要素。

(2)数据类型理解能力。数据可视化素养强调对数据的可视化能力,其首要前提就是对数据类型有深刻的理解和把握,数据类型直接决定了后期可视化实施的流程和具体编码,如定性数据与定量数据在可视化方面可能就截然不同,其可视化处理、分析、展示工具可能完全不是一个标准。在数据类型方面,Bertin 将其划分为定性数据(Qualitative Data)、定量数据(Quantitative Data)、有序数据(Ordered Data)三种类型[24],其中定性数据主要是指一般的名目数据,定量数据则强调数据的数字性,有序数据则指数据是有序可排列的,该分类标准后来得到数据可视化领域部分专家的认可并被采纳[27,29]。Börner 在 *Atlas of Knowledge: Anyone Can Map* 一书中详细讨论了 Bertin 关于定性数据与定量数据的内涵,强调定性数据表达的是无法量化的名目数据,而定量数据与有序数据存在一定的重合,定量数据有等比、等距等形式,但是除此之外的仍然是有序数据。她认为定性数据、定量数据和有序数据这种分类在概括数据类型时不够完整和准确,于是将其进一步划分为名目数据(Nominal Data)、有序数据(Ordinal Data)、等距数据(Interval Data)、等比数据(Ratio Data)四类:名目数据强调数据不可量化也没有顺序之分;有序数据既包括不可量化但有序的定性数据,也包括量化的无规律可排序数据;等比与等距数据则严格根据量化数据的间距特性进行区分,以便于深度量化分析[30]。只有深刻理解数据类型,才能把握分析精度和差异。

(3)数据分析能力。数据可视化是建立在科学分析基础上的可视化,数据分析是数据可视化的关键,对数据及大数据的分析能力是数据可视化素养的核心要素。整合以往数据可视化分析中所采用的数据分析方法,可以发现数据可视化除基础的统计分析(例如排序、分类等)外,主要在回答“When”的问题——时序分析、“Where”的问题——空间分析、“What”的问题——组成分析、“With Whom”的问题——关系分析。由此可见,数据可视化素养中的数据分析能力要求人们能够综合利用统计学、地理学、语言学、网络科学等学科的技术,通过时序分析发现数据的发展趋势,通过空间分析解析数据的空间分布,通过组成分析阐述内容的主要构成,通过关系分析发现映射数据之间的相关性以及网络结构。数据分析能力是数据可视化素养与可视化素养的本质区别,是数据可视化素养的核心要素。

(4)可视化表现形式的运用能力。数据在经过处理、分析后需要借助具体的可视化形式展现出来,如图表、地图、网络等。可视化表现形式是可视化的关键,因此数据可视化素养也集中体现在识别、鉴定、运用可视化表现形式的能力上。关于可视化表示形式,Harris 从上百种可视化材料中凝练出表格、图表、地图等可视化类型,涵盖柱状图、饼状图、条形图、金字塔图、

散点图、地理图、区域图、网络图、沃罗诺伊图(Voronoi Diagram)等具体可视化形式[31];Bertin所列的可视化表现形式中则主要有图表、地图、网络三种[24];Börner整合具体的可视化形式,将其归纳为表格、统计图、图形、地图、树状图、网络图等六种[32]。随着科技的发展和可视化创意的涌现,未来可能会有新的可视化表现形式不断补充进来,应注意及时更新。

(5)可视化图形符号以及图形变量的运用能力。图形符号和图形变量是数据得以表达的具体部件,对图形符号和图形变量的运用能力是数据可视化素养进行数据意义构建的关键要素。图形符号是可视化表示的具体部件,如可视化过程中使用的几何符号(点、线、面等)、语言符号(文本、数字、标点符号等)和图像符号(图像、图标、统计图表)等[33]。任何可视化成果的形成都是由这些符号组成的,对图形符号的认识是数据可视化素养的基础。图形变量则是在图形符号的基础上利用这些符号变量表达数据的相关值[34],如利用符号的颜色和大小来表达数据的类型和多少,利用符号的位置来表达实物的空间位置值。个人的数据可视化素养越高,对相关信息越敏感,可视化编码能力越强,进而越能够精准理解和运用可视化符号和变量,最终实现从数据到变量的映射以及数据意义的构建。

(6)交互部署能力。数据可视化主要分静态和动态两种表现方式,在动态展示时尤其要注意可视化交互性,因此,数据可视化素养的另一要素就是对可视化交互的部署能力。Shneiderman从一维、二维、三维、时序、多维数据以及树状和网状数据中提炼出七个交互任务,即概观(Overview)、缩放(Zoom)、过滤(Filter)、展示细节(Details-on-Demand)、相关(Relate)、历史(History)、抽取(Extract)等[35]。此后,Heer和Shneiderman将可视化交互分为视觉规范、视觉操作、分析处理和引申三个大类。通过视觉方面的规范进行交互,包括利用数据筛选聚焦于相关信息,利用分类发现数据模式,从源数据中提炼出模型;通过视觉方面的操作进行交互,如筛选相关值、低层细节与高层模式的对接、多维探索的协同进行、多窗口的组合等;通过分析和引申进行交互,如记录分析的历史过程用于可视化再现和分享,标注文件模式、分享可视化注释以便于进行合作,通过任务分析引导用户等[36]。交互部署能力是数据可视化素养中实现数据意义智能构建必不可少的要素。

除上述内容之外,编程能力是数据可视化素养框架的基础,强调在数据认知的基础上通过具体代码实现数据转化,完成可视化编码和创造。不同于视觉素养,数据可视化素养更加重视对大数据的解析能力,在数据收集、数据清洗、数据存储、数据转化、数据分析等阶段对编程能力的要求更高,编程能力越强往往意味着越能灵活收集、分析数据,进行有效的可视化编码,并优化数据映射。数据可视化是建立在一系列数据挖掘、数据分析以及人工智能技术基础上的可视化,应强化编程能力这一基础要素,提升可视化成果的创新水平。

3 数据可视化素养的锻造流程

(1)数据可视化素养锻造的内在机理。数据可视化素养的本质在于意义构建(Sense Making),而意义构建依赖于其构建流程的内在机理[37]。例如,对于信息意义的构建和价值实现,需要经过信息收集、信息搜索和筛选、信息读取和抽取等不断循环的过程,从而完成对信息素养的锻造[38]。数据可视化素养是在经历一系列邂逅(Encountering Visualization)、困惑(Floundering on Visualization)、认知框架构建(Constructing a Frame)、探索(Exploring Visualization)、认知反馈(Questioning the Frame)等过程中逐渐积累而成的[39],如图2所示。当初遇可视化时,用户首先会陷入困惑和不解,然后努力从可视化的内容、细节认识可视化,构建起对可视化的认知;如果认知构建成功,用户就开始对可视化结果进行分析,分析其说明的问题、表达的含义,

验证其与自己已有知识是否一致;如果认知构建失败,用户就需要再寻细节以补充认知,此期间任何认知构建的失败或异常的出现,都会导致用户再次陷入困惑和产生疑问,这种困惑和疑问也会再次驱动用户继续学习以增强对可视化的认知。当用户完成对可视化的认知时,用户便积累了此素养;相反,如果用户本身具备一定的数据可视化素养,用户对可视化的认知效率和准确率就会大大提高,更易迅速掌握可视化所表达的含义和揭示的问题,进一步提升自身的数据可视化素养。这是数据可视化素养得以锻造的内在认知机理。

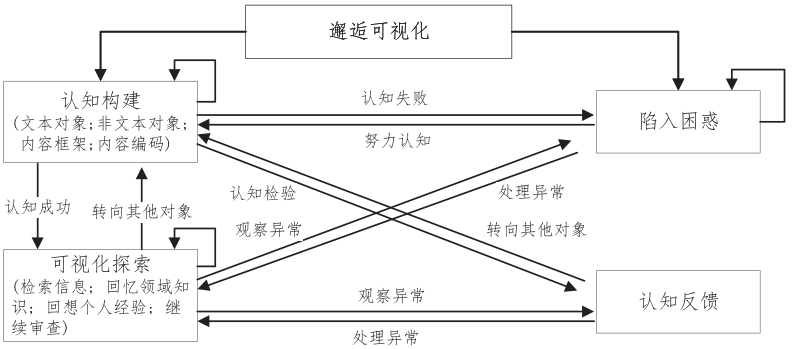


图 2　数据可视化素养的锻造机理

(2)数据可视化素养的锻造步骤。对可视化的认知需要渗透到可视化构建的详细过程和细节中,沿着数据可视化构建的流程,锻造用户的数据可视化素养。例如,Huron 等人提出了包含数据加载、部件构建、组合构建、更正修改四个主要任务以及相关物理和心理方面子任务的可视化锻造流程[40]。Grammel 等人通过探索性实验将可视化过程凝练为变量选择、视觉模板选择、数据可视化映射等三个核心步骤[41]。Börner 基于数据可视化素养的锻造机理,构建了数据可视化素养的锻造步骤[1],如图 3 所示。①需求分析。数据可视化素养首先是对需求的分析和洞察,将用户需求转化为相应的数据可视化问题,根据需求界定后续的数据可视化任务,培养需求洞察能力。②数据获取。明确需求后,获取相关数据集和资源,保证数据的质量和数据的覆盖面,确保选择最佳的数据集,培养数据获取能力。③数据分析。根据数据类型进行数据清洗、消歧和异常处理,根据数据分析类型分别进行统计、时序、地理空间、构成、关系性等分析,培养数据分析能力。④可视化。选择适当的底图或背景完成框架层选择,将数据映射

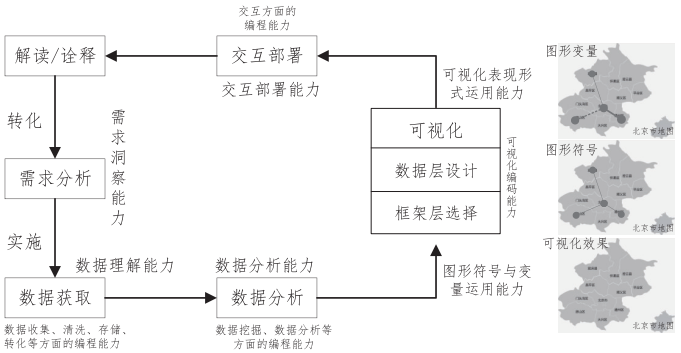


图 3　数据可视化素养锻造流程

到可视化的变量与符号上,完成数据层设计,培养对可视化表现形式、图形符号和图形变量的运用能力。⑤交互部署。根据3D、投影墙、虚拟现实等部署不同的交互策略,例如对于虚拟现实,设计与眼球动作、身体动作相对应的交互,实现用户与可视化的情境交互;对于投影墙,由于其交互动作和幅度较小,部署时需要更加集中,以便于用户进行交互操作,综合形成交互部署能力。⑥解读和诠释。将可视化结果解读给用户,核实用户能否从可视化结果中洞察数据的含义和关联,检验可视化结果是否满足用户需求,如果无法满足用户需求则循环上述过程。由此可见,数据可视化不是一条开路,它是一个不断解读、构建、补充的环路,数据可视化素养就在这个环路中得以锻造,在各个环节中进行能力学习和积累。

4 数据可视化素养的科学测量

科学测量是衡量素养水平的标尺,需要相应的理论依据和量表支持,例如文字素养、数学素养、信息素养测量均有理论依据和测量量表。数据可视化素养也需要依据相应的科学评价理论,设计评价指标,组建评价流程和框架,合理选择评价素材,开发相应的测评量表。

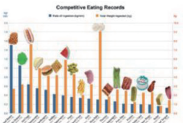
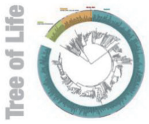
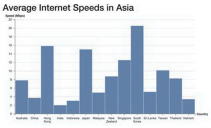
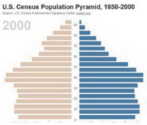
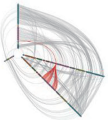
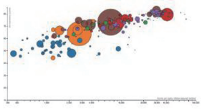
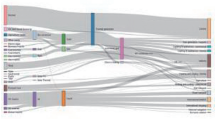
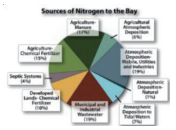
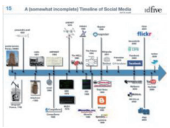
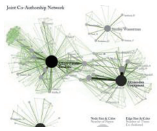
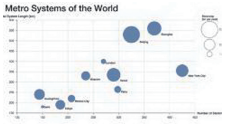
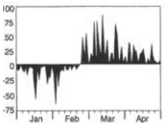
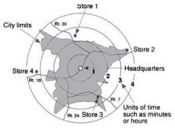
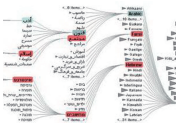
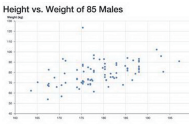
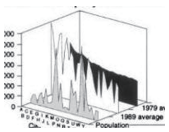
(1)数据可视化素养科学测量的理论依据。科学测量旨在依据特定规则对目标对象或事件的特质赋予数值,数据可视化素养的科学测量是对用户数据可视化认知能力、心理倾向、技能水平进行量化,其具体规则需要系统的理论支持[42]。关于数据可视化素养科学测量的理论,目前主要有ECD(Evidence-Centered Design)理论和IRT(Item Response Theory)理论。其中,ECD理论秉承"以证据为中心"的评价设计模式,强调科学测量是基于证据的推理,由Mislevy等人于1999年提出并于2003年形成比较完备的理论体系,主要包括概念性测评框架(Conceptual Assessment Framework, CAF)、四阶段发布体系结构(Four-process Delivery Architecture)和测验设计的层结构,通过构建任务诱发表现,依据表现提取证据,依据证据进行推理[43]。ECD理论的提出推动了科学测量的发展,基于此理论袁建林与刘红云就核心素养的测量展开了系统的分析,并基于其框架进行核心素养的测验设计[44]。IRT理论强调可视化素养的评价是建立在人类特质和能力可以被量化和测量的心理学假设基础上,该理论主要聚焦于被测试者在测验项目上的反应行为与测试者所要测量的特性之间的关系,即通过被测试者的反应来确定其潜在特征和倾向[45]。基于IRT理论的数据可视化素养评价方法,Boy对测评条目进行了相关分析,提出了一种快速有效的可视化素养评价方法,测评用户从图形中抽取信息的能力,并针对线形图、条形图、散点图三种图形分别开展相关实验,验证其有效性[19]。

(2)数据可视化素养测量的维度和方法。以往的可视化测量研究主要围绕视觉数据分析和推理、用户表现、用户经历、工作环境和工作实践、可视化沟通效果、可视化算法、数据协同分析等维度展开[46-47],主要涉及田园观察(Field Observation)、访谈(Interviews)、实验观察(Laboratory Observation)、案例研究(Case Study)、控制实验(Controlled Experiment)、日志分析(Log Analysis)、现场记录(Field Logs)、非正式评估(Informal Evaluation)、可用性测试(Usability Test)、实验问卷(Laboratory Questionnaire)、可视化质量评估(Visualization Quality Assessment)、算法表现(Algorithmic Performance)等方法[39]。其中,在可视化形象符号使用评价方面,Byrne等人从信息密度(Information Density)和摘要符号契合度(Integration of Figurative and Abstract Forms)两个维度,考核可视化过程中形象符号对整体内容表达的作用,提出了形象符号评价框架(Figurative Frames)[48-49]。由此可见,数据可视化素养的测量是各个维度评价综合发展的结果,必须集众多方法之大成,才可实现对数据可视化素养的全面测量。

(3)数据可视化素养测量的素材选择。根据数据可视化定义的差别和情境的不同,不同学者选择了不同的可视化素材进行数据可视化素养评价。其中,Börner等人选择公开的新闻、书籍和

期刊中的可视化素材,探索青年用户和成年用户对其识别和理解的能力,但并没有测量用户对可视化理解的正确率,只是从人们的生活维度解析数据可视化素养评价应该涵盖的方面[21]。Lee 等人以线形图、散点图、直方图等 12 个可视化素材为对象,设计出由 53 个多项选择题组成的数据可视化素养测评量表,涵盖 8 个可视化任务,经 191 个实验对象的验证,发现该量表比较可信[22]。Alper 等人在调研 K4 小学生涉及的可视化图像和可视化经历基础上,尝试开发一种新颖的教学可视化工具,帮助提高小学生的可视化素养,强调可视化素养应该包括对可视化材料的创造能力[50]。整理以往素材,主要有统计图(Chart)、图形图(Graph)、地理图(Geospatial Map)、网络图(Network Layout)四种类型,如表 2 所示。但是,目前数据可视化素养在测量素材选择方面还没有统一认知,数据可视化素养的测量仍处于初期发展阶段。

表 2　数据可视化素养测量素材(部分)

序号	统计图(Charts)	图形图(Graphs)	地理图(Geospatial Maps)	网络图(Network Layouts)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

5　数据可视化素养研究展望

从发展脉络和研究现状来看,数据可视化素养是伴随数据经济和大数据发展而凝练的一种素养或能力,旨在揭示数据价值并完成数据意义构建,但是数据可视化素养仍处于初步发展阶段,在框架要素、锻造流程和科学测量等方

面仍需进一步完善,在影响因素、教育模式、提升策略、相关评价方面仍有较大欠缺。本文在已有研究基础上,从科研、教育、应用三个维度构建整合研究框架,对数据可视化素养研究进行展望,重点剖析其对学科发展的作用和在图书馆领域的应用,如图4所示。数据可视化素养在科研、教育、应用三个维度上没有明确界限,三者融会贯通、相辅相成、共同促进。此外,数据可视化安全、产权、伦理等根基意识也不可或缺。

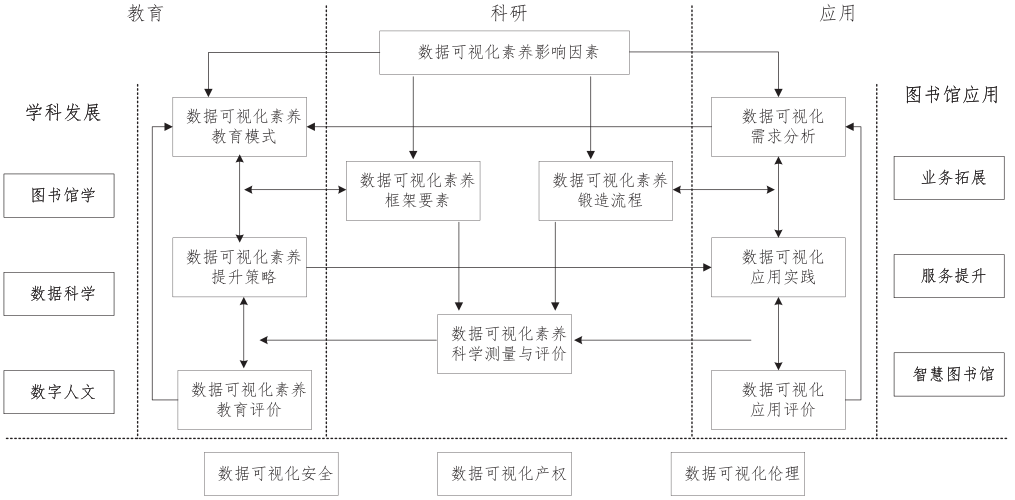


图4 数据可视化素养整合研究框架

(1)从科研视角来看,数据可视化素养主要涉及影响因素、框架要素、锻造流程、科学测量及评价等方面。其中,框架要素是数据可视化素养具体能力的体现和内涵所在,是指导数据可视化素养需求分析和应用实践的依据,是数据可视化素养科学测量的目标;锻造流程是数据可视化素养积累和提升的过程,是指导数据可视化素养教育的科学依据;科学测量与评价则旨在考核数据可视化素养的水平,为数据可视化素养提升和教育评价提供参考标准。

①数据可视化素养的框架要素和锻造流程。数据可视化素养框架各要素要明确数据意义构建的宗旨,突出对数据及大数据的处理和分析能力,使其来源于实践又高于实践,凝练要素,丰富数据可视化素养的内涵,从多元认知视角丰富数据可视化素养框架要素。当前的数据可视化素养锻造流程从符号、文字、图形等工具着手,以需求和价值诠释为导向,强调在数据分析的基础上进行形象展示,并赋予可视化灵活的交互能力,有效梳理了数据可视化素养的锻造环路。但是,在数据可视化素养的锻造流程中还应进一步紧密结合、寻迹用户可视化认知的心理路径,循序引导,避免用户在认知过程中陷入死循环,帮助用户完成对数据意义的构建,提升用户的数据可视化素养。

②数据可视化素养的影响因素。研究表明,数据可视化素养与人格特质、认知特征、认知能力、认知环境等紧密相关[51-55]。因此在数据可视化素养研究框架中,应突出数据可视化素养影响因素的作用,明确其对数据可视化素养框架要素和锻造流程的作用机制,进一步解析文化差异、视角差异、空间感知差异、感知速度差异等对数据可视化素养的影响机制,并将这些影响机制应用到数据可视化素养教育和实践中。例如依托图书馆、信息中心等信息服务机构,开展有针对性、多领域、大范围的调研,挖

掘我国用户在数据可视化素养方面的特征,如此才能有的放矢地开展数据可视化素养的研究和教育。

③数据可视化素养的科学测量与评价。目前数据可视化素养虽然有相应的测量理论支持、方法协助和素材积累,但是尚未形成统一量表,也缺乏大范围的测试实验,说明其尚处于科学测量的初期发展阶段,迫切需要系统的评价指标和体系。以往的数据可视化素养测量研究多以美国及欧洲国家为背景,缺少基于我国民众数据素养需求的测量体系和指标研究。因此,我国应根植于本土发展,重点开发适合我国国情和民情的数据可视化素养测量量表,选择基于本国文化情境下的素材来科学测量我国学生、用户的数据可视化素养,并向着多元化、动态化方向发展。

(2)从教育视角来看,数据可视化素养主要涉及教育模式、提升策略、教育评价等方面的内容,以策略为导向,通过评价督促模式实施。同时,数据可视化素养将通过与图书馆学、数据科学、数字人文的交叉融合,为图情档一级学科的发展带来新机遇。

①数据可视化素养的教育模式。针对数据可视化素养教育模式的选择和设计,客观的需求分析是数据意义构建的基础,把握关键影响因素是因材施教的前提,根植于数据可视化素养锻造流程是关键。具体可选择通识教育、整合式教育、嵌入式教育等形式来开展协同教育,通过全方位的知识和技能培训、结合专业的学科问题探索、自由创新创造三个层面开展,根据受众需求的不同,规划合理的教学目标,采取不同教育模式。相比以往的教育方式,数据可视化素养对参与性、创造性、灵活性的要求更高,这对现有课堂模式而言是一种新的挑战。

②数据可视化素养的提升策略。开展数据可视化素养教育尤其要注意顶层设计,通过一系列政策文件来强化数据可视化素养意识,坚持理念先行,促进教育理念转变;通过详细的培养计划来保障数据可视化素养教育活动的落实,通过公平健全的管理体制来保障数据可视化素养教育评价工作的有序进行。同时,还应保障数据可视化素养教育的系统性,构建系统的数据可视化素养教育平台,避免可视化资源的重复建设和浪费,例如,CNS(*Cell*、*Nature* 和 *Science* 三大杂志)每年系统发布比较有影响力的可视化数据,促进可视化研究和教学工作的开展[56-57]。

③数据可视化素养的教育评价。数据可视化素养教育评价是引导、督促、考核教育活动、教育策略的有力措施和标杆,在制定数据可视化素养提升策略和组织教育活动时,要明确数据可视化素养教育评价的标准和独特性,完善相关评价指标,构建系统的评价体系。同时,根据数据可视化素养的锻造培养周期,选择恰当的时间点开展教学评估,检验数据可视化素养提升策略的有效性,跟进指导策略修订,反馈数据可视化素养课堂、课外等教育活动中存在的不足,总结经验和教训,探索数据可视化素养教育新模式。

④数据可视化素养对学科发展的促进作用。数据可视化素养有望与图书馆学、数据科学、数字人文交叉融合一同推动学科发展。首先,数据可视化素养作为素养发展的新方向,是图书馆学强化其素养教育的重要机遇,例如美国印第安纳大学图书馆和加拿大多伦多大学图书馆等已经在逐步开展数据可视化素养教育活动[58],数据可视化素养将成为图书馆学专业领域继信息素养、数据素养之外的重要素养命题。其次,数据可视化素养强调数据驱动、分析使动、可视化互动的模式,将促使数据科学二级学科的落实[59];数据可视化素养与数据科学都是数据密集型科学的集中体现,是新研究范式下所需具备的一系列能力,只有两者协同发展才能真正实现数据意义的构建。第三,数据可视化素养是人文计算和数据驱动理念下数字人文研究范式的典型代表,是数字人文不可或缺的可视化环节,随着图情档领域数字人文研究平台的发展[60],数据可视化素养将助力人文学科

向数据驱动型研究模式的转型[61],通过计算与可视化协同的方式对人文数据资源进行挖掘,推动数字人文发展。

(3)从应用视角来看,数据可视化素养主要涉及需求分析、应用实践和应用评价等方面的内容。根据数据可视化素养框架的要素和锻造流程,需求分析是前提,且这种需求受到数据可视化素养影响因素的牵制,任何具体的应用实践都应围绕需求进行。此外,应围绕需求和业务,对应用做出科学评价,反馈并改进实践中的不足,进一步丰富数据可视化素养的内涵、测量素材和评价指标。以其在图书馆领域的应用为例,数据可视化素养将进一步拓展图书馆业务内容,提升图书馆服务水平,助力图书馆智慧升级。

①数据可视化素养助力图书馆业务拓展和服务提升。在数据经济浪潮下,图书馆的数据资产使其在数据可视化、数据价值创造方面占据绝对优势[62],也使其在数据可视化素养素材积累、用户调研、流程锻造等方面具备先天条件,有助于图书馆业务拓展,强化国民素质教育使命,培育我国公民具备基本的数据可视化素养。此外,基于数据可视化的知识创新模式必将促进文化产品的生成,提升文化产品的直观度和接受度,以数据驱动文化服务和艺术创新,以数据分析加快内容解析,以数据可视化透视数据价值,从而提升文化服务的深度和速度,助力图书馆服务从信息层面转向提供知识层面[63]。

②数据可视化素养助力图书馆智慧升级。数据可视化素养强调数据智能化和数据价值透视理念,将促成数据驱动的图书馆知识发现机制,促进馆藏资源的深度聚合和挖掘,助力图书馆智慧升级。如图5所示,数据可视化素养以数据分析技术和处理模式为基础,通过人工智能和智慧分析实现对馆藏数据资源的意义构建;以知识地图等可视化方式提供深度知识服务,阐释知识发现;围绕用户的核心需求,通过可视化智能推荐、个性化定制以及数据可视化空间技术,部署用户的感知空间、知识情境空间、知识交互空间以及虚拟空间,提升图书馆智慧服务的能力,通过数据可视化缩短馆藏资源知识创新路径,将馆藏知识真正转化为生产力[64]。因此,对于智慧图书馆的发展,应坚持数据可视化的知识服务理念,坚持提升馆员和科研人员的数据可视化素养,将数据可视化知识发现模式贯穿于智慧图书馆的知识服务中,让数据可视化素养助力图书馆智慧升级。

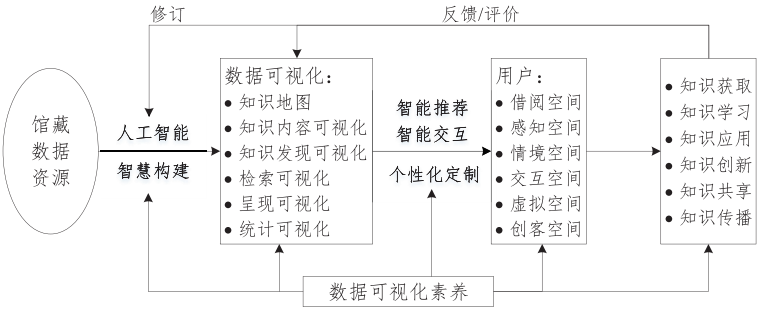


图5 数据可视化素养助力图书馆智慧升级

(4)数据可视化安全、产权、伦理等根基意识。从数据安全来看,数据可视化来源于对数据的分析,数据在收集、存储、处理以及分析各阶段都可能涉及数据安全问题;从可视化成果安全来看,在成果的收藏、保存、共享和管理等过程中也需要强化安全意识。尤其要树立数据可视化成果的产权意识,数据可视化成果是劳动智慧的结晶,具有相应产权并可以售卖,因此使用和参考相关可视化成果时要征求作者的同意,合理标引或购买,避免陷入知识产权问题。

最后,在数据可视化的研究、教育和应用过程中,还应强化数据可视化的伦理意识,伦理问题是数据、信息、可视化等共同面对的问题,如用户隐私等;数据可视化也初步表现出独特的伦理问题,如隐性道德、图形滥用、视觉污染等。因此,应强化数据可视化安全、产权、伦理等根基意识,并将这些意识渗透到数据可视化素养研究、教育和应用的各个方面。

6　结语

数据可视化素养作为大数据情境下素养研究和教育的新方向,是时代赋予图书情报学科的新命题。数据可视化素养强调数据驱动可视化、数据分析创造可视化,已经超越信息素养、可视化素养等概念中有关数据的范畴,逐渐成为应对大数据情境、彰显和诠释数据价值的关键,成为数据经济时代公民的基本素养之一。

本文在阐述数据可视化素养研究进展的基础上,结合科研、教育和应用三个维度提出数据可视化素养的整合研究框架,展望数据可视化素养三位一体发展布局,强化数据可视化安全、产权、伦理等根基意识,并重点剖析了其对学科发展的促进作用和在图书馆领域的应用前景。大数据环境下,数据可视化素养有望与图书馆学、数据科学、数字人文进一步交叉融合,促进图情档一级学科研究和教育的发展,助力图书馆智慧升级。

致谢:感谢印第安纳大学伯明顿分校(Indiana University Bloomington)Katy Börner 教授的指导。

参考文献

[1] Börner K, Bueckle A, Ginda M. Data visualization literacy: definitions, conceptual frameworks, exercises, and assessments[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2019, 116(6): 1857-1864.

[2] 唐晓玲. 国际学生信息素养测评框架、方法与评价[J]. 图书情报工作, 2015(15): 12-19. (Tang Xiaoling. Assessment framework, method and evaluation of international computer and information literacy[J]. Library and Information Service, 2015(15): 12-19.)

[3] 张倩苇. 信息素养与信息素养教育[J]. 电化教育研究, 2001(2): 8-13. (Zhang Qianwei. Information literacy and information literacy education[J]. e-Education Research, 2001(2): 8-13.)

[4] 马费成, 丁韧, 李卓卓. 案例研究:武汉地区高校学生信息素养现状分析[J]. 图书情报知识, 2009(1): 26-31. (Ma Feicheng, Ding Ren, Li Zhuozhuo. Case study: an analysis of information literacy competence of university students in Wuhan area[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2009(1): 26-31.)

[5] 黄如花, 李白杨. MOOC 背景下信息素养教育的变革[J]. 图书情报知识, 2015(4): 16-27. (Huang Ruhua, Li Baiyang. Innovation of information literacy instruction under the background of Massive Open Online Course[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2015(4): 16-27.)

[6] 张长海. 基于批判性思维和创造力的我国大学生信息素养教育模式研究[J]. 中国图书馆学报, 2016(4): 102-116. (Zhang Changhai. An information literacy education model of undergraduates in China based on critical thinking and creativity[J]. Journal of Library Science in China, 2016(4): 102-116.)

[7] 张静波. 大数据时代的数据素养教育[J]. 科学, 2013(4): 4-36. (Zhang Jingbo. Data literacy education in big data era[J]. Science, 2013(4): 4-36.)

[8] 黄如花, 李白杨. 数据素养教育:大数据时代信息素养教育的拓展[J]. 图书情报知识, 2016(1): 21-29. (Huang Ruhua, Li Baiyang. Data literacy education: expansion of information literacy instruction in the big data era[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2016(1): 21-29.)

[9] 张进良, 李保臻. 大数据背景下教师数据素养的内涵、价值与发展路径[J]. 电化教育研究, 2015(7): 14-

19. (Zhang Jinliang, Li Baozhen. Definition, value, and development path of teacher data literacy in big data era [J]. e-Education Research, 2015(7): 14-19.)

[10] 孟祥保,常娥,叶兰. 数据素养研究:源起、现状与展望[J]. 中国图书馆学报,2016,42(2):109-126. (Meng Xiangbao, Chang E, Ye Lan. Data literacy research: origins, progress and prospects[J]. Journal of Library Science in China, 2016, 42(2): 109-126.)

[11] Manyika J, Chui M, Brown B, et al. Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity[M]. New York: McKinsey Global Institute, 2011: 15-26.

[12] Börner K, Scrivner O, Gallant M, et al. Skill discrepancies between research, education, and jobs reveal the critical need to supply soft skills for the data economy[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018, 115(50): 12630-12637.

[13] Peck E M, Ayuso S E, El-Etr O. Data is personal: attitudes and perceptions of data visualization in rural Pennsylvania[C]//Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2019: 1-12.

[14] 张晨. 大数据时代的图书馆与数据素养教育[J]. 图书与情报,2014(4):117-119. (Zhang Chen. The library of the era of big data and data literacy education[J]. Library and Information, 2014(4): 117-119.)

[15] Ausburn L J, Ausburn F B. Visual literacy: background, theory and practice[J]. Programmed Learning and Educational Technology, 1978, 15(4): 291-297.

[16] Taylor C. New kinds of literacy, and the world of visual information[C/OL]//Proceedings of the EIGVIL conference, 2003[2020-02-21]. https://www.conradiator.com/resources/pdf/literacies4eigvil_ct2003.pdf.

[17] Association of College and Research Libraries. ACRL visual literacy competency standards for higher education [EB/OL]. [2020-02-21]. http://www.ala.org/acrl/standards/visualliteracy.

[18] Hattwig D, Bussert K, Medaille A, et al. Visual literacy standards in higher education: new opportunities for libraries and student learning[J]. portal: Libraries and the Academy, 2013, 13(1): 61-89.

[19] Boy J, Rensink R A, Bertini E, et al. A principled way of assessing visualization literacy[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014, 20(12): 1963-1972.

[20] Wainer H. A test of graphicacy in children[J]. Applied Psychological Measurement, 1980, 4(3): 331-340.

[21] Börner K, Maltese A, Balliet R N, et al. Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors[J]. Information Visualization, 2016, 15(3): 198-213.

[22] Lee S, Kim S H, Kwon B C. VLAT: development of a visualization literacy assessment test[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2017, 23(1): 551-560.

[23] Börner K, Polley D E. Visual insights: a practical guide to making sense of data[M]. London: the MIT Press, 2014: 1-169.

[24] Bertin J. Semiology of graphics: diagrams, networks, maps[M]. California: ESRI, 2010: 171-173.

[25] Few S. Show me the numbers: designing tables and graphs to enlighten[M]. Oakland: Analytics Press, 2012: 39-46.

[26] Yau N. Visualize this: the flowing data guide to design, visualization, and statistics[M]. New York: John Wiley & Sons, 2011: 1-20.

[27] Munzner T. A nested model for visualization design and validation[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2009, 15(6): 921-928.

[28] Fisher D, Meyer M. Making data visual: a practical guide to using visualization for insight[M]. Boston: O'Reilly Media, 2018: 1-8.

[29] MacEachren A M. How maps work: representation, visualization, and design[M]. New York: Guilford Press,

2004:21-49.

[30] Börner K. Atlas of knowledge:anyone can map[M]. London:MIT Press,2015:24-36.

[31] Harris R L. Information graphics:a comprehensive illustrated reference[M]. New York:Oxford University Press, 2000:1-55.

[32] Börner K,Klavans R,Patek M D,et al. Design and update of a classification system:the UCSD map of science [J]. PloS One,2012,7(7):e39464.

[33] Szafir D A,Haroz S,Gleicher M L,et al. Four types of ensemble coding in data visualizations[J]. Journal of Vision,2016,16(5):11.

[34] Trickett S B,Trafton J G. Toward a comprehensive model of graph comprehension:making the case for spatial cognition[C]//International Conference on Theory and Application of Diagrams. Berlin,Heidelberg:Springer,2006: 286-300.

[35] Shneiderman B. The eyes have it:a task by data type taxonomy for information visualizations[C]//Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages. IEEE,1996:336-343.

[36] Heer J,Shneiderman B. Interactive dynamics for visual analysis[J]. Queue,2012,55(4):45-54.

[37] Klein G,Moon B,Hoffman R R. Making sense of sensemaking 2:a macrocognitive model[J]. IEEE Intelligent Systems,2006,21(5):88-92.

[38] Pirolli P,Card S K. The sensemaking process and leverage points for analyst technology as identified through cognitive task analysis[C]//Proceedings of the International Conference on Intelligence Analysis. 2005:2-4.

[39] Lee S,Kim S H,Hung Y H,et al. How do people make sense of unfamiliar visualizations?:a grounded model of novice's information visualization sensemaking[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2015,22(1):499-508.

[40] Huron S,Jansen Y,Carpendale S. Constructing visual representations:investigating the use of tangible tokens[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,2014,20(12):2102-2111.

[41] Grammel L,Tory M,Storey M A. How information visualization novices construct visualizations[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,2010,16(6):943-952.

[42] Stevens S S. On the theory of scales of measurement[J]. Science,1946,103(2684):677-680.

[43] Mislevy R J,Almond R G,Lukas J F. A brief introduction to evidence-centered design [J]. ETS Research Report,2014,2003(1):1-33.

[44] 袁建林,刘红云. 核心素养测量:理论依据与实践指向[J]. 教育研究,2017(7):23-38. (Yuan Jianlin,Liu Hongyun. The measurement of key competencies:theoretical basis and practice direction[J]. Educational Research,2017(7):23-38.)

[45] Cohen R,Swerdlik M,Cohen R,et al. Psychological testing and assessment:an introduction to tests and measurement[J]. Psyccritiques,2005,42(5):568-568.

[46] Lam H,Bertini E,Isenberg P,et al. Empirical studies in information visualization:seven scenarios[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,2011,18(9):1520-1536.

[47] Dimara E,Bezerianos A,Dragicevic P. Conceptual and methodological issues in evaluating multidimensional visualizations for decision support[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,2017,24(1): 749-759.

[48] Byrne L,Angus D,Wiles J. Figurative frames:a critical vocabulary for images in information visualization[J]. Information Visualization,2019,18(1):45-67.

[49] Zoss A M. Network visualization literacy:task,context,and layout[EB/OL]. [2020-03-15]. https://cns.iu.edu/docs/presentations/2017-zoss-openscienceforum.pdf.

[50] Alper B, Riche N H, Chevalier F, et al. Visualization literacy at elementary school[C]//Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2017: 5485-5497.

[51] Galesic M, Garcia-Retamero R. Graph literacy: a cross-cultural comparison[J]. Medical Decision Making, 2011, 31(3): 444-457.

[52] Conati C, Carenini G, Hoque E, et al. Evaluating the impact of user characteristics and different layouts on an interactive visualization for decision making[J]. Computer Graphics Forum, 2014, 33(3): 371-380.

[53] Lee S, Kwon B C, Yang J, et al. The correlation between users' cognitive characteristics and visualization literacy [J]. Applied Sciences, 2019, 9(3): 488-508.

[54] Kolloffel B. Exploring the relation between visualizer-verbalizer cognitive styles and performance with visual or verbal learning material[J]. Computers & Education, 2012, 58(2): 697-706.

[55] Steichen B, Fu B. Towards adaptive information visualization: a study of information visualization aids and the role of user cognitive style[J]. Frontiers in Artificial Intelligence, 2019, 2: 1-22.

[56] Mapping science[EB/OL]. [2020-03-15]. http://scimaps.org.

[57] The best science images of the year: 2019 in pictures[EB/OL]. [2020-03-15]. https://www.nature.com/articles/d41586-019-03839-z.

[58] Understanding visualizations[EB/OL]. [2020-01-06]. https://mdl.library.utoronto.ca/dataviz/understanding-visualizations.

[59] 朝乐门,卢小宾. 数据科学及其对信息科学的影响[J]. 情报学报,2017,36(8):761-771. (Chao Lemen, Lu Xiaobin. Data science and its implications on information science[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2017, 36(8): 761-771.)

[60] 2020年中国数字人文年会——积淀与超越:数字人文与中华文化[EB/OL]. [2020-03-20]. http://dh2020.library.sh.cn/. (CDH2020: benevolence and excellence: digital humanities and Chinese culture[EB/OL]. [2020-03-20]. http://dh2020.library.sh.cn.)

[61] 刘炜,谢蓉,张磊,等. 面向人文研究的国家数据基础设施建设[J]. 中国图书馆学报,2016,42(5):29-39. (Liu Wei, Xie Rong, Zhang Lei, et al. Towards a national data infrastructure for digital humanities[J]. Journal of Library Science in China, 2016, 42(5): 29-39.)

[62] 陈传夫,冯昌扬,陈一. 面向全面小康的图书馆常态化转型发展模式探索[J]. 中国图书馆学报,2016,42(1):4-20. (Chen Chuanfu, Feng Changyang, Chen Yi. Adopting the development model of normalized transformation: how libraries contribute to the comprehensive building of a moderately prosperous society[J]. Journal of Library Science in China, 2016, 42(1): 4-20.)

[63] 张卫东,左娜. 面向数字人文的馆藏资源可视化研究[J]. 情报理论与实践,2018,41(9):102-107. (Zhang Weidong, Zuo Na. Research on the visualization of collection resources for digital humanities[J]. Information Studies: Theory & Application, 2018, 41(9): 102-107.)

[64] 夏立新,白阳,张心怡. 融合与重构:智慧图书馆发展新形态[J]. 中国图书馆学报,2018,44(1):35-49. (Xia Lixin, Bai Yang, Zhang Xinyi. Integration and reconstruction: a new development pattern of smart library [J]. Journal of Library Science in China, 2018, 44(1): 35-49.)

霍朝光 中国人民大学信息资源管理学院讲师,数字人文研究中心研究员。北京 100872。

卢小宾 中国人民大学信息资源管理学院教授。北京 100872。

(收稿日期:2020-01-13;修回日期:2020-09-04)