

基于眼动认知负荷实验的知识地图可获取性研究

何明芮^{1,2} 宋喆明³ 李永建³

(1. 电子科技大学经济与管理学院; 2. 西南石油大学经济管理学院;
3. 西南交通大学经济管理学院)

摘要: 知识地图的可获取性是近年来越来越被重视的评价指标。采用 E-Prime 呈现视觉刺激材料, ASL 眼动仪采集 30 名被试者的眼动实验数据, 考察被试者的首视点在不同界面以及隐含分区的分布, 用实验的手段证实了信息出现在界面的不同位置带给使用者的认知负荷不同。针对信息密集的知识地图, 合理降低认知负荷是增强知识地图可获取性的有效途径。

关键词: 知识地图; 可获取性; 认知负荷; 眼动

中图分类号: C93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-884X(2012)05-0753-04

Increasing Availability of Knowledge Map Based on Eye Movement Experiment of Cognitive Load

HE Mingrui^{1,2} SONG Zheming³ LI Yongjian³

(1. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, China; 2. Southwest Petroleum University, Chengdu, China; 3. Southwest Jiaotong University, Chengdu, China)

Abstract: The availability of knowledge map is paid more and more attention to by researchers in recent years. We provide visual stimulated matter by E-Prime, collect data of 30 subjects by ASL eye-tracker, and observe the distribution of first fixation point in different page layout and implicit partition. By the data and distribution, the paper discusses different location at which information appear can bring different cognitive load to the user. To knowledge map which is information-intensive type, reasonably reducing cognitive load is an effective way to improve the availability of knowledge map.

Key words: knowledge map; availability; cognitive load; eye movement

近年来,随着 IT 业的高速发展,知识管理已经成为关注的热点。知识管理是组织和个人提高自身竞争优势很重要的实践活动^[1]。知识地图被认为是一种很有效的知识管理工具^[2,3];知识地图将各种知识制品组织起来,以一种有意义的分类有效地呈现^[1],它描述了组织内的知识资源情况并贯穿于知识转化周期的整个过程^[2],为知识的创造、共享和运用提供了积极的环境。

根据对 CNKI、维普、万方、超星等数据库以及 Google 的检索,目前国内对知识地图基本理论研究的论文数量占相关论文的 24.59%,对知识地图在实践中所面临问题以及相关技术的研究同样占 24.59%,对知识地图的构建验证和构建模式的研究占 22.95%,对国外知识地图的研究占 14.75%,而其他综述或者会议

报告占 13.12%^[4]。从研究的主题来看,对知识地图的基本理论研究以及实践中面临的问题和相关技术的研究在国内都引起了足够的重视,但研究方法方面,国内研究者依然停留于传统的研究方法,属于描述性、经验性研究,缺乏实证性研究^[4]。本文在综述知识地图研究的基础上,通过眼动的认知负荷实验,用实证的方法对提高知识地图的可获取性进行了阐述与讨论。

1 知识地图研究及问题的提出

1.1 知识地图的概念

知识地图最早是由英国情报学家 BROOKS 在《情报学基础》中提出,他提出的知识地图可以绘制成以各个单元概念为节点的学科认识图,体现知识之间的联系和获取途径。知识地图起源于地理上的地图,美国捷运公司

的知识地图就是一张充满知识资源的美国地理地图,它体现了知识地图的雏形^[2]。之后带有索引号或用其他方式表示层级关系的表格和问卷,以及用来表示信息资源与各部门或人员之间关系的信息资源管理表和信息资源分布图^[5],都是知识地图的早期形式。随着信息技术的迅速发展,知识地图也进入了电子时代,在 Internet 和 Intranet 上普遍使用的超文本链接和应用链接是知识地图的简单形式^[6]。

目前,对知识地图还没有统一的定义,GOMEZT 等^[7]认为,知识地图是通过多种复杂的方法制作而成,能够在逻辑命令下方便使用的智力图表,并由此提出了知识地图的框架。GREY^[8]认为,知识地图是一种导航图,分析了知识怎样通过组织实现转移。DAVENPORT 等^[9]则认为,知识地图可作为一种知识黄页和智能数据库等。知识地图可归纳为:①知识指南与目录说,认为不管知识地图是否真的是张地图,或是精心建立起来的数据库,都只是告诉人们知识的所在位置,并不包括其中内容^[9];②知识导航系统说,认为知识地图是使用户找到其寻求答案的导航系统^[10],是对隐性知识和显性知识的导航工具,解释说明知识流如何贯穿在整个组织中^[8];③关系说,认为知识地图能可视化地显示获得的信息及其相互关系,促使不同背景下的使用者在各个具体层面上进行有效的交流和知识学习^[11]。

总之,知识地图是信息密集的地方,它可视化地显示出组织中知识制品的分布及知识节点间的关系,建立组织中人与相关知识以及人员之间的关系。它不仅是显性知识的有效管理工具,还是隐性知识显性化过程中的重要工具。

1.2 知识地图的评价指标之一——可获取性

20 世纪末,国内对知识地图的研究蓬勃发展,迄今,国内对知识地图的研究已经处于一个相对稳定的阶段;从讨论知识地图的定义、类型到近年来不断增长的关于知识地图应用和构建领域的研究都为知识地图的进一步研究提供了理论基础;但在整个知识地图领域的研究,对知识地图评价指标的研究却尚显薄弱^[4]。

实用性和适用性属于基础性的评价指标,它们直接反映了知识地图构建效果。实用性用来评估知识地图能否方便地解决实际问题,满足用户的需求;适用性则是指知识地图中知识的存在方式是否围绕知识地图的主题需求。可获取性则是近年来逐渐被重视的一个评价指标,它指的是知识地图是否符合目标对象的使

用习惯,便于目标对象以其熟悉的便捷的方式获取知识^[12]。知识地图的可获取性对整个知识地图的使用频率起到了极其重要的作用,进而影响整个知识地图的建设和推广。目前,对人性化设计的重视和研究促进了知识地图可获取性研究。近年来由于对知识的需求呈指数级增长,有效地将各种知识制品联系起来的知识地图的设计也逐渐复杂起来,使用者总是面临着大量的信息因素,因此,不同知识地图的使用便捷程度,即可获取性引起了研究者的重视。不同知识地图对使用者的认知负荷以及对使用者已有知识的要求是不同的^[13],这也直接造成可获取性的不同。本文主要通过眼动实验来测试使用者对不同版式界面以及隐含分区的认知负荷,说明如何通过合理设计界面版式以及界面不同区域的信息密集程度来适度降低使用者的认知负荷,从而提高知识地图的可获取性。

1.3 眼动实验——认知负荷测试的有效手段

认知负荷理论主要关注的是复杂的认知任务,即学习者总是面临着大量的信息因素并且在认知任务中总是一直处于一种人与信息相互作用的状态^[14]。运用知识地图无疑是这样一种复杂的认知任务。认知负荷测量可以采用主观方法和客观方法^[15]。常用的主观方法是由 PASS^[16]提出的 9 级心理努力评定,这种方法主要反映的是和任务绩效相关的实际认知负荷,比较便于使用,对总体的认识负担有比较好的指导作用。在客观方法中有一种非常适合研究认知过程和过程中的需求的方法,即眼动实验^[17],根据国内外管理学界的研究,眼动实验正以其独特的魅力成为管理学界研究手段的新宠。

眼动实验的数据反映了被试者的注意力以及注意力间的转换,这种注意力会受到环境(如界面亮度以及信息出现的位置等)和被试者已有知识的影响,同时提供了被试者特殊认知过程加于被试者认知负荷的信息^[13]。本文通过获取被试者在使用不同版式界面和隐含分区的眼动实验数据,得到在界面使用过程中附加于被试者相应的认知负荷信息,由此讨论如何增强知识地图的可获取性。

2 实验

2.1 被试者

本实验选取被试者共 30 名,男女各半,年龄为 22~27 岁,视力或矫正视力正常、无色盲。

2.2 实验装置及材料

实验用电脑 1 台,分辨率为 1 024×768,采

用 E-prime 2.0 心理学测试软件呈现视觉刺激材料,美国 ASL-6 头戴式眼动仪追踪被试者的眼动,采样频率 120 Hz。

2.3 实验流程

在正式实验前,首先给被试者看指导语,让被试者明了整个实验过程,并向其说明实验操作中的注意事项;接着填写用户背景资料问卷;然后被试者阅读操作任务。了解任务后,开始正式实验。实验过程中,要求被试者的眼睛和屏幕中心水平,与屏幕距离 80 cm 左右。

实验过程中,E-prime 软件会自动记录被试者完成每项任务的反应时间。

2.4 实验目标

观察知识地图界面版式结构对被试者认知负荷的影响,主要实验指标为首视点(首视点的操作定义为:在 100 ms 内、0.5° 视角范围连续捕获 6 个采样点后,如果连续 3 个采样点离开该区域,定义为 1 个注视点;当网页或刺激呈现时,被试者的第 2 个注视点为实验首视点)。

2.5 实验变量

(1)自变量 从当前比较常用的界面中抽取 14 种不同版式结构,呈现的图片大小为 10 cm×10 cm,图片内容由结构简单对称的字母(如 O、B、H)和复杂汉字填充,共 28 张图片。

(2)因变量 因变量为不同版式结构内部各区域所有被试者的首视点分布情况,以及隐含分区 4 象限内首视点的分布情况。隐含分区为任何不同版式界面实际上都存在这样一个隐含分区,通过对共同隐含分区的实验数据分析,可比较不同版式界面的眼动数据,说明相应的认知负荷情况。隐含分区 1 和隐含分区 2 合称为上隐含分区,隐含分区 3 和隐含分区 4 合称为下隐含分区;隐含分区 1 和隐含分区 3 合称

为左隐含分区,隐含分区 2 和隐含分区 4 合称为右隐含分区(见图 1)。

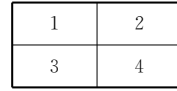


图 1 隐含分区

(3)干扰变量及控制 为了控制界面内容、字体大小、字体颜色、结构间距、字母特征对被试者首视点的影响,通过预实验选取结构简单、对称的字母(如 O、B、H)和复杂汉字作为版式结构的填充内容。界面版式结构的大小定义如下:被试者离屏幕中心距离 60 cm 且视野正负 5° 范围内,求出 $60\text{ cm} \times \tan 5^\circ$ 作为界面版式显示范围。可以避免眼睛移动距离过长,对结果产生干扰;更小的视野,可以强化界面的结构特征;界面本身就是一个结构的嵌套,只需分析基本结构的眼动特征,便可扩展到整个屏幕。

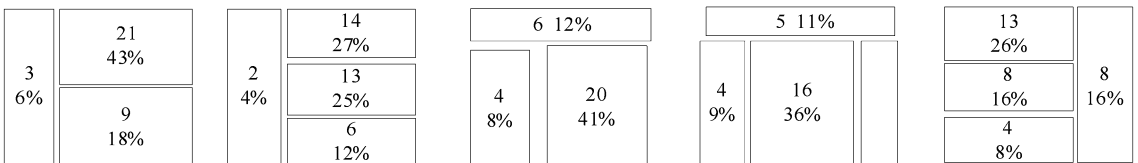
2.6 实验过程

实验开始后,在电脑屏幕中心呈现“+”,被试者将注视点集中于“+”上,然后点任意键进入实验。此时,屏幕上会顺序呈现不同框架结构的图片,每幅图片呈现时间为 3 000 ms,中间呈现 500 ms“+”间隔,被试者自由浏览。图片重复呈现一次,共 56 次。眼动仪自动记录眼动数据。

2.7 实验结果

实验结果用 SPSS 11.0 软件处理

(1)不同版式结构下首视点总数分布 从 14 种版式结构选取 5 个典型版式结构,首视点总数在版式结构内部的分布情况,以及版式结构内首视点数目占有效区域内首视点总数的比例(见图 2)。结果显示,首视点分布情况在版式结构内分布情况显著差异。



注:由于有些首视点落在版式结构外,所以版式结构内的首视点数目总和小于实际的首视点总数 60,因而版式结构内首视点比率之和小于 100%。

图 2 不同版式结构下首视点总数的分布情况示例

(2)版式结构因素外界面位置对首视点影响 比较隐含分区内首视点分布情况并进行差异显著性分析。表 1 显示对隐含分区首视点驻留时间情况的分析($p < 0.001$),说明隐含分区内首视点驻留时间分布差异极为显著。图 3 显示了与图 2 中 5 个典型版式结构对应的不同隐

含分区的首视点总数分布情况。通过对上下隐含分区的首视点分布情况的对比分析,结果显示,首视点更多地集中在上隐含分区;通过对左右隐含分区的首视点分布情况的对比分析,结果显示,首视点更多地集中在左隐含分区。

14	9	12	10	11	8	10	8	12	10
8	2	9	4	7	4	6	1	8	3

图3 不同隐含分区首视点总数的分布情况示例

表1 隐含分区首视点驻留时间差异显著性分析

	平方和	df	均方	F	Sig.
组间	3.227	3	1.076	13.925	0.000
组内	162.668	2106	0.077		
总计	165.895	2109			

表2显示对隐含分区首视点数目情况的方差检验分析($p < 0.001$),说明隐含分区内首视点数目分布差异极为显著。

表2 隐含分区首视点数目差异显著性分析

	平方和	df	均方	F	Sig.
组间	1266.897	3	422.299	21.182	0.000
组内	41985.798	2106	19.936		
总计	43252.695	2109			

表3显示对隐含分区首视点瞳孔直径的方差检验分析($p < 0.001$),说明隐含分区内首视点瞳孔直径分布差异极为显著。

表3 隐含分区首视点瞳孔直径差异显著性分析

	平方和	df	均方	F	Sig.
组间	1027.514	3	342.505	12.004	0.000
组内	60091.572	2106	28.534		
总计	61119.085	2109			

总体说明隐含分区内首视点分布差异极为显著。

(3)上下隐含分区首视点分布情况 表4显示,上下隐含分区首视点时间与数目分布差异显著,且被试者的首视点更多集中于上隐含分区(见图3)。

表4 上下隐含分区首视点时间与数目差异显著性分析

	平方和	df	均方	F	Sig.
驻留时间					
组间	2.622	1	2.622	33.650	0.000
组内	153.672	1972	0.078		
总计	156.295	1973			
首视点数目					
组间	780.618	1	780.618	54.533	0.000
组内	28228.540	1972	14.315		
总计	29009.158	1973			

(4)左右隐含分区首视点分布情况 表5显示,左右隐含分区首视点时间与数目分布差异显著,且被试者的首视点更多集中于左隐含分区(见图3)。

表5 左右隐含分区首视点时间与数目差异显著性分析

		平方和	df	均方	F	Sig.
驻留时间	组间	0.400	1	0.400	5.061	0.000
	组内	155.895	1972	0.079		
	总计	156.295	1973			
首视点数目	组间	101.787	1	101.787	6.944	0.000
	组内	28907.371	1972	14.659		
	总计	29009.158	1973			

3 实验结果及讨论

不同版式结构内部,被试者首视点分布差异很大,即在确定的版式结构下,被试者首先注意的位置呈现显著特征。说明在确定的版式结构下,界面出现信息的位置对被试者的认知负荷的影响效果显著。知识地图串联着不同的知识制品,所体现的信息集中而复杂,使用者搜索的首要关联信息出现的位置对使用者的认知负荷呈显著效应,合理的位置会适量降低使用者在这一特殊认知任务中的认知负荷,让使用者感觉到整个知识地图使用便捷,可增强知识地图的使用频率及组织知识地图建设的成功率。

界面位置的主效应显著,界面位置对首视点影响极为显著。对隐含分区的首视点实验表明,上下隐含分区首视点时间与数目分布差异显著,左右隐含分区首视点时间与数目分布差异显著,且被试者的首视点更多集中于上隐含分区和左隐含分区,说明人的眼睛在注视屏幕时首先看到视线水平面以上的部分多于视线水平线以下的部分,以及首先注意到屏幕的左边区域多于右边区域。这表明信息密集偏于界面的下方或右方会导致使用者额外的认知负荷。如果知识地图上与使用者密切相关的信息总是出现在视线偏下方或偏右方,会加重使用者认知负荷,降低知识地图的可获取性。

参 考 文 献

- [1] LIN F, YU J. Visualized Cognitive Knowledge Map Integration for P2P Networks[J]. Decision Support Systems, 2009, 46(4):774~785.
- [2] Salamander Organization, Knowledge Maps and Knowledge Management[R]. York: The Salamander Organization Ltd., 2002.
- [3] YANG J B. Developing a Knowledge Map for Construction Scheduling Using a Novel Approach[J]. Automation in Construction, 2007, 16(6):806~815.
- [4] 郭佳慧. 国内外知识地图研究比较分析[J]. 现代情报, 2009, 29(5): 213~217.
- [5] BROWNE G J, CURLEY S P, BENSON P G. Evo-king Information in Probability Assessment; Knowl-

- edge Maps and Reasoning-based Directed Questions [J]. Management Science, 1997, 43(2):1~14.
- [6] LIU D, HSU C. Project-based Knowledge Maps: Combining Project Mining and XML-enabled Topic Maps [J]. Internet Research, 2004, 14(3): 254~266.
- [7] GOMEZ A, MORENO A, PAZOS J, et al. Knowledge Maps: An Essential Technique for Conceptualization [J]. Data and Knowledge Engineering, 2000, 33(2):169~190.
- [8] GREY D. Knowledge Mapping: A Practical Overview [EB/OL]. (2008-10-20)[2010-03-01]. <http://www.Smithweaversmith.com>.
- [9] DEVENPORT T H, PRUSAK L. Working Knowledge: How to Organizations Manage What They Know [M]. Boston: Harvard Business School Press, 1998:265~266.
- [10] JAY D. Knowledge Exchange at Glaxo Wellcome [J]. The Information Management Journal, 2000, 34(3):88~91.
- [11] VAIL III E F. Knowledge Mapping: Getting Started With Knowledge Management [J]. Information Systems Management, 1999, 16(4): 32~36.
- [12] 秦铁辉,汪琼. 试论专家型隐性知识地图的构建[J]. 国家图书馆学刊,2007(2):58~62.
- [13] AMADIEU F, VAN GOG T, PAAS F, et al. Effects of Prior Knowledge and Concept-map Structure on Disorientation Cognitive Load, and Learning [J]. Learning and Instruction, 2009, 19(5):376~386.
- [14] PAAS F, RENKL A, SWELLER J. Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture [J]. Instructional Science, 2004, 32(1/2):1~8.
- [15] PASS F, TUOVINEN J, TABBERS H, et al. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory [J]. Educational Psychologist, 2003, 38(1):63~71.
- [16] PASS F G W C. Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-solving Skill In Statistics: A Cognitive Load Approach [J]. Journal of Educational Psychology, 1992, 84(4):429~434.
- [17] DUCHOWKI A T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice [M]. London: Springer, 2003.

(编辑 杨妍)

通讯作者: 李永建(1955~)男,四川广元人。西南交通大学(成都市 610031)经济管理学院教授、博士研究生导师。研究方向为知识管理、人力资源管理。E-mail: swjtlj@sina.com.cn

(上接第 752 页)

- [5] BALLESTER C, CALVO-ARMENGOL A, ZENOU Y. Delinquent Networks[J]. Journal of the European Economic Association, 2010, 8(1):34~61.
- [6] KOVACS B. A Generalized Model of Relational Similarity[J]. Social Network, 2010, 32(3): 197~211.
- [7] YAGER R R. OWA Aggregation over a Continuous Interval Argument with Applications to Decision Making [J]. Systems, Man, and Cybernetics-part B: Cybernetics, 2004, 34(5): 1 952~1 963.
- [8] GLASER C, HECHMANN M, JOUBLIN F. Combining Auditory Preprocessing and Bayesian Estimation for Robust Formant Tracking [J]. Audio, Speech and Language Processing, 2010, 18(2):224~236.
- [9] LI Z Q, YU F R, HUANG M Y. A Distributed Consensus-Based Cooperative Spectrum-Sensing Scheme in Cognitive Radios [J]. Vehicular Technology, 2010, 59(1): 383~393.
- [10] 易平涛,郭亚军. 多源密度集结算子及其性质分析 [J]. 系统管理学报,2008,17(4):401~408.
- [11] 张发明,郭亚军,易平涛. 基于二维密度加权算子的群体评价信息集结方法[J]. 系统管理学报,2009,18(4):397~401.
- [12] 张净,孙志挥. GDLOF:基于网格和稠密单元的快速局部离群点探测算法[J]. 东南大学学报:自然科学版,2005,35(6): 863~866.
- [13] RAHMAN M A, SADDIK A E, GUEAIEB W. Building Dynamic Social Network from Sensory Data Feed [J]. Instrumentation and Measurement, 2010, 59(5): 1 327~1 341.

(编辑 杨妍)

通讯作者: 郭亚军(1952~),男,满族,辽宁开原人。东北大学(沈阳市 110004)工商管理学院教授、博士研究生导师。研究方向为综合评价技术与方法。E-mail: yjguo@mail.neu.edu.cn