

【设计研讨】

UCD 研究进展、热点与趋势分析

武星廷, 陈永康, 刘梦非

(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 利用文献计量学对 UCD 设计方法的研究现状进行可视化分析, 探索 UCD 的研究热点及未来前沿趋势。**方法** 以 Web of Science 核心合集数据为分析样本, 利用 Citespace、VOSviewer 将该研究主题的文献发文量、国家和组织合作、学科领域分布、关键词、高被引文献、核心作者等内容生成可视化知识图谱, 并结合相关参数进行综合分析解读。**结论** 检索范围内文献产量呈逐年升高趋势。北美、北欧等发达国家的文献产量处于该领域前列, 机构合作现状呈现出区域内研究合作紧密、跨区域合作较为分散的现象。在学科分布方面, UCD 呈现出多学科交叉融合的态势, 不仅在设计学、计算机科学领域有所应用, 而且在医学、心理学、教育学等领域也有交叉应用。关键词聚类共呈现出五大研究热点, 分别为数字医疗、可用性工程、人机交互、以用户为中心的设计、设计评估, 聚类呈现出从传统关注于产品本身到关注于人的转变态势。其中高被引文献形成了 5 大聚类, 提供了众多 UCD 的关键性方法论, 构成了 UCD 设计方法的闭环流程。未来在设计流程、方法工具、设计范围等方面将对 UCD 人员及其设计团队提出更高的要求。

关键词: UCD; 以用户为中心的设计; 人机交互; 知识图谱; Citespace; VOSviewer; 文献计量

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)16-0274-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.16.031

UCD Research Trends and Hot Spot Analysis

WU Xing-ting, CHEN Yong-kang, LIU Meng-fei

(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The paper aims to conduct a visual analysis of the current research status of UCD design methods by using bibliometrics and explore the research hotspots and future frontier trends of UCD. With the data of the core collection of Web of Science as the analysis sample, Citespace and VOSviewer are used to generate visual knowledge graphs of literature publications, national and organizational cooperation, subject area distribution, keywords, highly cited literature, core authors, etc. of this research topic, which are combined with relevant parameters for comprehensive analysis and interpretation. The literature output in the retrieval range shows a trend of increasing year by year. The literature output of developed countries such as North America and Northern Europe is at the top of the field, and the current situation of institutional cooperation shows a phenomenon of close intra-regional research cooperation and more scattered cross-regional cooperation. In terms of disciplinary distribution, UCD shows a multidisciplinary integration, with applications not only in the fields of design science and computer science, but also cross-applications in the fields of medicine, psychology, education, and so on. The keyword clusters show five major research hotspots, namely digital health, usability engineering, human-computer interaction, user-centered design, and design evaluation, and the clusters show a shift from the traditional focus on the product itself to the focus on people. The highly cited literature forms five major clusters, which provide many key methodological theories of UCD and constitute the closed-loop process of UCD design methods. In the future, higher requirements will be put forward for the personnel and their design teams of UCD in terms of design proc-

收稿日期: 2022-03-18

基金项目: 教育部人文社科青年基金(18YJC760050)

作者简介: 武星廷(1997—), 男, 硕士生, 主攻设计理论与实践、人机交互及用户体验设计。

通信作者: 刘梦非(1983—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为设计评价方法、大健康及养老领域的设计开发。

ess, methods and tools, and design scope.

KEY WORDS: UCD; user-centered design; human-computer interaction; knowledge map; Citespace; VOSviewer; bibliometrics

“以用户为中心的设计”(User-Centered Design, UCD)最早来源于唐纳德·诺曼(Donald·A·Norman)1986年出版的专著《User-Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction》,书中首次提出了以用户为中心的计算机人机界面设计^[1]。UCD(User-Centered System Design,以下简称UCD)是一种设计理念,为用户体验(User Experience,以下简称UX)提供了一系列的流程和方法^[2]。UCD方法是通过用户对用户的深刻洞察并根据其行为需求进行设计的,最后通过用户的使用效果再对设计进行评估^[3]。随着该方法的提出,越来越多的研究者、设计师等群体将UCD介入相关产品设计研究中,产出许多优秀的研究文献成果。因此,本文将Web of Science(WOS)核心合集数据库作为数据来源,运用Vosviewer和Citespace文献计量工具生成科学知识图谱,通过定量的系统性梳理来全面把握该设计方法的应用趋势和研究热点,为未来的人机交互、用户研究等领域提供一定的参考。

1 数据来源和研究方法

本文所采用的数据源于Web of Science数据库核心合集,检索范围为WOS数据库1985年1月—2020年12月的文献;检索关键词为“User-Centered Design”,文献类型限定为“Article”and“Review”。通过检索、筛选、去重后共得到有效文献2163篇。将所检索的文献导出为全记录与引用的参考文献(包含题目、作者、关键词、摘要、出版年份、参考文献等关键信息),以用于生成可视化知识图谱进行量化分析。

本文所采用的分析工具有2种,一是美国德雷克大学陈超美^[4]基于Java平台研发的Citespace5.7 R4软件,二是荷兰莱顿大学科技研究中心Vaneck等^[5]基于相似性算法研发的VOSviewer文献计量工具。近年来利用文献计量学的方法研究某一学科的发展脉络已经成为各研究领域的关键手段,Citespace和VOSviewer能够提取所选文献内的关键信息、构建要素共现网络,并提供可视化的知识图谱。因此,通过2款文献计量可视化软件的结合应用,将有利于挖掘UCD设计领域的研究现状和发展趋势。

2 UCD 研究趋势热点

2.1 文献产出基本特征

文献的年度产出数量在一定程度上可以反映该领域长期以来的受关注程度和重要程度。从WOS导

出文献数据进行清洗去重后,可得到UCD年均发文量统计图,见图1。从图1可知,年均发文量整体呈上升趋势,可见UCD设计方法近20年来都受到广泛的关注。近5年的发文量有急速上升的趋势,并且未出现峰值拐点,说明该领域还处于发展阶段,近年来依旧是热点研究方向。

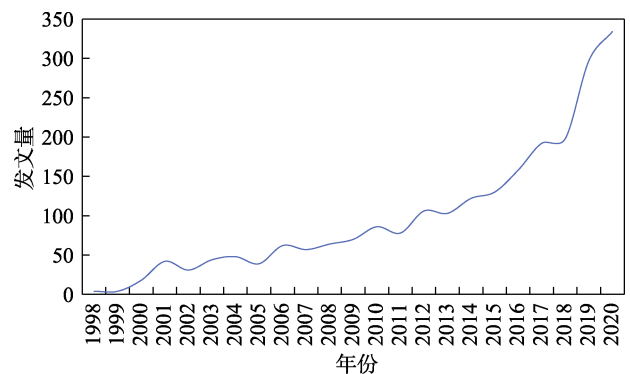


图1 UCD 年均发文量统计图

Fig.1 A distribution map of the annual publication volume of UCD

2.2 学科及期刊分布情况

根据WOS文献池统计,检索范围内共有172个学科关联到UCD设计方法,其中发文量排名前5的学科分别为医学信息学(Medical Informatics),记录数为340条,占比15.719%;计算机信息科学(Computer Science Information Systems),记录数为331条,占比15.303%;人机工程学(Ergonomics),记录数为298条,占比13.778%;计算机科学与控制论学(Computer Science Cybernetics),记录数为273条,占比12.621%;保健科学(Health Care Sciences Services),记录数为265条,占比12.252%。通过跨学科交叉,UCD给这些学科带来了新的研究思路和研究视角。此外,UCD作为一门跨学科的设计方法,不仅在互联网、计算机科学领域有所应用,在医学、人机工学等领域也有所应用。

通过分析期刊的双图叠加结果,可以把握UCD期刊在学科期刊地图上的分布情况,并寻找与之相关的其他期刊的引证关系。利用Citespace对样本中的UCD期刊数据进行期刊的双图叠加分析,见图2。通过对发文期刊的学科分布、国家分布、发文量、影响因素进行梳理,进而得到表1。如图2所示,图左侧是基于10000多种SCI/SSCI期刊之间的引证关系创建的期刊地图,描述了UCD主要期刊分布类群,叠加的椭圆表示引用期刊在科学期刊地图上的位置,图

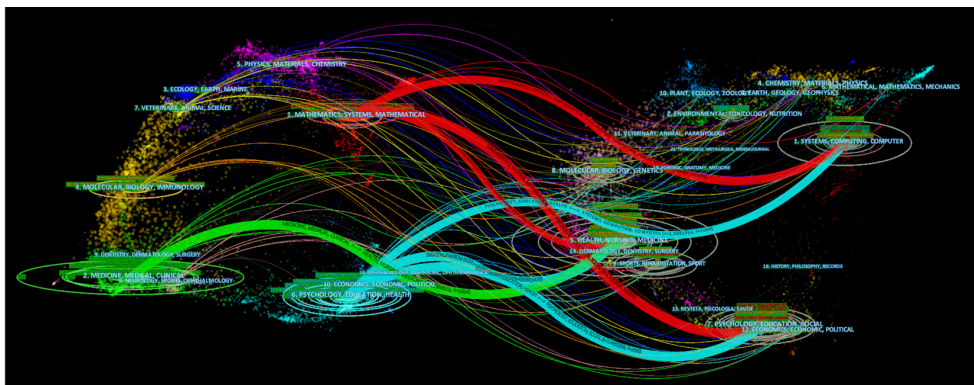


图2 UCD 发文期刊引证轨迹
Fig.2 Citation track of UCD journals

表1 文献来源期刊分布(前10)
Tab.1 Distribution of literature source journal (TOP 10)

排名	期刊	大/小类学科	国家地区	篇数	被引量	5年平均IF
1	Interacting with Computers	工程技术/计算机: 控制论	荷兰	56	321	1.717
2	JMIR mHealth and uHealth	医学/卫生保健与服务	加拿大	55	353	5.323
3	Journal of Medical Internet Research	医学/卫生保健与服务	加拿大	52	718	5.996
4	Applied Ergonomics	工程技术/工程: 工业	英国	39	183	3.054
5	International Journal of Human-Computer Studies	工程技术/计算机: 控制论	英国	36	660	3.383
6	International Journal of Medical Informatics	医学/计算机: 信息系统	爱尔兰	35	568	3.525
7	Design Studies	工程技术/工程: 制造	英国	31	104	3.671
8	Journal of Biomedical Informatics	医学/计算机: 跨学科应用	美国	29	574	3.765
9	Behaviour & Information Technology	工程技术/计算机: 控制论	英国	28	338	2.102
10	Journal of the American Medical Informatics Association	医学/计算机: 信息系统	美国	27	332	4.327

右侧的期刊地图是根据期刊的引文关系构建的,每个点代表左侧施引期刊引用的期刊,描述了UCD主要被引期刊分布类群^[6]。从左侧宏观期刊类团来看,2 163 篇文献主要期刊分布类群为:

- 1) “数学、系统、数理”(正上方红色)。
- 2) “医学、医疗、临床”(左下方绿色)。
- 3) “心理、教育、健康”(正下方青色)。

结合引证轨迹可知被引期刊类群为:

- 1) “系统、计算、计算机”。
- 2) “健康、护理、医学”。
- 3) “心理、教育、社会”。

从宏观来看,系统科学、计算机、医学等领域的期刊之间存在交叉引用情况,这一结果与上文WOS文献池的学科统计结果相吻合。此外,发文期刊发文量的排名分布可印证双图叠加的结果。

发文量排名前3的期刊为《Interacting with Computers》(56篇)、《JMIR mHealth and uHealth》(55篇)、《Journal of Medical Internet Research》(52篇)。其中《Interacting with Computers》发文量56篇,位列UCD领域发文量第1位,是该领域最为活跃的期刊,该期刊主要关注新的研究范式、人机交互与设计

理论、用户界面、互动过程和方法、用户体验设计、实证评估和评估策略、用户建模和智能系统、环境和移动交互等方面。位于发文量第2位的期刊为加拿大出版的《JMIR mHealth and uHealth》该期刊主要关注信息医学的应用研究,关注重点为健康和医学在移动设备、可穿戴式设备和家庭智能医疗等方面的智能化解决方案。

2.3 发文国家机构分析

全球共有75个国家或地区涉足UCD的研究,其中排名前10的国家如表2所示。

由国家和合作机构的发文量排名可知,国际著名大学、研究和设计机构为UCD设计方法的主要研究阵地。从发文量来看,美国在UCD设计方法领域的成果产出和发文量远远高于其他国家,研究水平处于该领域的世界前沿。国家共现网络可以反映国家间的合作关系,连线强度可以反映国家合作的密切程度。如图3所示,美国、英国、德国等发达国家在UCD设计领域合作较为密切。如图4所示,发文量位于前5的机构院校均来自欧洲和北美发达国家,分别为:多伦多大学(Univ Toronto),发文量32篇,篇均被

表 2 UCD 国家发文量 (前 10)
Tab.2 Statistics of annual average publication volume of UCD (Top 10)

排名	国家	发文量	合作国家数量	文献占比/%
1	美国	385	39	17.80
2	英国	137	29	6.33
3	加拿大	88	27	4.93
4	德国	83	25	4.68
5	荷兰	82	28	2.63
6	中国	75	26	1.20
7	澳大利亚	71	13	3.28
8	西班牙	61	21	2.82
9	意大利	55	19	2.54
10	瑞典	46	25	2.12

引量 72.359 5 次; 华盛顿大学 (Univ Washington), 发文量 27 篇, 篇均被引量 77.519 9 次; 特文特大学 (Univ Twente), 发文量 20 篇, 篇均被引量 61.169 3 次; 匹兹堡大学 (Univ Pittsburgh), 发文量 18 篇, 篇均被引量 43.630 7 次; 代尔夫特理工大学 (Delft Univ Technol), 发文量 17 篇, 篇均被引量 21.919 3 次。整个合作机构共现网络形成了华盛顿大学 (美国)、多伦多大学 (加拿大)、代尔夫特理工大学 (荷兰) 3 个较大的合作子群。

2.4 高影响力作者分析

利用 Citespace 选取每一年被引次数 TOP50 的论文, 构建当年共被引作者网络, 然后对每年网络进行

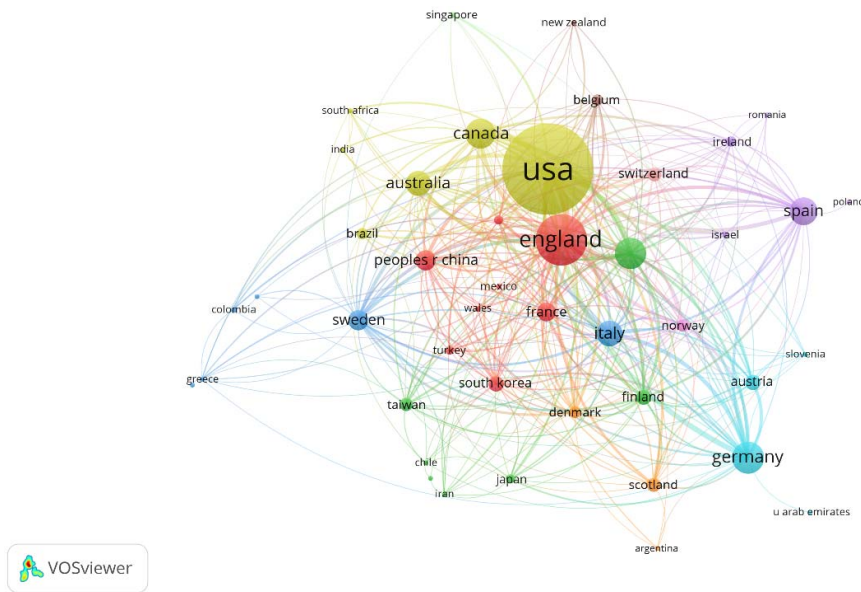


图 3 合作国家共现网络
Fig.3 Cooperative institutions co-occurrence network

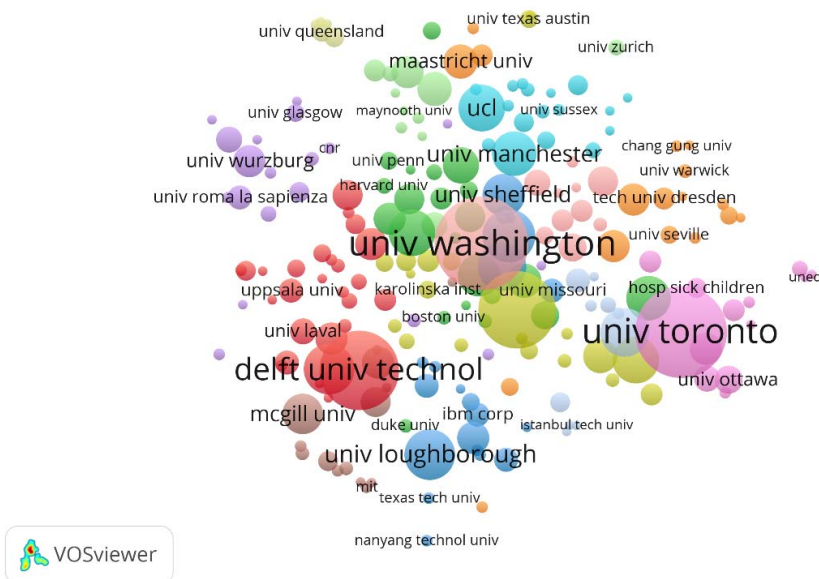


图 4 合作机构共现网络
Fig.4 Cooperative institutions co-occurrence network

度。Garrett^[16]提出了“用户体验要素五层模型”，从抽象到具体分别为战略层（The Strategy Plane）——产品目标、用户需求等要素；范围层（The Scope Plane）——功能规格、内容需求等要素；结构层（The Structure Plane）——交互设计、信息架构等要素；框架层（The Skeleton Plane）——界面设计、导航设计、信息设计等要素；表现层（The Surface Plane）——视觉设计相关内容。该模型提供了一套用户体验设计方法论，能有效帮助产品经理、UX设计师等角色厘清设计思路，清晰地获取设计对象的内在逻辑。

聚类3（可用性）重点关注可用性测试评估。可用性的首要标准就是在产品设计的过程中始终考虑到用户的生理或心理需求，可用性专家 Nielsen^[17]提出了7条可用性评估方法，分别为启发式评估（Heuristic Evaluation）、认知走查（Cognitive Walkthrough）、正式可用性检查（Formal Usability Inspections）、多元走察法（Pluralistic Walkthroughs）、特征检查（Feature Inspection）、一致性检查（Consistency Inspection）、标准检查（Standards Inspection），此外可用性测试中评估者效应也受到越来越多的重视，在重要的评估中，应该让一个以上的评估者独立分析测试过程^[18]。

聚类4（人机交互）该聚类反映出UCD方法在人机交互领域及复杂智能系统中的应用，其中UCD在残障人士辅助技术中的应用也受到越来越多的关注，此外，脑机交互也是近年来的研究热点，即通过UCD方法深入人的认知神经层面，了解操作环境中人的信息加工的神经机制^[2]。

聚类5（用户介入）该聚类表明在UCD设计过程中，让用户参与设计过程能有效提高产品的用户满意度。由此衍生出许多用户介入设计的方法，其中就包含参与式设计、共创设计，这些方法能促进设计师与

利益相关者的合作，并将其观点融入产品设计过程中。

在图7中，颜色从深到浅表示了关键词热度的新旧程度。由此可知，近年来UCD主要热点集中于智慧医疗产业、互联网移动应用设计、用户体验要素研究、可持续、设计思想等方面，这些也是未来的研究热点。

2.6 UCD 关键被引文献理论基础

利用 VOSviewer 对样本中所有文献的参考文献来源进行分析，筛选出共被引次数达 10 次以上的文献，得到参考文献共被引聚类网络图，见图 8。由图 8 可见，参考文献共分为五大聚类。聚类 1（红色）：可用性方法论——以尼尔森（Jakob Nielsen）为代表的关于提高产品可用性设计原则的被引聚类合集。聚类 2（绿色）：用户研究——以奥克兰大学 Virginia Braun 为代表的关于定性分析、定量分析、分析量表应用等用研分析方法的被引聚类合集。聚类 3（蓝色）：可用性评估——以 John Brooke 教授为代表的设计评估方法的被引聚类合集。聚类 4（黄色）：UCD 设计方法论——以诺曼为代表的以用户为中心的设计方法论、情感化设计理论的被引聚类合集。聚类 5（紫色）人机交互——以德国维尔茨堡大学心理学研究所的 Andrea Kübler 教授为代表的脑机接口（Brain-Computer Interface, BCI）、人机交互硬件研究的被引聚类合集。聚类中关键被引文献及其主要成果，见表 5。

该五大聚类的研究内容共同构成了 UCD 设计方法的闭环流程，结合关键词聚类和被引文献聚类进行梳理分析可得到 UCD 概念设计流程方法模型，见图 9。整个设计流程可分为 5 步，从前期的用户需求采集、用户需求定义、设计选择、设计输出到后期的设计评估，可有效将相关产品从初步的概念延伸到最终的实现评价。

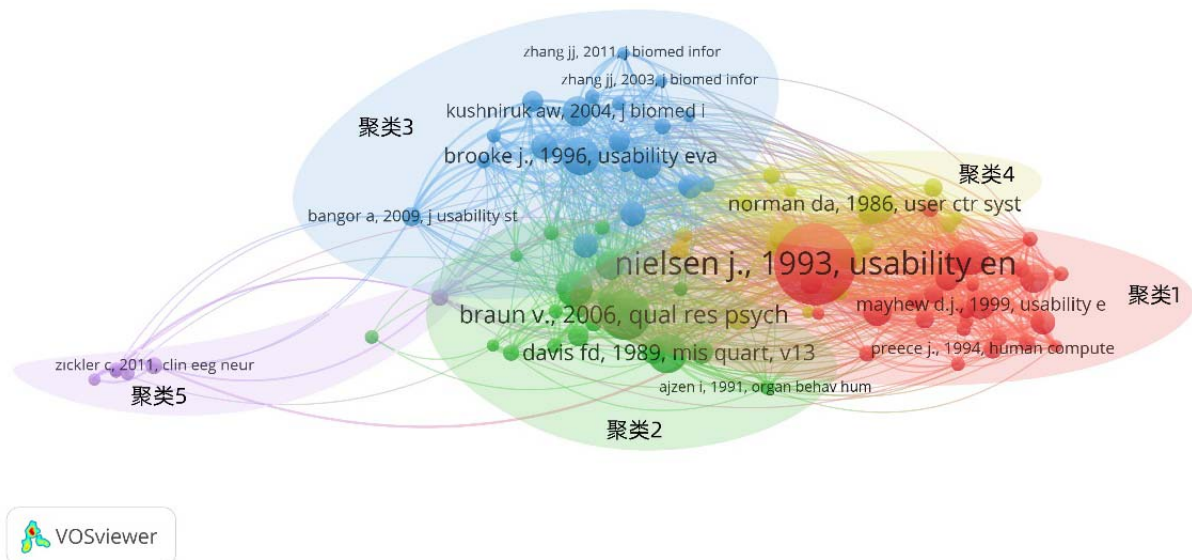


图 8 参考文献共被引聚类网络
Fig.8 Reference co-citation clustering network

表 5 UCD 关键被引文献聚类梳理
Tab.5 UCD key cited literature clustering combing

聚类	聚类名称	高被引文献	主要成果
1 (红色)	可用性 方法论	1) 《Usability Engineering》 2) 《Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think》 3) 《The State of User-Centered Design Practice》 4) 《Key Principles for User-Centred Systems Design》	1) “十大可用性原则”: 系统状态的可见性; 真实场景和系统匹配原则; 用户自由控制原则; 系统一致性原则; 错误预防原则; 减少记忆负荷原则; 灵活效率原则; 灵活效率原则; 设计最简化原则; 帮助用户识别、诊断错误并从错误中恢复原则; 文档帮助原则 ^[7] 2) 可用性设计 3 大关键原理: 提前关注用户和任务、实证测量、迭代设计 ^[19] 3) UCD 在企业管理中的应用 ^[20] 4) UCSD (User-Centred Systems Design) 12 条设计关键性原则 ^[21]
2 (绿色)	用户 研究	1) 《Using Thematic Analysis in Psychology》 2) 《Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology》 3) 《User-Centered Design and Interactive Health Technologies for Patients》	1) 主题分析 6 步分析法。熟悉数据: 阅读整个数据 (数据语料库) 至少一次, 然后编码并搜索含义和模式, 记下最初的想法。生成初始代码: 在整个数据集中以系统的方式对数据的有趣特性进行编码, 整理与每个代码相关的数据。搜寻主题: 将代码整理成潜在主题, 收集与每个潜在主题相关的所有数据。回顾主题: 检查主题与编码、数据集的相关度, 生成主题分析地图。定义并命名主题: 持续分析并细化每个主题的细节, 以及分析所讲述的整体故事, 为每个主题生成清晰的定义和名称。生成报告: 选择生动、引人注目的摘录实例, 对所选摘录进行最终分析, 将分析的背景与研究问题和文献联系起来, 生成学术报告 ^[22] 2) 用户感知有用性和易用性的关系 ^[23] 3) 如何应用 UCD 原则和技术让患者参与到交互式健康技术的开发中 ^[24]
3 (蓝色)	可用性 评估	1) 《SUS-A Quick and Dirty Usability Scale》 2) 《An Empirical Evaluation of the System Usability Scale》 3) 《Cognitive and Usability Engineering Methods for the Evaluation of Clinical Information Systems》	1) SUS (System Usability Scale) 可用性量表应用及实证评估 ^[11,25] 2) 计算机病例系统可用性测试及评估方法 ^[26]
4 (黄色)	UCD 设计 方法论	1) 《User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction》 2) 《Methods to Support Human-Centred Design》 3) 《User Involvement: A Review of the Benefits and Challenges》	1) UCD 设计体系 ^[1] 2) 如何通过 UCD 设计方法来实现系统的可用性 ^[27] 3) 用户介入设计的方法。以用户为中心的设计 (User-Centered Design): 典型方法是任务分析、原型制作、可用性评价。参与式设计 (Participatory design): 典型方法是工作坊、原型制作。人种志 (Ethnography): 典型方法是观察法、视频影像分析法。语境设计 (Contextual design): 典型方法是将观察法和现场访谈相结合 ^[28]
5 (紫色)	人机交互	1) 《Development of Nasa-Tlx (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research》 2) 《A Brain-Computer Interface as Input Channel for a Standard Assistive Technology Software》 3) 《The User-Centered Design as Novel Perspective for Evaluating the Usability of Bci-Controlled Applications》	1) NASA-TLX (Task Load Index) 量表包含: 心智要求 (Mental Demands)、体力要求 (Physical Demands)、时间要求 (Temporal Demands)、个人表现 (Own Performance)、精力 (Effort)、挫折感 (Frustration) 6 个维度 ^[29] 2) 脑机接口技术与商业软件相结合的应用测试实例 ^[30] 3) UCD 技术在脑机交互可用性评估中的应用 ^[31]

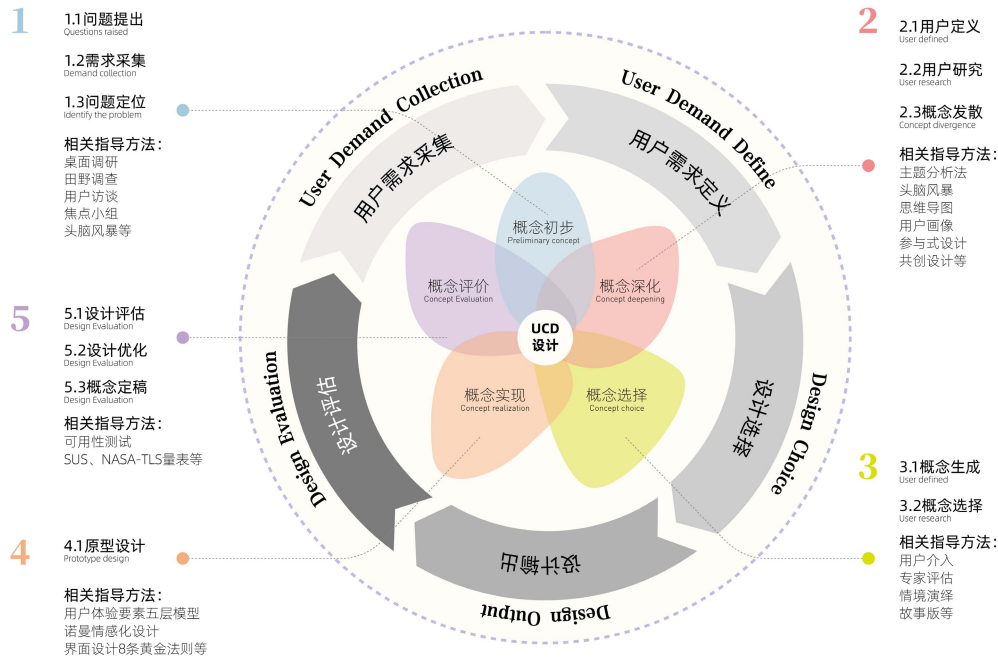


图9 基于UCD概念设计流程与方法

Fig.9 Conceptual design process and methods based on the UCD method

3 结语

从论文发文量来看,UCD 领域的发文量呈现出逐年攀升的趋势,在发文学科、期刊方面也呈现出多学科融合的趋势,不仅仅在传统设计学科方面,在医学信息学、计算机科学、人机工程等领域也有较多关注和应用。

从发文国家、机构、作者来看,美国、英国、加拿大、德国、荷兰等发达国家在 UCD 研究应用领域走在世界前列,呈现出跨区域合作分散、区域内合作紧密的现状;从关键被引作者来看, Jakob Nielsen、Don Norman、Ben Shneiderman、Alan Cooper 等是 UCD 主要方法论及原理的贡献者。

从关键词聚类来看,当前 UCD 研究现状大致分为 5 个方向:数字健康、可用性工程、人机交互、以用户为中心的设计、设计评估。可见未来产品设计将越来越关注于人本身,尤其在健康自我管理、可用性测试、用户体验设计等方面的应用将成为未来的研究热点。

从参考文献聚类来看,高被引文献所提供的关键性成果有可用性评估方法、定性/定量研究方法、用户测试量表、UCD 设计概念理论等,这些方法构成了 UCD 设计的闭环流程,为之后的研究者提供了有效的经验借鉴。

随着数字时代的到来,智能技术与 UCD 方法的结合愈加紧密。5G 通讯、人工智能、大数据、区块链、物联网等新技术的广泛应用,使 UCD 方法迎来了新的发展态势。从设计流程来看,UCD 从最初集

中于产品前期调研、产品设计阶段,开始灵活地融入全流程敏捷开发,包括产品运营、设计迭代、测试走查、项目复盘等流程;从方法工具来看,除 UCD 常用的问卷调研、可用性量表、原型设计等方法之外,还表现出数据、模型驱动与人文社科相结合的趋势,如数据埋点、数据挖掘、大数据采集与认知心理学、社会学等社科领域相结合的方法;从设计范围来看,UCD 已从传统单一的交互式 UI、产品可用性设计,转变为全方位的 UX 生态系统设计,注重多层次、多通道的用户体验需求,形成了整合设计的态势。

因此,未来的 UCD 设计会更加注重多学科融合的方法和新工具技术的应用,将对 UCD 团队人员的学习能力、沟通能力及创新意识提出更高的要求。

参考文献:

- [1] NORMAN D A, DRAPER S W. User centered system design: new perspectives on human-computer interaction[M]. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates, 1986
- [2] 许为. 三论以用户为中心的设计: 智能时代的用户体验和创新设计方法[J]. 应用心理学, 2019, 25(1): 3-17. XU Wei. User-Centered Design (III): Methods for User Experience and Innovative Design in the Intelligent Era[J]. Chinese Journal of Applied Psychology, 2019, 25(1): 3-17.
- [3] 董建明, 傅利民, 饶培伦. 人机交互以用户为中心的设计和评估[M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2010. DONG Jian-ming, FU Li-min, RAO Pei-lun. Human-computer Interaction: User-centered Design and Evaluation[M]. 3rd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.

- [4] CHEN Chao-mei. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359-377.
- [5] VANECK N J, WALTMAN L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping[J]. *Scientometrics*, 2010, 84(2): 523-538.
- [6] 李杰, 李平, 付姗姗. 国际安全科学期刊的识别及分布研究[J]. *安全*, 2018, 39(2): 13-16.
LI Jie, LI Ping, FU Shan-shan. Research on Identification and Distribution of International Safety Science Journals[J]. *Safety*, 2018, 39(2): 13-16.
- [7] NIELSEN J. Usability Engineering[M]. Morgan Kaufmann, 1993.
- [8] NORMAN D A. The Design of Everyday Things[J]. *Design of Everyday Things*, 1988, 26(4):166.
- [9] SHNEIDERMAN B. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction[J]. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 1988, 39(1): 603-604.
- [10] COOPER A, REIMANN R, CRONIN D. About face 3: the essentials of interaction design[M]. [3rd ed.]. Indianapolis, IN: Wiley Pub., 2007
- [11] BROOKE J. SUS-A quick and dirty usability scale[J]. *Usability evaluation in industry*, 1996, 189(194): 4-7.
- [12] SCHNALL R, ROJAS M, BAKKEN S, et al. A User-Centered Model for Designing Consumer Mobile Health (mHealth) Applications (Apps)[J]. *Journal of Biomedical Informatics*, 2016, 60: 243-251.
- [13] FORTUNA K L, LOHMAN M C, GILL L E, et al. Adapting a Psychosocial Intervention for Smartphone Delivery to Middle-Aged and Older Adults with Serious Mental Illness[J]. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 2017, 25(8): 819-828.
- [14] JIBB L A, CAFAZZO J A, NATHAN P C, et al. Development of a mHealth Real-Time Pain Self-Management App for Adolescents with Cancer: An Iterative Usability Testing Study [Formula: See Text][J]. *Journal of Pediatric Oncology Nursing: Official Journal of the Association of Pediatric Oncology Nurses*, 2017, 34(4): 283-294.
- [15] EHN M, ERIKSSON L C, ÅKERBERG N, et al. Activity Monitors as Support for Older Persons' Physical Activity in Daily Life: Qualitative Study of the Users' Experiences[J]. *JMIR mHealth and uHealth*, 2018, 6(2): e34.
- [16] GARRETT J J. Elements of User Experience, The: User-Centered Design for the Web and Beyond[J]. *Interactions*, 2011, 10(5): 49-51.
- [17] NIELSEN J. Usability Inspection Methods[C]// CHI '94: Conference Companion on Human Factors in Computing Systems. Boston, Massachusetts, USA. New York: ACM, 1994: 413-414.
- [18] HERTZUM M, MOLICH R, JACOBSEN N E. What You Get is what You See: Revisiting the Evaluator Effect in Usability Tests[J]. *Behaviour & Information Technology*, 2014, 33(2): 144-162.
- [19] GOULD J D, LEWIS C. Designing for Usability: Key Principles and what Designers Think[J]. *Communications of the ACM*, 1985, 28(3): 300-311.
- [20] MAO Ji-ye, VRENDENBURG K, SMITH P W, et al. The State of User-Centered Design Practice[J]. *IEEE Engineering Management Review*, 2005, 33(2): 51.
- [21] GULLIKSEN J, GÖRANSSON B, BOIVIE I, et al. Key Principles for User-Centred Systems Design[J]. *Behaviour and Information Technology*, 2003, 22(6): 397-409.
- [22] BRAUN V, CLARKE V. Using Thematic Analysis in Psychology[J]. *Qualitative Research in Psychology*, 2006, 3(2): 77-101.
- [23] DAVIS F D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology[J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3): 319-340.
- [24] DE VITO DABBS A, MYERS B A, MC CURRY K R, et al. User-Centered Design and Interactive Health Technologies for Patients[J]. *Computers, Informatics, Nursing: CIN*, 2009, 27(3): 175-183.
- [25] BANGOR A, KORTUM P T, MILLER J T. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2008, 24(6): 574-594.
- [26] KUSHNIRUK A W, PATEL V L. Cognitive and Usability Engineering Methods for the Evaluation of Clinical Information Systems[J]. *Journal of Biomedical Informatics*, 2004, 37(1): 56-76.
- [27] MAGUIRE M. Methods to Support Human-Centred Design[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2001, 55(4): 587-634.
- [28] KUJALA S. User Involvement: A Review of the Benefits and Challenges[J]. *Behaviour & Information Technology*, 2003, 22(1): 1-16.
- [29] HART S G, STAVELAND L E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research[J]. *Advances in Psychology*, 1988, 52: 139-183.
- [30] ZICKLER C, RICCIO A, LEOTTA F, et al. A Brain-Computer Interface as Input Channel for a Standard Assistive Technology Software[J]. *Clinical EEG and Neuroscience*, 2011, 42(4): 236-244.
- [31] KÜBLER A, HOLZ E M, RICCIO A, et al. The User-Centered Design as Novel Perspective for Evaluating the Usability of BCI-Controlled Applications[J]. *PLoS One*, 2014, 9(12): e112392.