

基于文献计量学的情感化设计研究进展、热点与趋势分析

陈永康, 江雨豪, 何人可, 武星廷

(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 系统认识国际范围内情感化设计研究的全局特征, 把握当前情感化设计的研究热点及理论基础, 并根据当前研究热点探究未来发展新趋势。**方法** 以 Web of Science 收录的情感化设计相关文献作为数据源, 以科学文献计量的方法综合运用 VOSviewer 和 CiteSpace 从文献的年份产出分布、国家、研究机构、作者、参考文献共被引情况和关键词聚类等方面绘制科学知识图谱, 进行可视化分析以梳理研究脉络。**结论** 结果表明检索范围内文献数量整体呈上升趋势, 中美等国处于研究的领先地位, 研究热点主要集中在情感计算、感性工学、人机多通道交互、用户体验和设计评估等方面。研究现状较为成熟, 形成了以三层次理论、感性工学和情感计算为主的理论体系。用户个性化、差异化情绪的识别与表达成为未来发展的新趋势。研究机构与作者合作不紧密, 以及高产量作者不多是现阶段研究的主要局限。

关键词: 情感化设计; 感性工学; 知识图谱; 文献计量; VOSviewer

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)06-0032-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.06.004

Emotional Design Trends and Research Progress: A Scientometric Analysis-Based Study

CHEN Yong-kang, JIANG Yu-hao, HE Ren-ke, WU Xing-ting

(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: This paper aims to systematically understand the overall characteristics of emotional design research on a global scale, grasp the current research hotspots and knowledge evolution process of emotional design, and explore new future development trends based on current research hotspots. Take the emotional design related literature included in Web of Science as the data source, and apply the scientific bibliometric method to produce the distribution from the year of the literature, the country, the research institution, the author, the co-citation status, and keywords of the reference clustering by VOSviewer and CiteSpace. Draw a map of scientific knowledge, and perform visual analysis to sort out the research context. The results show that the number of documents within the search scope is on the rise. China, the United States and the United Kingdom are in a leading position in research. The research hotspots are concentrated in emotional computing, perceptual engineering, human-computer multi-channel interaction, user experience, and design evaluation; the current research status is relatively mature, and formed a theoretical system based on three-level theory, perceptual engineering and emotional computing.

KEY WORDS: emotional design; kansei engineering; knowledge map; bibliometrics; VOSviewer

情感化设计是 20 世纪 80 年代末兴起的一种产品设计的理念与方法, 目前在学界并未达成一致的定

义。在英文里, 情感化设计一般用“Emotional Design”和“Affective Design”来表示。美国学者诺曼和德拉

泊于 1986 年出版的《User-Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction》一书中, 首次提出“以用户为中心的设计”可以被认为是情感化设计的最初概念。情感化设计主要包括对用

收稿日期: 2021-12-03

作者简介: 陈永康(1998—), 男, 硕士生, 主攻设计学。

通信作者: 何人可(1958—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为设计历史及理论、智能产品设计等。

户情感因素的获取、分析、建模,以及情感因素在具体设计中的转化等^[1-2]。近年来,情感化设计理论及方法在艺术设计中的应用已变得越来越普遍,在该领域已经积累了大量的文献成果。从 1996 年至今,经过 24 年的积淀,该领域的研究文献量繁多,并且知识结构多元、复杂,仅依靠阶段性地回顾、总结传统文献的分析方法,难以客观分析该领域的研究热点变迁及发展动态,更加难以精准地把握情感化设计理论方法是如何具体影响设计活动的。为了更全面地探究情感化设计的研究现状、研究热点及发展趋势,研究中以 Web of Science (WOS) 数据库作为数据来源,借助科学文献计量学对现有文献资料进行知识结构的可视化呈现,进而为该领域学者研究提供借鉴和整体概览。

1 研究设计

1.1 数据来源

由于高质量科学文献受到严格的同行评议及发表刊物的严格审查,所以其研究成果具有更高的学科代表性^[3]。以下研究选择在 Web of Science 核心数据库进行检索,检索策略设为 TS=(“Emotional Design”)

or TS=(“Affective Design”),选择 WOS 数据库中常用的 SSCI、SCI-Expanded、A&HCI、CPCI-S 及 CPCI-SSH 这五大引文索引作为检索源。为了收集所有的相关文章,检索时间跨度设置为全年份(即 1900 年起至 2020 年 9 月)。为避免跨学科文献的丢失,未对文献来源进行精简。将检索所得文献以“全记录与引用的参考文献”的格式导出为 txt 文件,并剔除偏离研究主题、缺失字段信息(如时间、关键词、作者等关键信息)、重复数据等干扰文章。最终共得到文献 775 篇,以用于进一步量化分析,见图 1。

1.2 研究方法

通过科学文献计量方法与知识结构可视化,综合运用 VOSviewer、CiteSpace 等软件以获得更加全面的数据。文献计量是指通过定量分析各类文献资料,在大量的文献数据中发现潜在的规律和信息,最早是由 Pritchard 于 1969 年提出的。VOSviewer 由荷兰莱顿大学科技研究中心的 Van Eck 和 Waltman 于 2009 年开发,其有强大的用户图形界面和映射可视化功能^[4]。CiteSpace 是美国德雷塞尔大学陈超美团队开发的一款引文可视化分析软件,近年来被广泛应用于文献计量分析^[5]。

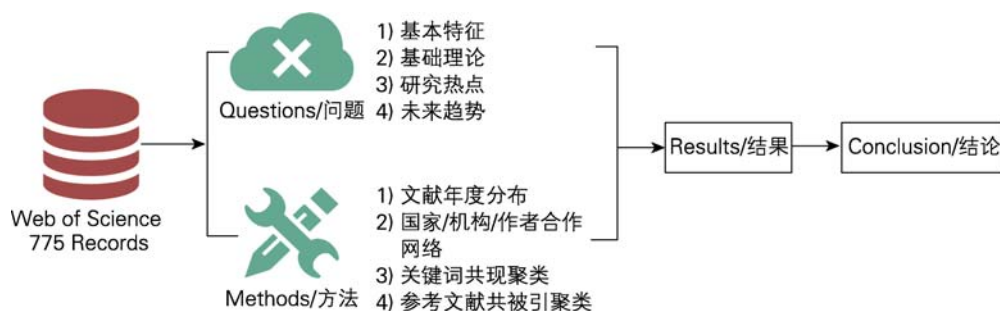


图 1 研究设计
Fig.1 Research design

2 情感化设计文献计量结果及分析

2.1 情感化设计研究的基本特征

学术文献随时间发展的产出变化规律是衡量研究主题发展趋势的重要方法,可以有效评估该学科的研究动态。将检索所得数据清洗去重后进行字段提取,情感化设计文献年发文量分布见图 2。从 WOS 的发文情况可见,检索范围内的第 1 篇文章发表于 1996 年。自 1996—2020 年以来,年度文章发表数量从 1996 年的 2 篇增加到 2019 年的 66 篇,在 2017 年达到峰值,年度发文总量为 78 篇,文献产出总体呈上升趋势。从文献产出情况可见,情感化设计这一研究主题在不断发展,近 5 年来,一直是学者们关注的焦点。情感化设计是一个复杂的交叉主题,涉及多个学科领域的知识。根据 WOS 系统的学科统计分析,

775 篇文献中,共涉及 69 个主要学科,前 10 个学科分别为计算机科学、工程学、心理学、计算机人工智能、电子电器工程、自动化控制系统、物理学、制造工程、能源学和多学科工程。在 775 篇文献中,120 篇来自计算机科学,112 篇来自工程学,47 篇来自心理学,分别占总数的 15.63%、14.45%和 6.12%。这些学科主题是情感化设计的重要研究领域,为情感化设计研究提供了理论基础和工具方法。同时,情感化设计的提出也为这些学科的发展提供了良好的机遇。

2.2 文献国别及研究机构分布

数据合集中的出版物数量和国家/地区的引用次数,描述了研究领域中的高产国家及其影响。从国家/地区产出上来看,全球共有 61 个国家/地区在这一研究领域有贡献。其中,排名前 10 位的国家发文量占发文总量的 84.90%以上。检索范围内的论文产量均

形成5个主要聚类(Clusters)。从分析结果来看,情感化设计的热点研究主题可以划分为五大类,分别为#1感性工学、#2情感计算、#3情感与体验设计、#4人机多通道交互和#5设计评估。

聚类#1——感性工学共包含21个聚类成员,主要包含 Kansei Engineering(感性工学)、Product Design(产品设计)、Form Design(形态设计)、User Centered Design(以用户为中心的设计)、Neural-network(神经网络)、Genetic Algorithm(遗传算法)、Affective Responses(情感反应)和 Decision-making(决策)等关键词。感性工学(Kansei Engineering)作为情感化设计中的一种代表性方法,通过获取用户对产品属性的感性意象,并找到他们的主观反应和设计特征之间的定量关系,进而对设计过程进行指导和评估^[7]。第1篇关于“感性工学”的研究论文,是日本广岛大学的长町三生(MITSUO N)教授于1975年发表在《人机工学》杂志上的《情绪工学研究》一文,这篇文献是感性工学研究的开端^[8]。1988年,在悉尼举行的第十届国际人机工程学大会上,“情绪工学”正式被定名为“感性工学”(Kansei Engineering),此后“感性工学”一词正式启用。作为一种基于人体工程学和计算机科学的产品开发技术,感性工学设计的研究主要分为3个方面:从人体工程学和心理评估的角度来把握消费者对产品的感觉(Kansei)和需求并进行分类;利用计算机技术建立系统性框架,进而从用户的意向中识别产品的设计特征,例如专家系统、神经网络模型和遗传算法;将感性工学作为一种人机工程学技术用于数学结构模型建立^[9-10]。

聚类#2——情感计算共包含11个成员,主要包含 Affective Computing(情感计算)、Emotion Recognition(情感识别)、Emotional Expression(情感表达)、Data Mining(数据挖掘)、Machine Learning(机器学习)、Physiological Signals(生理信号)和 Systems(系统)等关键词。情感计算相关研究最早可以追溯到1985年,由美国麻省理工 Minsky 教授(人工智能奠基人之一)在专著“The Society of Mind”中首次提到,而“情感计算”一词则是由麻省理工的 Picard 教授在1995年发表的文章“Affective Computing”中正式提出来的^[11]。“情感计算”被定义为“与情感相关、来源于情感或者能够对情感因素施加影响的计算”^[12],其主要研究内容包括:情感信号获取、情感状态识别、情感信息的理解和情感的表达^[13]。情感信号的获取即通过传感器获取用户的生理信号,具体包括语音、面部表情、身体姿势、血容量脉冲、皮肤电反应等;情感状态识别是指对获取的情感信号进行分析识别,确定内在(隐形)情绪;情感理解是指计算机能够分析情绪的产生原因,并对此进行合理、恰当的反馈;情感表达则是指通过计算机交互设备向用户模拟表达情感,并进一步应用在设计实践中^[14]。

聚类#3——情感与体验设计共包含21个成员,主要包含 Experience Design(体验设计)、Interaction Design(交互设计)、Emotional Response(情感反应)、Affective Haptics(情感触觉)、Depression(消极)和 Pleasure(快乐)等关键词。该聚类反映出情感化设计研究除了关注形态、色彩等视觉对象外,也关注用户行为与用户体验。设计概念及对象也在不断扩展,从有形的实物产品一直过渡到无形的虚拟产品及交互过程,并强调和实践了“以用户为中心”的基本原则。

聚类#4——人机多通道交互共包含23个成员,主要包含 Human Robot Interaction(人机交互)、Recognition(识别)、Facial Expression(面部表情)、Communication(交流)、Emotional Intelligence(情绪智力)、Motion(手势)、Eye Tracking(眼动追踪)和 Agents(代理)等关键词。此聚类关键词都属于前沿热点方向,可以看出情感化设计的研究对象从计算机视觉特征逐渐向用户本身转移,交互方式也在从传统单一的交互方式向多通道的自然交互方式转移。

聚类#5——设计评估共包含18个成员,主要包含 Model(模型)、Usability(可用性)、Satisfaction(满意度)、Aesthetics(美学)、Quality(质量)和 judgments(判断)等关键词。在高频词中,多数词属于情感化设计研究体系中的设计评估标准,例如美学性、舒适性、用户满意度和物理质量等。结合高频关键词的特征,可以将聚类5的研究热点概括成:利用具体量化评估指标的方法,统计分析消费者对产品特性的情感偏好和反应,从而调整设计细节或者确定和评估新的设计方案。

为了进一步研究情感化设计研究的前沿主题和发展趋势,分别对关键词的平均出现时间进行统计分析,并叠加在原有的聚类图中,见图5。从图5中5个聚类所概括的研究热点可以发现,聚类#4——人机多通道交互中的关键词整体时间距离现在最近,是当前情感化设计研究的前沿主题;其次,聚类#2——情感计算也是当前情感化设计研究重点关注的研究方向;聚类#3——情感与体验设计整体的平均出现时间在2010年之前,是该学科早期研究的热点。整个聚类网络中,平均出现时间晚于2016年之后的关键词主要有 Big Data(大数据)、Facial Expression(面部表情)、Physiological signals(生理信号)、Acceptance(接受度)、Perception(感知)、Emotion Recognition(情感识别)、Sentiment Analysis(情绪分析)、Loyalty(忠诚)、Attitudes(态度)和 Decision-making(决策)等。为进一步探索及佐证情感化设计研究的前沿发展趋势,研究中综合运用了 CiteSpace 的高密度性突现(Burst Term)图谱,见图6。图6列出了突现强度 Top15 的关键词,其中深色部分表示论文关键词引用频次相对突出的年份,反映了研究的变化趋势。将 Top15 突现关键词按时间排序可以看出,研究热点

出, 情感化设计的未来研究内容依次重点集中在 Affective Computing (情感计算)、System (系统设计)、Personality (个性) 及 Facial Expression (面部表情) 等, 在研究趋势上呈现出研究内容精细化, 更加关注于用户个性化, 差异化情绪的识别与表达以创造更加良好的用户体验, 此外该领域早期的一些研究内容, 如用户感知的获取 (Emotion Recognition) 与识别依然是未来研究的重点。

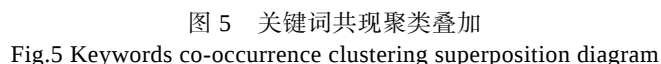


图 6 关键词 Burst Term
Fig.6 Keywords Burst Term

2.5 情感化设计研究的理论基础

据统计,检索范围内的 775 篇文献共引用了 4 058 位学者的 19 353 条有效参考文献。由于一些参考文献被成对引用而形成了共被引关系,整个参考文献集合则形成了共被引网络。共被引网络显示了情感化设计研究在基础知识层面的演化过程。提取 1996—2020 年中被引频次不低于 5 的参考文献构建共被引网络,通过 LLR 文本挖掘算法,生成由 310 条参考文献和 8 292 条共被引关系组成的文献共被引聚类,见图 7。聚类网络中显示了被引频次不小于 5 的文献作者与发表时间,众多节点形成了 3 个主要聚类: # 1 (蓝色)——以诺曼(NORMAN D A)教授的三层次理论为代表的情感化设计; # 2 (红色)——以美国麻省理工学院 PICARD R W 教授为代表的情感计算; # 3 (绿色)——以日本广岛大学长町三生(MITSUO N)教授为代表的感性工学。各聚类均被引前 5 的经典文献见表 2,反映了每个聚类中均被引排名前 5 的经典

文献,这 3 个聚类所包含的文献构成了情感化设计研究最主要的知识基础,形成了 3 种主流的理论体系并串联起大部分的研究内容。

聚类 # 1 中,以美国认知心理学专家诺曼(NORMAN D A)于 2004 年出版的《Emotional Design》一书为中心形成了较为庞大的共被引网络,该书被认为是情感化设计研究的经典著作,在 Google Scholar 被引达到 7 686 次(截至 2020 年 9 月)。在《Emotional Design》一书中,诺曼教授以本能层、行为层和反思层 3 个不同维度为基础,阐述了情感在设计中所处的重要地位,并强调了设计应该注重用户的这 3 个维度上的体验^[15]。此外,该聚类中其余引起广泛关注的还有 JORDAN P W 于 2000 年出版的《Designing Pleasurable Products》^[16]一书,概述了一种新的研究人为因素多样性的方法,该方法基于一种认识,即人与产品之间关系的质量不仅取决于产品的可用性,还会受到产品所带来的愉悦或不快这些情感

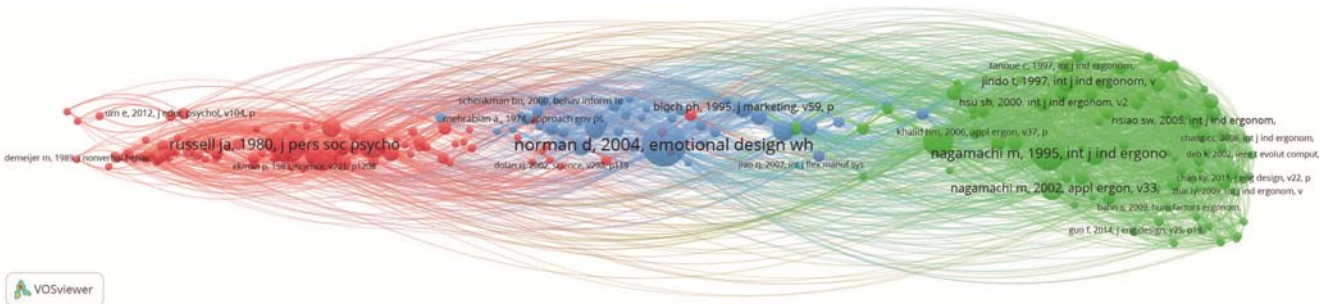


图 7 参考文献共被引聚类网络
Fig.7 Reference co-citation clustering network

表 2 各聚类均被引前 5 的经典文
Tab.2 All the clusters are cited in the top 5 classical literatures

文献名称	所属聚类	发表时间	总连线强度	总被引
A Circumplex Model of Affect	# 1	1980	419	75
Affective Computing	# 1	1997	317	69
Measuring Emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential	# 1	1994	290	54
An Argument for Basic Emotions	# 1	1992	190	28
Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The Panas Scales.	# 1	1988	159	26
Kansei Engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development	# 2	1995	692	65
The Measurement of Meaning	# 2	1957	518	57
Kansei Engineering As a Powerful Consumer-Oriented Technology for Product Development	# 2	2002	344	37
A Kansei Mining System for Affective Design	# 2	2006	396	30
Application Studies to Car Interior of Kansei Engineering	# 2	1997	287	28
Emotional Design	# 3	2004	381	59
Designing Pleasurable Products	# 3	2002	246	33
Core affect and the psychological construction of emotion.	# 3	2003	301	29
Seeking the Ideal Form: Product Design and Consumer Response	# 3	1995	270	26
Framework of Product Experience	# 3	2007	191	25

因素的影响。学者 BLOCH P H 于 1995 年发表在《Journal of Marketing》的文章也引起了广泛关注, 该文引入了概念模型和命题来描述产品的形式是如何与消费者的心理和行为反应相联系的^[17]; 其次是代尔夫特理工大学 DESMET P 和 HEKKERT P 等于 2007 年发表在《International Journal of Design》的文章, 其中讨论了产品体验的 3 个不同层次, 包括审美体验、意义体验和情感体验, 并提出了一个建立在不同类型的情感产品体验基础上的一般框架, 用以解释产品体验的个性化和层次性^[18]; 此外, CRILLY N 等^[19]在 2004 年发表的文章也具有较高引用量, 文章在一个完整的概念框架下讨论了消费者对产品视觉形式(审美、语义和符号)的认知反应, 以及设计团队和消费者沟通过程中每个阶段的缓和影响。

聚类 #2 中, 以加拿大 RUSSELL J A 教授于 1980 年发表的《A Circumplex Model of Affect》一文被引频次最高(75 次), 位于共被引网络的中心位置。RUSSELL J A 认为, 不同情感之间的相互关系可以用一个空间模型来表示, 在这个模型中情感概念按快乐(0°)、兴奋(45°)、觉醒(90°)、痛苦(135°)、不愉快(180°)、抑郁(225°)、困倦(270°)和放松(315°)的顺序呈圈状排列。该模型可用于为心理学家提供表示和评估情感维度相互关联的表达方式, 以及外行人在概念化情感时使用的认知结构的表达方式^[12]。此外, 该聚类中被引频次较高的还有 PICARD R W 教授于 1997 年出版的专著《Affective Computing》, 其确立了情感计算的研究范式, 使其正式成为现代计算机科学的分支。该书的第一部分提出并讨论“情感计算”的主要框架, 包括人类情感的背景、高情商计算机的要求、情感计算的应用, 以及该技术提出的道德和社会问题。第 2 部分讨论了情感计算设计与构造模型, 包括情感信号的获取、情感状态的识别、情感模型的建立, 以及情感可穿戴计算机的新应用领域^[20]。其余高被引文献有 BRADLEY M M 等在 1994 年发表于《Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry》的文章, 其介绍了自我评估人体模型(SAM), 该模型是一种非语言的图像评估技术, 它可以直接测量一个人对各种刺激的情感反应相关的愉悦感、兴奋感和控制力, 并将其与其他情绪反应指标相关联, 用于评估刺激的情感反应而导致的变化^[21]。DAVID W 等在 1988 年发表于《Journal of Personality and Social Psychology》的文章, 其开发了 2 个由 10 个项目构成的情感量表, 包括积极和消极 2 个维度(PANAS), 该量表提供了标准数据、量表的收敛效度, 以及区分效度的阶乘和外证证据, 作为一种可靠、简单、有效的方法来测量情绪因素的这 2 个重要维度^[22]。PICARD R W 教授于 2001 年发表的《Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State》一文中提出, 机器智能应该包括情商技能, 这

是一种思维的转变, 将机器智能作为一种主要的数学、语言和感知能力, 并且提供了一种从生理学分类情感的高识别率识别算法^[23]。

聚类 #3 中, 以日本长町三生教授发表于 1995 年的《Kansei Engineering: a New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development》一文为代表性文章, 该文将感性工学技术分为 3 类: 第 1 类是对新产品的设计要素进行分类以获得具体的方法; 第 2 类是利用现有的计算机技术, 如专家系统、神经网络模型和遗传算法, 从而将消费者的感受和意向传递到设计细节; 第 3 类是通过数学结构模型的建立来获得具体的人机工程的结论^[9]。该文可谓影响深远, 确立了感性工学的研究范式并吸引了众多的追随者, 对感性工学在学术界及产业界的普及具有重大意义。该聚类中比较关键的还有美国学者 OSGOOD C E 等的著作《The Measurement of Meaning》, 该书首次提出了语义差异法。语义差异法通过学习对象的语义, 将用户的感知反映在 Likert 量表上, 然后再运用统计学的方法再分析语义差异其客观规律。可以用于包括态度、人格评估、心理治疗的效果、文化和语言意义的差异, 以及信息在大众传播中的影响等方面, 因此被广泛应用在感性工学及相关研究中^[24]。聚类网络中被引排名第 3 的是长町三生教授 2002 年发表于《Applied Ergonomics》上的文章, 其论述了感性工学近 20 年的发展, 提出虚拟感性工程学(VIKE)和协同感性设计系统等新概念, 并通过具体设计案例介绍了感性工学的新的应用领域, 如汽车、服装、建筑产品及社区设计等^[25]。排名第 4 的是 JIAN X 等发表于 2006 年的《A Kansei Mining System for Affective Design》一文, 其利用客户对已有感性设计印象中潜在的有价值的情感信息, 开发了一个感性挖掘系统, 详细讨论了该系统的体系结构和实现问题, 并具体介绍了其在手机情感设计中的应用^[26]。排名第 5 的是 TOMIO J 等 1997 年发表于《International Journal of Industrial Ergonomics》的文章, 该文以感性工学在汽车内饰设计中的应用为例, 介绍了轿车内饰的造型或设计规范的研究, 具体列举了轿车速度计和方向盘设计方面的应用。研究人员通过收集关于印象与造型特征之间关系的结果, 再将评价关系结果量化, 以了解创造理想造型意向的条件并应用于设计^[27]。该聚类中的高被引文献对感性工学研究方法的发展与完善, 具有较大的借鉴意义与推动作用, 为后续的研究带来了诸多启示。

3 结语

情感化设计研究在时序论文产出上总体呈上升趋势, 但增长态势缓慢。在 24 年的发展过程中, 高产的国家/地区、机构及学者并不多, 且研究合作也

多以机构内合作为主,呈零散分布。通过关键词聚类研究可以发现,情感化设计在研究内容上非常全面、多元,主要可以划分为五大类,分别为#1 感性工学、#2 情感计算、#3 情感与体验设计、#4 人机多通道交互和#5 设计评估。这些聚类共同组成了情感化设计的研究热点领域及主题,既包括有形产品的造型、色彩特征,也包含了无形的交互、体验和服务过程,并体现出“以用户为中心”的特征,强调人的主观感受。从时间—关键词聚类及 Burst Term 2 个维度得出情感化设计的未来研究热点为 Affective Computing (情感计算)、System (系统设计) 及 Facial Expression (面部表情) 等内容,并且更加关注于用户个性化、差异化情绪的识别与表达。分析参考文献共被引网络可以发现,情感化设计研究已相对成熟,在漫长的发展过程中,情感化设计汲取了大量跨学科领域的文献知识,已产生一批经典文献并形成了 3 种主流的理论体系。研究方法既包括抽象的、心理学层面上的方法论研究,也包括以感性工学和情感计算等人因、工程技术方面的理论研究。三层次理论、感性工学和情感计算作为情感化设计中的重要研究方法和范式,对情感化设计研究的产生与发展起到重要的推动作用。

参考文献:

- [1] 罗仕鉴, 潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007(3): 8-13.
LUO Shi-jian, PAN Yun-he. Research Progress of Perceptual Image Theory, Technology and Application in Product Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2007(3): 8-13.
- [2] 李砚祖. 设计新理念:感性工学[J]. 新美术, 2003(4): 20-25.
LI Yan-zu. New Design Concept: Kansei Engineering[J]. New Fine Arts, 2003(4): 20-25.
- [3] CHALCRAFT A. Encyclopedia of Library and Information Science (2nd edition)[J]. Reference Reviews, 2004, 18(7): 8-9.
- [4] VANECK N J, WALTMAN L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping[J]. Scientometrics, 2010, 84(2): 523-538.
- [5] CHEN C. 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.
- [6] LI H. Evolutionary Features of Academic Articles Co-keyword Network and Keywords Co-occurrence Network: Based on Two-mode Affiliation Network[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2016, 450: 657-669.
- [7] LÉVY P D. Beyond Kansei Engineering : the Emancipation of Kansei Design[J]. International Journal of Design, 2013, 7(2): 83-94.
- [8] 李勇, 梁春慧, 柳小龙. 中日感性工学研究现状及启示[J]. 装饰, 2016(6): 92-95.
- LI Yong, LIANG Chun-hui, LIU Xiao-long. Research Status and Enlightenment of Kansei Engineering in China and Japan[J]. Art and Design, 2016(6): 92-95.
- [9] NAGAMACHI M. Kansei Engineering: A New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 3-11.
- [10] NAGAMACHI M. Kansei Engineering as a Powerful Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. Applied Ergonomics, 2002, 33(3): 289-294.
- [11] PICARD R W. Affective Computing[N]. MIT Technical Repor, 1995-08-29(321).
- [12] RUSSELL J A. A Circumplex Model of Affect[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1980, 39(6): 1161-1178.
- [13] PICARD R W. Affective Computing: Challenges[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2003, 59(12): 55-64.
- [14] TAO J, TAN T. Affective Computing: a Review[C]. Berlin:Lecture Notes in Computer Science, 2005.
- [15] DONALD A N. Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things[M]. Berkeley: Basic Civitas Books, 2004.
- [16] JORDAN P W. Designing Pleasurable Products an Introduction to the New Human Factors[M]. London: Taylor & Francis, 2003.
- [17] BLOCH P H. Seeking the Ideal Form: Product Design and Consumer Response[J]. Journal of Marketing, 1995, 59(3): 16-29.
- [18] PAUL H, DESMET P. Framework of Product Experience [J]. International Journal of Design, 2007, 1(1): 13-23.
- [19] CRILLY N, MOULTRIE J, CLARKSON P J. Seeing Things: Consumer Response to the Visual Domain in Product Design[J]. Design Studies, 2004, 25(6): 547-577.
- [20] PICARD R W. Affective Computing[M]. London: MIT Press, 1997.
- [21] BRADLEY, M.M., LANG P J. Measuring Emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential[J]. J Behav Ther Exp Psychiatry, 1994, 25(1):49-59.
- [22] WATSON D, CLARK L A, TELLEGEN A. Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: the PANAS Scales[J]. J Pers Soc Psychol, 1988, 54(6): 1063-70.
- [23] PICARD R W, VYZAS E, HEALEY J. Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23(10): 1175-1191.
- [24] OSGOOD C E, SUCI G J. The Measurement of Meaning[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1957.
- [25] NAGAMACHI M. Kansei Engineering as a Powerful Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. Appl Ergon, 2002, 33(3): 289-94.
- [26] JIAO J Y, ZHANG M H. A Kansei Mining System for Affective Design[J]. Expert Systems with Applications, 2006, 30(4): 658-673.
- [27] JINDO T, HIRASAGO K. Application Studies to Car Interior of Kansei Engineering. International[J]. Journal of Industrial Ergonomics, 1997, 19(2): 105-114.