

用户感性认知与产品感性设计方法及应用

甘艳¹, 纪璿芮², 师宇哲¹, 刘心雄¹

(1.华中科技大学, 武汉 430074; 2.大连海洋大学, 大连 116023)

摘要: **目的** 梳理用户感性认知测量及其设计应用, 提出人工智能驱动的产品感性设计方法, 并以验光仪设计验证其有效性。**方法** 分析国内外文献, 归纳总结用户感性认知测量及应用方法, 通过验光仪设计验证所提出的产品感性设计方法。**结果** 人工智能驱动的产品感性设计方法能提升设计效率, 更好地满足用户感性需求。**结论** 用户感性认知测量能转化为设计规范, 并能为产品设计提供有效指导。随着计算机科学的发展, 针对传统用户感性认知测量中样本采集量较少、测量不够全面等问题, 提出了人工智能驱动的产品感性设计方法, 并以验光仪的设计验证了其有效性。研究表明, 通过文本挖掘提取用户感性认知能引导设计师更加全面地了解用户感性需求, 从而使设计出的产品更贴近用户的预期满意度。人工智能与人类智慧相结合的感性设计方法是一种能提高用户对产品的心理接受度, 从而提升产品竞争力的设计方法。

关键词: 感性认知; 感性设计方法; 人工智能; 验光仪设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0022-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.004

Method and Application of User Kansei Perception and Product Kansei Design

GAN Yan¹, JI Ying-rui², SHI Yu-zhe¹, LIU Xin-xiong¹

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

ABSTRACT: The work aims to sort out the user perception measuring approach and its design application, propose an artificial intelligence-driven Kansei design method, and verify its availability by optometry instrument design. The main research approach of user perception measurement and design application were summarized by analyzing literatures at home and abroad. The proposal of product Kansei design method was verified by optometry instrument design. The artificial intelligence-driven Kansei engineering design method can improve design efficiency and meet the users' Kansei needs closely. The measurement of user perception can be transformed into design specifications for effective design guidance. With the development of computer science, to solve the problems of the small amount of sample collection in traditional Kansei evaluation and the insufficient evaluation range, the artificial intelligent-driven Kansei design method is proposed, the experimental design practice of optometry instrument designs are conducted to verify its availability. The research results show that obtaining user perceptual information by text mining can guide designers to understand the user's perceptual needs more comprehensively, which can guide designer to design the user expected satisfactory product. The Kansei design method that integrates artificial intelligence and human intelligence is a design method which can raise user psychological acceptance and enhance product competitiveness.

KEY WORDS: Kansei perception; Kansei design method; artificial intelligence; optometry instrument design

收稿日期: 2020-08-10

基金项目: 上海交通大学机械系统与振动国家重点实验室课题项目 (MSV202014); 中央高校基本科研项目 (HUST: 2172020kfyXJJS014)

作者简介: 甘艳 (1983—), 女, 四川人, 博士, 华中科技大学讲师, 主要研究方向为感性工学和产品创新设计思维。

通信作者: 刘心雄 (1966—), 男, 湖北人, 硕士, 华中科技大学教授、博士生导师, 主要研究方向为并行工程和全生命周期的产品设计。

在现代设计中用户对产品的感性认知结果可以转化为设计信息并形成设计规范,设计师在这些设计规范的引导下能设计出满足用户感性需求的产品,从而提升产品的竞争力。对用户感性认知研究和应用最广泛的学科是感性工学。通过对感性工学中用户感性认知测量方法及设计应用的研究,提出人工智能驱动的产品感性设计方法,并以验光仪的设计为例验证其有效性。

1 感性工学中的用户感性认知

日本学者长町三生教授从 1970 年初开始研究感性工学,并在 1974 年发表了第一篇感性工学方面的论文^[1]。感性工学与传统的工程学相比,其最具差异性的研究在于对用户的“感性”研究,长町三生教授认为感性是一种利用视觉、听觉、感觉、嗅觉、味觉、识别和平衡等感觉从某种人工制品或环境中获得的个人主观印象^[2]。因此感性工学也被称为“感觉工程”或“情感可用性”^[3],其主旨在于量化用户心理感觉,并将其转化为可被感知的设计要素,是将人类工效学知识转化为可被理解的设计特征,是将用户感受转化成设计规范的技术^[4]。感性工学在这个过程中借助心理学、人体工学、医学或工程学的方法进行计算,是将感性认知转化为设计参数和规范的学科,更是为了提升人们追求快乐和生活中的情感满足的一门科学^[4]。

感性工学中的用户感性认知及设计应用包括以下三个步骤:首先确定目标用户群;其次明确目标用户群想要的和需要的是什么,以及什么是他们对产品的感性认知;最后设计师应该知道如何测量与分析用户的感性认知,并通过统计学或心理学等方法进行计算并转化为设计领域中可用的参数^[4]。通过对国内外感性工学研究概况的综述,详细地梳理用户感性认知测量方法及感性设计方法。结合工业设计发展趋势提出人工智能驱动的产品感性设计方法,包括两个研究目的:(1)整理用户感性认知研究现状;(2)结合计算机科学和用户感性认知特征,提出能满足用户心理需求的高效率设计方法,并以此提升产品竞争力。

2 用户感性认知测量及设计应用

用户感性认知的研究经过五十年的发展,在很多技术层面上已经取得了较为成熟的发展,并在很多领域进行了成功的应用。以下为从感性认知的测量方法和设计应用方法两个方面进行的文献综述。

2.1 用户感性认知测量

要获得用户对产品的感性认知数据,最常用的方法首先是识别和测量感性属性,然后让用户对这些感性属性的感受进行评价,主要可分为三种评价方法。

2.1.1 主观测量法

主观评价法主要采用调查问卷或客户访谈的形式,其中常用的方法有语义差异法(SD)^[5]、客户访谈法^[6-7]、焦点小组访谈法(FGI)^[8]和问卷调查法^[9]。例如 Trujillo 等人通过语义差异法与焦点小组访谈法的结合,识别了用户评估空间背后的情感和情感因素^[10]。Kim 等人通过用户对使用圆珠笔的评分,结合质量屋(HOQ)找到了获取圆珠笔满意度的感性属性^[11]。然而主观调查法和访谈法存在耗时长、费用较为昂贵和感性词汇评价不确定的问题^[12-13]。

2.1.2 生物信号测量法

生物信号测量法通过测量与收集各种人体生理信号来推测用户的感知信息,常用的方法有眼动追踪测量^[14]、红外光谱分析(NIRS)^[15]和功能磁共振成像(fMRI)^[16]。例如 Guo 等人通过相关电位的 N400 展开了语义冲突和视觉刺激材料的研究,有效地识别了感性单词,评价了产品设计特征^[12]。Shi 等人通过功能磁共振成像(fMRI)获取了大脑感性响应数据集,提出了感性建模方法^[16]。虽然测量生物信号能较准确地测量用户感知,但是该方法存在样本量小、受试对象少、成本高、耗时长等问题。

2.1.3 计算机科学算法

通过计算机科学收集并分析用户感性认知数据。近年来在线购物所带来的在线用户评论的剧增,使得文本挖掘下的用户感知获取成为研究热点。其中常用的方法有自然语言学习(NLP)和卷积神经网络(CNN)等计算机算法。例如 Su 等人提出了基于 CNN 的产品感性标签架构^[17];Jiao 和 Qu 提出了一种基于 NLP 的感性知识提取方法^[18];Kim 等人通过文本挖掘技术和自组织图(SOM)的聚类分析收集和分析了用户的在线评论,从而确定了最终用户的情感体验^[8];Martínez 通过视觉、味觉、触觉、嗅觉和听觉五种感官从专家组获取了用于感官评价的知识,利用语言二元表征模型提出了一种基于语言决策分析的感官评价模型^[19-21]。该方法最大的优势在于能从大量的样本数据中提取出较为全面的用户感性认知。

2.2 用户感性认知设计应用

设计师除了要测量用户感性认知以外,还需要将测量结果转化为设计信息,并将其应用到产品设计中,主要采用的方法是感性特征的提取和产品物理属性相映射的设计方法。例如 Akgül 等人结合了感性数据挖掘和成本多类别决策理论粗糙集(DTRS),通过关联规则提出了感性产品设计的方法^[22];Tsai 等人通过灰色理论(GT)、神经网络(CNN)和遗传算法(GA)在产品配色方案 and 用户情感图像之间建立了关联模型,开发了计算机辅助的产品色彩设计系统^[23];Wu 和 Kang 通过灰色关联分析(GRA)中的模糊逻辑子

模型提出了基于感性的优化产品形象设计的综合决策系统^[24]；Kang 等人应用模糊加权关联规则挖掘方法（FWARM）提取了客户满意度与产品形态特征之间的重要关联，从而为企业的业务决策提供了特定的参数准则^[25]。这些感性认知与设计方法的关联能为设计师提供有效的设计引导，让设计更加符合用户预期。

通过文献综述，得出用户感性认知的测量从最早期的主观评价，到人体生物信号的测量，再到现阶段的计算机科学的计算，其发展趋势为以更精准、全面地测量用户感性认知为目标，并通过多种途径将设计参数和规范进行转化，为设计的展开提供了科学指引。尤其是感性认知测量结果与人工智能技术的结合，提高了用户的感性测量计算及设计应用方法的效率，能更客观地贴合用户感性需求，提升用户的满意度，从而增加产品的竞争力。

3 人工智能驱动的产品感性设计方法

人工智能驱动的产品感性设计方法流程是通过人工智能和人类智慧相结合的产品设计方法，以用户感性认知为基础，展开满足用户感性需求的设计。具体的设计流程如下：（1）目标产品及用户群确定；（2）用户感性认知数据收集，可通过用户评论、文献资料、图像资料等途径收集；（3）用户感性认知信息的统计、分类和感性特征筛选，采用的方法包括文本挖掘的自然语言学习（NLP）和计算机词计算（CWW）等；（4）感性特征与产品属性关系映射，找到与产品物理属性对应的感性特征，形成设计方向引导；（5）感性需求满足下的设计实现，其中包括设计师思维的展开和计算机介入的辅助计算与设计实

现，如遗传算法（GA）、深度卷积对抗网络（DCGAN）、Pro/Engineer 辅助设计等；（6）设计方案评价及预测，方法包括优劣解距离法（TOPSIS）、层次分析法（AHP）、贝叶斯网络等；（7）设计方案优化及确定，并将信息反馈到开始层级以更新感性知识。通过这七步设计流程，能紧扣用户感性认知，并将其转化为用户心理需求，从而更能提高用户对设计作品的满意度。这个设计过程中多次采用了人工智能计算方法，有效地提高了设计效率。人工智能驱动的产品感性设计方法流程见图 1。

4 验光仪设计验证

本研究依托华中科技大学无锡研究院提供的项目支持进行医疗器械中的验光仪设计研究，验证人工智能驱动的产品感性设计方法。所用的验光仪以针对现在青少年用眼不科学的问题为设计背景，这类人群视力健康隐患呈现上升状态，需要定期进行视力健康检查，但由于青少年学习任务繁重，所以又面临就医时间或地点困难的问题，这使得他们没法定期进行视力健康检查，因此导致越来越多的青少年视力下降甚至患上眼部疾病。基于这样的设计背景，本次研究设计出了一款与传统验光不同的产品。与传统的需要医生辅助的验光过程不同，该验光仪放置在学校或公共场所，青少年只需要通过器械语音和屏幕提示就能自主完成验光和视力健康的全过程，因此只需要花费非常少的时间就能有序完成眼睛的健康检测。

4.1 青少年感性偏好分析

为了了解什么样的验光仪才能符合青少年的偏好，因此研究前期就要获取青少年对该产品的偏好意

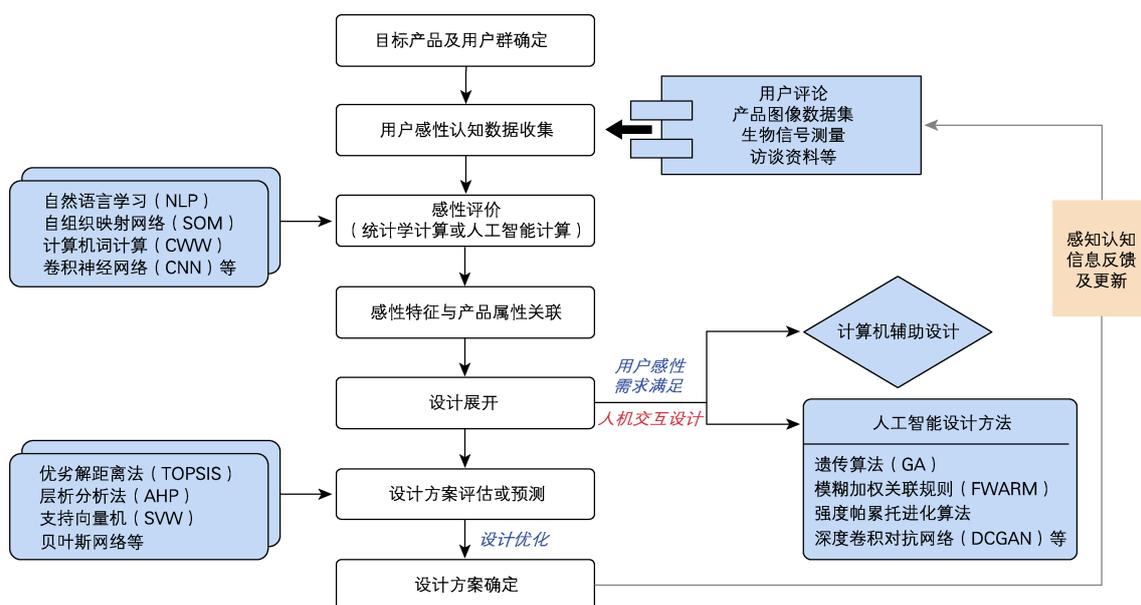


图 1 人工智能驱动的产品感性设计方法流程

Fig.1 Design process of artificial intelligence-driven Kansei design method

向,但由于验光仪属于医疗器械,所以通过调查问卷或者实际使用评分的方式能获取的数据较少。为了更广泛、准确地了解什么样的产品能吸引青少年使用,通过心理学的心理特征迁移法将调查对象扩展到青少年常用产品中,提取常用产品的感性认知信息,结合专家意见获取他们对验光仪产品的偏好。针对青少年密切相关的产品进行认知数据的挖掘,其中包括笔记本电脑和自行车等能切实反应青少年心理偏好的产品类型,通过这些产品的用户在线评论,获取和筛选青少年对验光仪的感性偏好,具体的实验过程如下。

用户评论的文本来自淘宝网,采用的编程语言是 Python3.6。为了保护用户隐私,对获取的数据进行脱敏处理:包括对用户账户名称信息的变形;将发布评论时间进行时间段取整化处理;将评论中的人名和地名删除。用户评论爬取的过程:获取目标网址,并通过浏览器发出请求,使用对应 URL 和 Cookie 值,指定 Header 来查看评论;通过 re 模块实现正则表达,检查一个字符串是否与某种模式匹配,解析网页信息,在查看页面中发现每页评论有二十条,因此循环页面进行多页访问,并将其存入 txt 文件备用;主要针对自行车、平衡车、电动车和笔记本电脑的用户评论进行评论爬取,每一项评论量的爬取都在四千条左右,对爬取到的关键词进行清洗,并对表示“用户感觉”和“产品属性”的词汇分类,以列表形式读取之前有效信息文件,将其转化为字符串,进行切片处理,使用 for 循环进行词频统计;最后去除屏蔽词,留下有效词语。使用第三方 WordCloud 库进行文本可视化,将文本中词语出现的频率作为权重绘制词云图,通过 OpenCV 的 imread 读取并显示词云图片,最终得到表示“用户感觉”和“产品属性”的词汇云,见图 2。

通过“用户感觉”词云,了解到青少年的感性偏好分布较广,为了选取最为重要的感性认知偏好,以词汇出现频率中的第三四分位数(Q3)为重要偏好临界值,结合专家(设计师及眼科医生)的意见再次筛选,将最终筛选出的十个感性词汇作为青少年对普遍产品的感性偏好,包括“信任的”、“愉快的”、“好玩的”、“酷炫的”、“稳重的”、“大气的”、“可爱的”、

“高端的”、“舒服的”和“聪明的”的词语。同时归纳总结“产品属性”词云,得出用户最关注的为产品的外观和性能,其次是价格和服务,对于产品的颜色、材质和声音的关注较少。“用户感觉”和“产品属性”的文本挖掘结果将作为设计指导,在设计展开中引导设计师,使他们明确现阶段青少年群体对验光仪的感性偏好和需求,以便明确设计目标进而展开设计。

4.2 设计展开过程

验光仪的结构主要包括视力测试的机头、机身的支撑和底座三部分。机头部分主要由固定头部的下巴托、进行眼睛检测的摄像头、侧面及背面的操作屏、扩音喇叭及打印机组成。选择三名具有丰富经验的工业设计专业学生(郭珏,李窃,张笑雪)参与设计工作。除了让他们深入地了解验光仪结构与构造以外,还要将以上十个最为重要的青少年对产品的感性偏好、产品物理属性和外界因素影响的重要程度作为设计指导告诉他们,让他们进行与感性需求和设计要点相匹配的设计展开。通过两个星期的反复讨论、模拟、方案深入和计算机辅助设计,最后呈现出了三个设计方案,见图 3。方案 1 紧紧围绕“酷炫的”和“高端的”的感性偏好进行设计展开;方案 2 围绕“信任的”和“稳重的”的感性偏好进行设计展开;方案 3 围绕“好玩的”的感性偏好进行设计展开。这三位工业设计专业学生都主要通过外观形态和颜色来呈现感性特征。

4.3 设计评价

4.3.1 数据预处理

在三个设计方案的评价中,使用 TOPSIS 方法^[26-27]评价设计方案的相对优劣,其中三种方案记为 $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ 。为了进行定量分析,通过咨询五名专家的意见^[28]确定了用于描述用户使用产品主观感受的属性 $w \in R^{1 \times 10}$,并且通过评论区收集统计“用户感觉”对应词汇出现频率的方法确定了属性的权重 w_i :

$$w_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{10} f_i} \quad (1)$$

其中,记属性 i 在产品评论区的出现次数为 f_i ,权重 w_i 为出现次数的归一化数。用于描述用户主观感受的属性及其权重见表 1。



图 2 表示“用户感觉”和“产品属性”的词云
Fig.2 Word cloud representing “user perception” and “product attributes”



图3 三个验光仪设计方案
Fig.3 Three design schemes of optometry instrument

表1 用于描述用户主观感受的属性及其权重
Tab.1 Attributes with weight representing subjective feelings from the users

属性	信任的	愉快的	好玩的	酷炫的	稳重的	大气的	可爱的	高端的	舒服的	聪明的
词频	1822	784	669	420	338	261	253	247	241	227
权重	0.346	0.149	0.127	0.080	0.064	0.050	0.048	0.047	0.046	0.043

采用李克特量表请三十名不同专业背景人士(二十一名青少年学生、四名医生和五名设计师)对三种评价方案的总体喜好度及十个属性打分。出于简洁性的考虑,用数字 1~10 分别依次代指这十种属性(1分非常差,2分差,3分一般,4分好,5分非常好)。并带入公式(1)对分数进行归一化,分别得到三种评价方案的每一个属性值。需要注意的是,由于十个维度的数据绝对值均与评价尺度同向,即均为绝对值越大越好,所以无需进行指标同向化处理,直接构造原始数据矩阵:

$$X = [x_1; x_2; x_3] \in R^{3 \times 10} \quad (2)$$

矩阵的元素 x_{ij} 代表第 i 个方案的第 j 个属性值。在对矩阵进行加权之前,规范矩阵的列向量:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^3 x_{ij}^2}} \quad (3)$$

其中, z_{ij} 为规范矩阵 Z 的元素,这里使用 $L2$ 范数。从 Z 的每一列中分别取出最大值(红色数字)和最小值(蓝色数字),得到当前数据分布下的相对最

优解 Z_+ 和相对最劣解 Z_- 。通过原始数据构造的规范矩阵 Z 见表 2。

4.3.2 方案评价

三个方案总体喜好度的均值均接近 4 分,说明被试对象能对三款验光仪产生积极的接受度。接下来分别计算三种方案与相对最优解和相对最劣解的距离 $Dist(z_i, Z)$,度量方式为欧几里得距离($L2$ 空间内):

$$Dist(z_i, Z_+) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} w_i (z_i - Z_+)^2} \quad (4)$$

$$Dist(z_i, Z_-) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} w_i (z_i - Z_-)^2} \quad (5)$$

其中,(4)和(5)两个公式分别计算的是方案 i 与相对最优方案和相对最劣方案的距离。最终,计算每种方案与最优方案的贴近程度 C_i :

$$C_i = \frac{Dist(z_i, Z_-)}{Dist(z_i, Z_+) + Dist(z_i, Z_-)} \quad (6)$$

由公式(6)可以看出, C_i 是介于 0 与 1 之间的值, C_i 越接近 1,则方案越接近相对最优方案,反之则越接近相对最劣方案。TOPSIS 方法最终运行结果见表 3。

表2 通过原始数据构造的规范矩阵 Z
Tab.2 Normalized matrix Z transformed from original data matrix

属性 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	0.562	0.562	0.618	0.645	0.520	0.560	0.502	0.642	0.516	0.629
z_2	0.598	0.581	0.537	0.561	0.614	0.602	0.536	0.562	0.621	0.537
z_3	0.572	0.588	0.574	0.519	0.594	0.570	0.679	0.521	0.590	0.562

表 3 TOPSIS 方法最终运行结果
Tab.3 Final output of TOPSIS evaluation

方案	方案 1	方案 2	方案 3
与最优方案距离	0.057	0.055	0.052
与最劣方案距离	0.056	0.044	0.049
与最优方案贴合程度	0.497	0.445	0.484

通过对 C_i 进行排序, 计算出最接近最优方案的是方案 1, 其次是方案 3, 而最接近最劣方案的是方案 2。因此选定方案 1 为最终方案, 并将设计结果反馈, 更新青少年产品的感性需求, 开启新一轮的设计过程。

通过验光仪的设计, 验证了人工智能驱动的产品感性设计方法的可行性和有效性, 通过大数据文本挖掘汇总并提取了用户感性偏好和需求, 并将其作为设计指导引导设计师开展用户感性需求满足的设计, 最后通过李克特量表问卷得出了设计方案的积极接受度, 并比较了设计方案的优劣, 选取了最符合用户心理感性预期的设计方案。该设计流程是设计师及计算机共同参与的人机交互设计过程, 提升了设计效率。

5 结语

本文研究了用户感性认知及产品感性设计方法, 提出了人工智能驱动的产品感性设计方法, 并通过验光仪的设计进行了验证, 得出该设计方法是可行有效的。对比传统的设计方法, 该方法能更广泛地采集用户感知信息, 并更为精准地分类信息, 更好地关联用户的感性需求, 从而形成较为规范的设计指导。设计师还能结合自身经验及计算机辅助设计展开满足用户情感需求的设计, 并通过相关算法模型评价与筛选设计方案。整个设计过程不仅紧紧围绕用户心理需求, 还进行了人机交互的共同创造, 使其最终的设计能获得用户的情感认可, 提升产品的竞争力。综上所述, 满足用户感性需求是现代设计中的一个重要设计方法, 感性工学和人工智能的结合能高效地测量用户感性认知和转化设计信息, 该设计方法是提升产品竞争力的一个重要设计方法。

参考文献:

[1] YAN Hong-bin, HUYNH V H, MURAI T, et al. Kansei Evaluation Based on Prioritized Multi-attribute Fuzzy Target-oriented Decision Analysis[J]. Information Ences an International Journal, 2008, 178(21): 4080-4093.

[2] NAGAMACHI M. Kansei Engineering: a New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 3-11.

[3] GRIMSTH K. Kansei Engineering: Linking Emotions and Product Features[D]. Trondheim: Norwegian Uni-

versity of Science and Technology, 2005.

[4] NAGAMACHI M. Kansei/Affective Engineering[M]. Boca Raton: CRC Press: 2016.

[5] OSGOOD, CHARLES E. The Nature and Measurement of Meaning[J]. Psychological bulletin, 1952, 49(3): 197.

[6] CHOU J R. A Kansei Evaluation Approach Based on the Technique of Computing with Words[J]. Advanced Engineering Informatics, 2016, 30(1): 1-15.

[7] LI Z, TIAN Z G, WANG J W, et al. Dynamic Mapping of Design Elements and Affective Responses: a Machine Learning Based Method for Affective Design[J]. Journal of Engineering Design, 2018, 29(7): 1-23.

[8] KIM W, TAEHOON K, IISUN R, et al. Mining Affective Experience for a Kansei Design Study on a Recliner[J]. Applied Ergonomics, 2019, 74: 145-53.

[9] NUR R C, WIDYO L P, NAGAMACHI M. Factor Analysis of Kansei Words for Female Batik Clothes Using Three Stages Research: Looking, Touching, and Wearing[J]. Advanced Science Letters, 2017, 23(1): 100-103.

[10] TRUJILLO, HIGUERA J L, ANTONI M I, et al. User Evaluation of Neonatology Ward Design[J]. HERD, 2017, 10(2): 23.

[11] KIM K, PROCTOR R W, SALVENDY G. Emotional Factors and Physical Properties of Ballpoint Pens That Affect User Satisfaction: Implications for Pen and Stylus Design[J]. Applied Ergonomics, 2020, 85: 103067.

[12] FU Guo, QU Qing-xing, NAGAMACHI M, et al. A Proposal of the Event-related Potential Method to Effectively Identify Kansei Words for Assessing Product Design Features in Kansei Engineering Research[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2020, 76: 102940.

[13] WANG W M, WANG J W, LI Z, et al. Multiple Affective Attribute Classification of Online Customer Product Reviews: a Heuristic Deep Learning Method for Supporting Kansei Engineering[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2019, 85: 33-45.

[14] QU Qing-Xing, GUO Fu. Can Eye Movements be Effectively Measured to Assess Product Design? Gender Differences Should be Considered[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2019, 72: 281-289.

[15] MARCO F, QUARESIMA V. A Brief Review on the History of Human Functional Near-infrared Spectroscopy (Fnirs) Development and Fields of Application[J]. Neuro Image (Orlando, Fla.), 2012, 63(2): 921-935.

[16] SHI F, DEY N, ASHOUR A S, et al. Meta-Kansei Modeling with Valence-arousal fMRI Dataset of Brain[J]. Cognitive Computation, 2019, 11(2): 227-240.

[17] SU Zhao-jing, YU Sui-huai, CHU Jian-jie, et al. A Novel Architecture: Using Convolutional Neural Networks for Kansei Attributes Automatic Evaluation and Labeling[J]. Advanced Engineering Informatics, 2020, 44: 101055.

(下转第 34 页)