

基于感性工学与知识工程的用户需求认知研究

王伶俐¹, 左亚雪², 胡洁³

(1.武汉设计工程学院, 武汉 430000; 2.山东大学, 济南 250000; 3.上海交通大学, 上海 200240)

摘要: **目的** 提出基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型以促进产品设计领域更好地满足用户需求。**方法** 首先从基本理论、流程、相关技术等角度出发介绍感性工学与知识工程; 然后依据其在产品设计领域具有相似性及互补性, 将两者结合并提出基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型; 最后通过自行车设计案例进行模型应用的简单介绍。**结果** 在基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型中, 知识工程模块能确保设计方案在物理层面满足用户功能需求, 感性工学模块则能确保设计方案在心理层面满足用户感性需求, 因此该模型生成的设计方案能够在物理层面和心理层面同时满足用户需求。**结论** 在产品设计领域, 感性工学与知识工程的结合能更高效、更合理地满足用户需求。

关键词: 感性工学; 知识工程; 用户需求; 产品设计; 认知模型

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0028-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.005

User Needs Cognition Based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering

WANG Ling-yu¹, ZUO Ya-xue², HU Jie³

(1.Wuhan Institute of Design and Sciences, Wuhan 430000, China; 2.Shandong University, Jinan 250000, China;
3.Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a cognitive model of user needs based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering to promote the product design field to meet user needs better. Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering were introduced from the perspectives of basic theory, process and related technologies. Then, on the basis of similarity and complementarity in the field of product design, Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering were combined and a cognitive model of user needs based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering was put forward. Finally, a brief introduction of the model application was given through a bicycle design case. In the cognitive model of user needs based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering, the Knowledge Based Engineering module ensured that the design met user needs at the physical level, while the Kansei Engineering module ensured that the design met user needs at the psychological level, so the design generated by this model could meet user needs at both physical and psychological levels. In the field of product design, the combination of Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering can meet the user needs more efficiently and reasonably.

KEY WORDS: Kansei Engineering; Knowledge Based Engineering; user needs; product design; cognitive model

生活水平的提高, 物质技术的发展, 以及消费者市场的形成, 都对产品设计提出了越来越高的要求。基本功能的满足已不能支撑产品在消费市场中的竞

争, 只有当企业能够实现对市场的快速响应, 又好又快地开发出能同时满足用户物理层面功能需求及心理层面感性需求的产品时, 其在当今的消费市场中才

收稿日期: 2020-09-16

基金项目: 国家社科基金重大项目(17ZDA020); 谢友柏设计科学研究基金(XYB-DS-202001)

作者简介: 王伶俐(1984—), 女, 浙江人, 硕士, 武汉设计工程学院副教授, 主要研究方向为设计形态学、创新设计。

通信作者: 胡洁(1973—), 男, 安徽人, 博士, 上海交通大学教授、博士生导师, 主要研究方向为智能设计、创新设计、设计形态学。

具有竞争优势。因此越来越多的企业开始在产品领域使用感性工学及知识工程以更好地满足用户需求，提高自身竞争力。

1 感性工学

1.1 感性设计

社会对“人”的重视使得感性设计兴起。“感性设计”一词来源于日语，西方人将其音译为 Kansei Design，其更多地关注产品形态或使用体验带给人的感觉。不同用户对于同一产品的感觉很多时候并不会产生较大分歧，因为这种感觉的差异主要来源于产品之间的不同，而不是用户的年龄、性别、知识层次等的不同^[1]。需要注意的是人们通常习惯将“感性设计”等同于“情感设计”，但实际上两者的侧重点并不相同，感性设计更多研究的是产品的“感”，立足于对产品的分析；情感设计则更多研究的是用户的“情”，主要针对用户进行分析。

1.2 感性工学定义

感性工学是感性设计方法的一种，它将感性设计中模糊的感性因素转化为数据，为感性设计提供依据，极大程度上推动了感性设计的发展。关于感性工学的定义，目前并没有一个统一的版本，常见的版本为以下三种：（1）感性工学是通过解析人类的感性，有效结合商品化的技术，在商品诸多特性中实现感性要素的一项技术^[2]；（2）感性工学是将人们对产品抱有的心理印象翻译成具体的产品设计要素并表现的技术^[3]；（3）感性工学是一种以消费者为导向的产品开发技术，它将消费者对于产品所产生的感觉或意象转化为具体的产品设计要素^[4]。虽然不同版本定义的细节不同，但是都传达了同一个信息：感性工学是一种可以实现人类感性与产品设计要素相互转化的技术。

1.3 感性工学设计流程

感性工学区别于其他感性设计方法，其关键在于实验实施及实验实施后实验数据的收集、整理、加工与分析。目前，感性工学设计流程主要分为感性意象获取、模型建立和设计优化三个阶段^[5]。感性工学设计流程见图 1。

感性意象的准确获取是感性工学设计顺利实施的保证，因此在感性意象获取阶段，研究人员首先要确定产品设计域，即设计对象；然后再从商场、杂志、网站等尽可能多的渠道搜集产品样本及感性词汇；并经过进一步筛选处理，建立合适的案例库和相应的感性语义库；最后邀请受试者对案例库中的产品样本进行感性语汇评价，获取受试者的感性意象。在这个阶段，用户感性意象可以直接或间接地被获取。常用的间接意象获取方法为访谈法、问卷法及语义差异法等^[6]；常用的直接意象获取方法则是通过仪器测量用户的

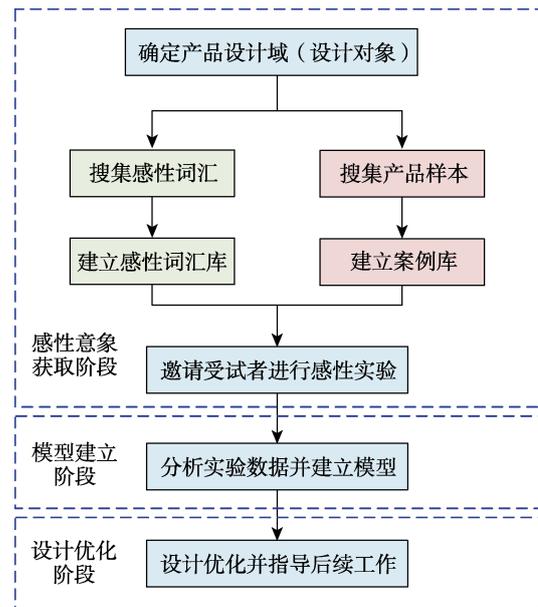


图 1 感性工学设计流程

Fig.1 Design process of Kansei Engineering

脑电信号^[7-8]和眼动信号^[9]等生理指标的变化，进而直接获取用户感性意象^[5]。

模型建立阶段主要是指将在感性意象获取阶段获得的感性意象与产品属性进行关联，建立关联模型。在这个阶段，研究人员采用数理统计方法分析从上一阶段获得的实验数据，根据统计分析结果建立感性意象与产品属性之间的关联模型，常用的模型建立相关技术包括线性处理技术^[10-11]、推理预测相关技术^[12-14]和非线性处理技术^[15-19]等。

模型的建立并不意味着感性工学设计流程的结束，样本数量的不足，以及实验数据分析过程中产生的误差等均会造成感性工学设计结果的不准确。因此感性工学设计流程还需要具备设计优化阶段以不断优化完善关联模型，实现对后期设计工作的指导。在这个阶段，常用的优化方法有遗传算法^[20]、蚁群算法^[21-22]等。

2 知识工程

2.1 知识工程定义

知识工程是产品设计领域中用于支持快速、模块化设计的技术，起源于 20 世纪 80 年代。它通过设计任务的自动化及设计知识的获取、存储和再利用，减少产品开发过程中的时间及成本。知识工程的定义和感性工学的定义一样并没有一个统一的版本，常见的版本包括以下三种：（1）知识工程是以产品模型为基础的计算机系统，它对产品模型相关知识进行存储及处理，是非常重要的产品开发软件工具^[23]；（2）知识工程是一种设计方法学，它将系统知识储存在由工程规则组成的产品模型中，这些工程规则包含几何规则和非几何规则，描述了如何设计、分析和制造产品^[24]；（3）知识工程是一种融合了面向对象编程（Object-Oriented

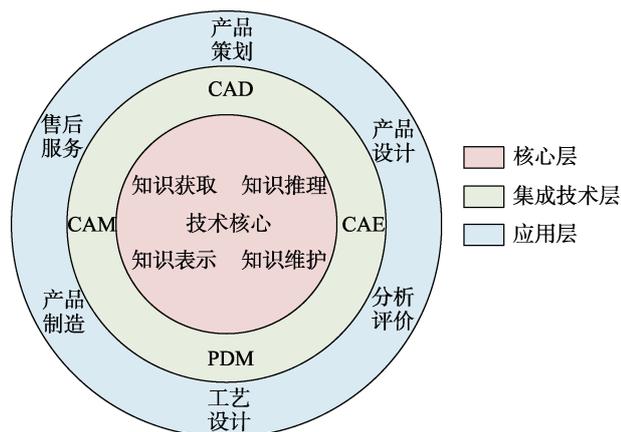
图2 知识工程技术的结构层次^[26]

Fig.2 Structure level of Knowledge Based Engineering technologies

Programming, 简称 OOP)、人工智能 (Artificial Intelligence, 简称 AI)、计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 等技术的工程方法, 有益于实现定制设计或变形设计的自动化。它通过获取产品及产品开发过程的知识信息, 使企业能够建立工程设计过程模型, 然后利用该模型实现产品开发过程的全部或部分自动化^[25]。虽然几个版本的定义各有不同, 但是归纳总结后可以发现: 知识工程利用计算机构建和使用知识系统, 并通过知识表示、知识繁衍、知识推理等工具充分发挥了知识的作用。

2.2 知识工程技术

知识工程技术在层次结构上可以分为三个层次, 从内到外依次为核心层、集成技术层、应用层。核心层主要包括了知识获取、知识推理、知识表示、知识维护等智能技术; 集成技术层主要集成了 CAD、CAM、CAE、PDM 等技术; 应用层则反映了知识工程技术应用于汽车、航空、模具等不同领域时的机制和管理系统, 包括产品策划、产品设计、分析评价、工艺设计等。目前关于知识工程技术的研究主要集中在知识获取、知识表示、知识推理三个关键技术。知识工程技术的结构层次见图 2。

知识获取 (Knowledge Acquisition, 简称 KA) 是指从知识源获取知识, 实现知识从知识源流动到知识库的过程或技术。其中知识源可以是多种多样的, 包括领域专家、文本文献、各种信息和数据等^[27]。知识表示 (Knowledge Representation, 简称 KR) 是指使用统一的数据结构及格式表示客观知识, 以便于计算机的识别和读取。知识推理 (Knowledge Reasoning, 简称 KR) 是指遵循一定的规则或公理从既有知识推理归纳出新的知识, 是运用知识的过程。常见的知识推理方式有基于规则的推理 (Rule-Based Reasoning, 简称 RBR)、基于实例的推理 (Case-Based Reasoning, 简称 CBR)、基于模型的推理 (Model-Based Reasoning, 简称 MBR)。

3 感性工学与知识工程的结合

3.1 感性工学与知识工程结合的基础

基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型的提出是基于以下四个基础: (1) 感性工学与知识工程都是多学科交叉的产物, 数学、逻辑学、心理学、认知科学、工程学等都是其共同涉及的学科领域; (2) 感性工学与知识工程都是可用于产品设计领域的工程技术, 两者具有共同的目标——更好地满足用户需求; (3) 感性工学的基础主要为工程学、计算机技术、心理学、生理学、统计学等, 而知识工程的技术基础主要为数学、逻辑学、工程学、计算机技术等, 即两者的技术基础具有交集, 这为两者后期的结合奠定了基础, 保证了两种系统语言之间的互通; (4) 感性工学中的感性是指消费者对某一产品产生的心理感觉与意象, 它集中在产品的情感方面, 而不是产品的质量或功能方面^[28], 而知识工程则相反, 它集中在产品的质量与功能方面, 通过高效地确保产品质量及功能的实现以提高产品的竞争力, 因此在产品设计领域, 两者在满足用户需求这一目标上, 具有互补性。

概括而言, 将感性工学与知识工程结合是基于两者在产品设计领域的相似性与互补性, 其中 (1) — (3) 是感性工学与知识工程的相似性, (4) 则是感性工学与知识工程的互补性。

3.2 基于感性工学和知识工程的用户需求认知模型

将感性工学与知识工程结合的用户需求认知模型有两种模式: 模式一是先运行感性工学模块后运行知识工程模块; 模式二是先运行知识工程模块后运行感性工学模块。模式一与模式二都包含感性工学模块与知识工程模块, 并且两种模式中感性工学模块与知识工程模块都共用一个知识库, 确保感性工学系统与知识工程系统语言能够互通转化。然而感性工学模块与知识工程模块在两种模式中的结构又均不相同, 在用户需求认知与满足过程中所起的作用也均不相同。

3.2.1 模式一

在模式一中, 用户的感性意象通过顺向推论式感性工学系统转化为相应的设计参数, 然后这些可构成具体设计方案的设计参数需要通过知识工程系统的评价, 直到确认这些设计参数对应的设计要素及设计概念满足要求, 该系统才会生成这些设计参数对应的最终设计方案。因为该设计方案对应的设计参数是由顺向推论式感性工学系统根据用户的感性意象生成的, 所以首先可以保证这些设计参数对应的设计方案是满足用户心理需求的, 又因为最终的设计方案是在经过知识工程系统评价后生成的, 所以根据知识工程系统的特点可知该设计方案是满足用户物理需求的, 即最终的设计方案是同时满足用户心理和物理需求的。基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型



图 3 基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型（模式一）

Fig.3 Cognitive model of user needs based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering (Mode 1)

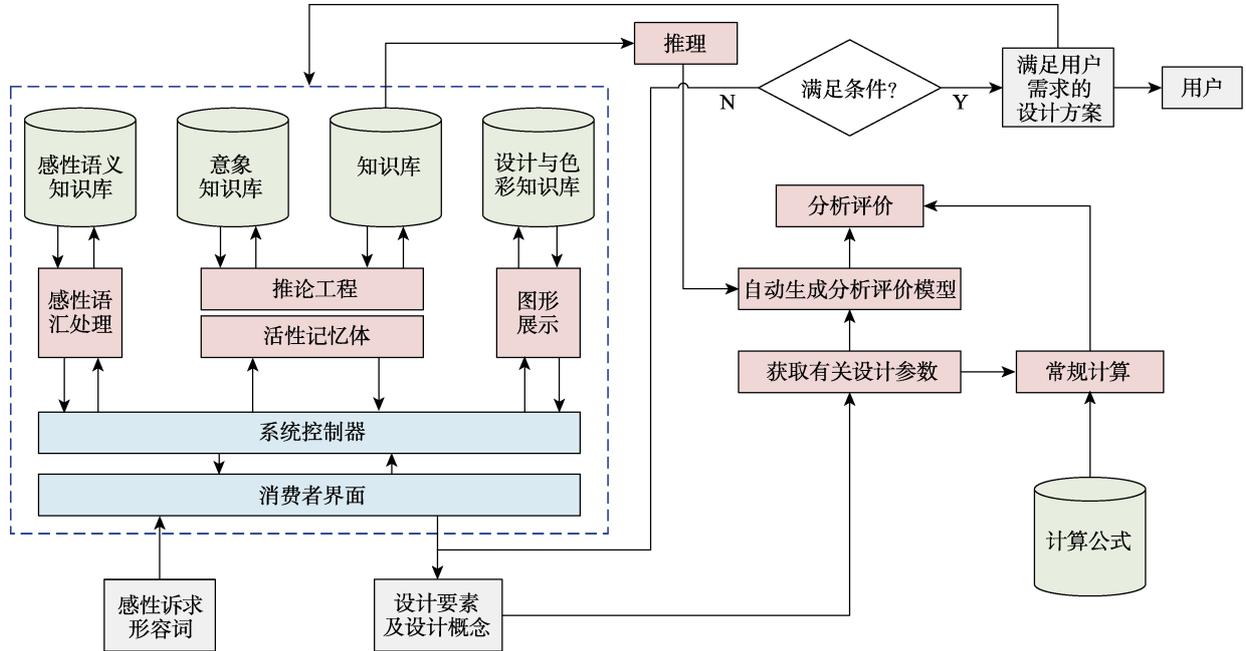


图 4 模式一详细流程

Fig.4 Detailed process of Mode 1



图 5 基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型（模式二）

Fig.5 Cognitive model of user needs based on Kansei Engineering and Knowledge Based Engineering (Mode 2)

（模式一）见图 3，模式一详细流程见图 4。

3.2.2 模式二

与模式一相比，模式二中的功能分布恰好相反，知识工程模块负责生成设计方案，而感性工学模块则主要负责设计方案的评价。将设计任务输入知识工程系统，知识工程系统通过对设计任务的分析与处理生成初步设计方案，然后初步生成的设计方案需要通过反向推论式感性工学系统的评价，直到确认该设计方案可引起用户心理感受是适合的，该系统才会将该设计方案作为最终方案生成。因为该设计方案首先是由知识工程系统根据设计任务生成的，所以根据知识工程系统的特点可知该设计方案首先是满足用户物理需求的，然后该设计方案需要经过反向推论式感性工学系统的评价，以预测该设计方案带给用户的心理感受，直到反向推论式感性工学系统寻找到最适用户心理感受对应的设计方案，最终的设计方案才得以生成，即最终的设计方案是同时满足用户心理和物理需求的。基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型（模式二）见图 5，模式二详细流程见图 6。

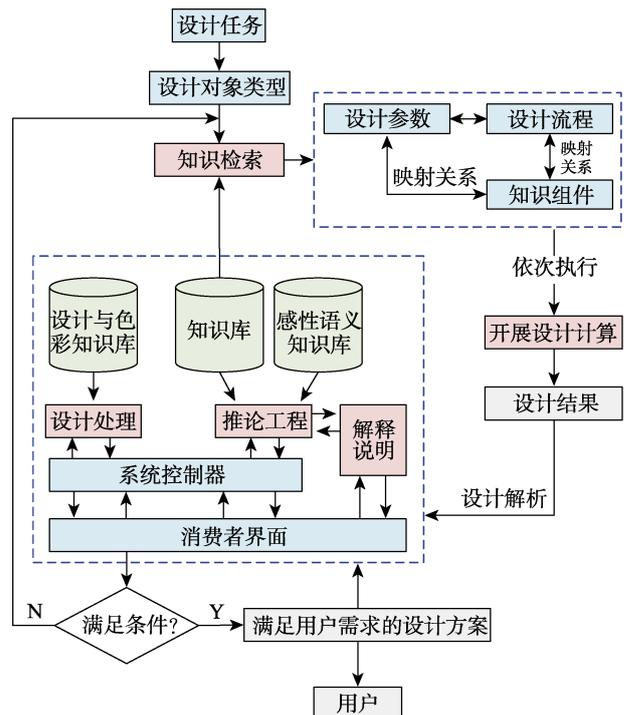


图 6 模式二详细流程

Fig.6 Detailed process of Mode 2

模式一与模式二最终产生的设计方案均具有同时满足用户心理层面感性需求与物理层面功能需求的属性,但不同之处在于,模式一中设计方案的初步生成是由感性工学模块负责,知识工程模块则负责对所生成的设计方案进行物理层面的设计评价,确保所生成的方案满足用户的物理需求并最终导出,即在模式一中生成的设计方案首先确保满足用户的心理需求再确保满足用户的物理需求;而模式二中设计方案的初步生成是由知识工程模块负责,感性工学模块则负责对所生成的设计方案进行心理层面的设计评价,确保所生成的方案满足用户特定的心理需求并最终导出,即在模式二中生成的设计方案首先确保满足用户的物理需求再确保满足用户的心理需求。总之,两种模式均能达到生成既能满足用户心理需求又能满足用户物理需求的目标,但是使用者可以根据特定情境所设定的需求优先级进行合理选择,即如果更注重设计方案对用户心理需求的认知与满足,选择模式一;如果更注重设计方案对用户物理需求的认知与满足,选择模式二。同时,由于感性工学系统需要不断优化,以及知识工程系统本身具有的知识繁衍功能,所以两种模式生成的最终设计方案都会回流到系统

本身并转化为促进系统自适应升级的动力之一。

4 应用实例

以自行车设计为例,自行车的主要部件为车架、前叉、车把、前轴、后轴、中轴、脚踏、飞轮、变速器、前后轮、鞍座、泥板、前后闸。根据需要,设计人员可以采取整车设计的方式,也可以采取局部设计再组合的方式设计自行车。选定设计方式后,设计人员选择合适的设计模式,并将与自行车相关的设计要求,如材料、人机工程、工艺、美学、成本、使用寿命、零件标准化、强度和最大容许负荷等信息,分类加工并以统一的形式分别存放到系统相应的知识库中,确保设计信息在系统的感性工学模块及知识工程模块自由流通,进而高效生成既满足用户物理层面功能需求又满足用户心理层面感性需求的自行车设计方案。假如采取局部设计再组合的方式设计自行车,并将“快速合理地设计一辆带给用户‘人车合一’感受的自行车”设定为设计目标,那么以自行车设计中最重要的部分——车架设计为例,进行模式二的应用。自行车车架设计在模式二中的运行见图7。

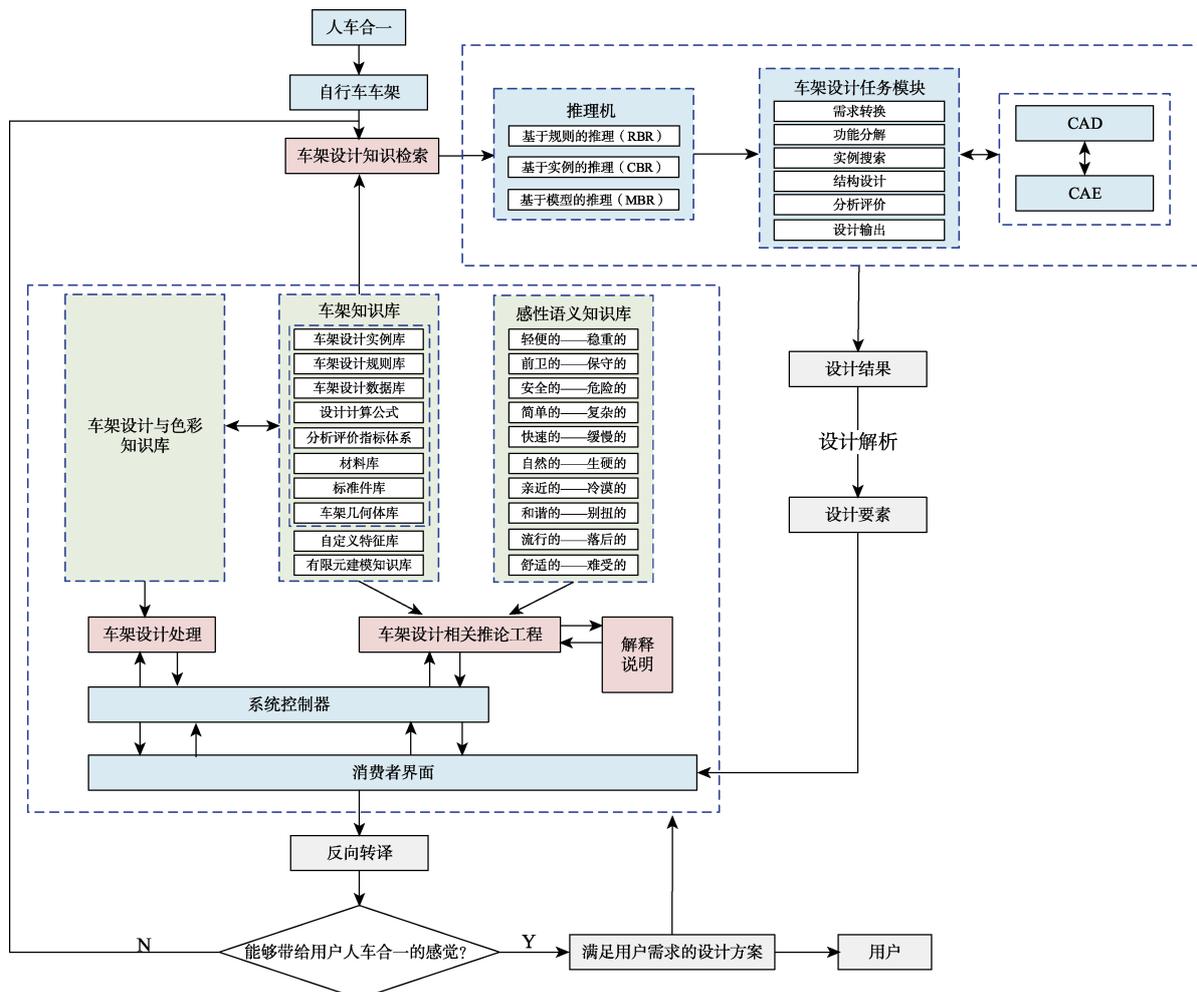


图7 自行车车架设计在模式二中的运行
Fig.7 Operation of bicycle frame design in Mode 2

5 结语

根据感性工学与知识工程在产品设计领域应用的相似性及互补性等, 将感性工学与知识工程结合, 提出基于感性工学与知识工程的用户需求认知模型, 并依据感性工学与知识工程在模型中应用的先后顺序, 将模型区分为两种模式。最后通过该模型在自行车设计中的应用案例体现了在产品设计领域将感性工学与知识工程结合的优势。

参考文献:

- [1] 赵秋芳. 感性工学及其在产品设计中的应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.
ZHAO Qiu-fang. Kansei Engineering and Its Application in Industrial Design[D]. Jinan: Shandong University, 2008.
- [2] 长町三生. 感性工学的作用及其方法[J]. 日本感性工学会志, 1999, 1(1): 24-30.
NAGAMACHI M. The Role and Methods of Kansei Engineering[J]. Journal of Japanese Kansei Engineering Committee, 1999, 1(1): 24-30.
- [3] 长町三生. 感性工学的故事[J]. 纤维和工业, 1994, 50(8): 468-472.
NAGAMACHI M. The Story of Kansei Engineering[J]. Sen-I Gakkaishi, 1994, 50(8): 468-472.
- [4] NAGAMACHI M. Kansei Engineering: a New Ergonomic Consumer-Oriented Technology for Product Development[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 3-11.
- [5] 丁满, 程语, 黄晓光, 等. 感性工学设计方法研究现状与进展[J]. 机械设计, 2020, 37(1): 121-127.
DING Man, CHENG Yu, HUANG Xiao-guang, et al. Status and Progress of Kansei Engineering Design Method[J]. Mechanical Design, 2020, 37(1): 121-127.
- [6] 朱上上, 罗仕鉴, 赵江洪. 基于人机工程的数控机床造型意象尺度研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(11): 873.
ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian, ZHAO Jiang-hong. Preliminary Study on Form Image Scale of Numerical Controlled Machine Tool Based on Human Factors[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2000, 12(11): 873.
- [7] 陈辰. 基于脑电的产品意象推理模型研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
CHEN Chen. Product Image Inference Model Based on EEG Technology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017.
- [8] 周志勇, 程建新, 王诗傲, 等. 脑电研究在工业设计领域的现状与趋势分析[J]. 包装工程, 2018, 39(6): 219-223.
ZHOU Zhi-yong, CHENG Jian-xin, WANG Shi-ao, et al. Current Situation and Trend of EEG Research in Industrial Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(6): 219-223.
- [9] 苏建宁, 邱凯, 张书涛, 等. 基于眼动数据的产品造型设计要素评价方法研究[J]. 机械设计, 2017, 34(10): 124-128.
SU Jian-ning, QIU Kai, ZHANG Shu-tao, et al. Evaluation Method Study of Product Modeling Design Elements Based on Eye Movement Data[J]. China Mechanical Engineering, 2017, 34(10): 124-128.
- [10] HUANG Yue-xiang, CHEN C H, KHOO L P. Kansei Clustering for Emotional Design Using a Combined Design Structure Matrix[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012, 42(5): 416-427.
- [11] 杨程, 孙守迁, 刘征, 等. 基于主成分分析的产品外观设计决策模型[J]. 中国机械工程, 2011, 22(18): 2218-2223.
YANG Cheng, SUN Shou-qian, LIU Zheng, et al. Decision-Making Model of Product Design Based on Principal Component Analysis[J]. China Mechanical Engineering, 2011, 22(18): 2218-2223.
- [12] 石夫乾, 孙守迁, 徐江. 产品感性评价系统的模糊 D-S 推理建模方法与应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008(3): 361-365.
SHI Fu-qian, SUN Shou-qian, XU Jiang. Fuzzy Dempster-Shafer Evidence Theory and Its Application to Product Kansei Evaluation System[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2008(3): 361-365.
- [13] KITTIDECHA C, MARASINGHE A C. Application of Kansei Engineering and Box-Behnken Response Surface Methodology for Shape Parameter Design: a Case Study of Wine Glass[J]. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 2015, 9(5): 59.
- [14] SHIEH M D, YEH Y E, HUANG C L. Eliciting Design Knowledge from Affective Responses Using Rough Sets and Kansei Engineering System[J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2016, 7(1): 107-120.
- [15] SHIEH M D, YEH Y E. Developing a Design Support System for the Exterior Form of Running Shoes Using Partial Least Squares and Neural Networks[J]. Computers & Industrial Engineering, 2013, 65(4): 704-718.
- [16] ISHIHARA S, ISHIHARA K, NAGAMACHI M, et al. An Automatic Builder for a Kansei Engineering Expert System Using Self-Organizing Neural Networks[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 13-24.
- [17] GUO Fu, QU Qing-xing, CHEN Peng, et al. Application of Evolutionary Neural Networks on Optimization Design of Mobile Phone Based on Use's Emotional Needs[J]. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 2016.
- [18] XIONG Yan, LI Yan, PAN Pei-yuan, et al. A Regression-Based Kansei Engineering System Based on Form Feature Lines for Product Form Design[J]. Advances in Mechanical Engineering, 2016, 8(7): 1-12.
- [19] 张书涛, 肖丽薇, 苏建宁, 等. 基于蛛网结构的产品意象进化算法研究[J]. 现代制造工程, 2018(11): 7-13.
ZHANG Shu-tao, XIAO Li-wei, SU Jian-ning, et al. Product Image Evolutionary Algorithm Based on the Structure

- of Cobweb[J]. *Modern Manufacturing Engineering*, 2018(11): 7-13.
- [20] 徐江, 孙守迁, 张克俊. 基于遗传算法的产品意象造型优化设计[J]. *机械工程学报*, 2007(4): 53-58.
XU Jiang, SUN Shou-qian, ZHANG Ke-jun. Product Image Form Optimization Design Based on Genetical Gorithm[J]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2007(4): 53-58.
- [21] LOKMAN A M, HARON M B C, ABIDIN S Z Z, et al. Prelude to Natphoric Kansei Engineering Framework[J]. *Journal of Software Engineering and Applications*, 2013, 6(12): 638-644.
- [22] 林丽, 郭主恩, 阳明庆. 面向产品感性意象的造型优化设计研究现状及趋势[J]. *包装工程*, 2020, 41(2): 65-79.
LIN Li, GUO Zhu-en, YANG Ming-qing. Current Research Situation and Trend of Product Image-Based Modeling Optimization[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(2): 65-79.
- [23] PENOYER J A, BURNETT G, FAWCETT D J, et al. Knowledge Based Product Life Cycle Systems: Principles of Integration of KBE and C3P[J]. *Computer Aided Design*, 2000, 32(5-6): 311-320.
- [24] REZAYAT M. Knowledge-Based Product Development Using XML and KCs[J]. *Computer-Aided Design*, 2000, 32(5-6): 299-309.
- [25] CHAPMAN C B, PINFOLD M. The Application of a Knowledge Based Engineering Approach to the Rapid Design and Analysis of an Automotive Structure[J]. *Advances in Engineering Software (1992)*, 2001, 32(12): 903-912.
- [26] 彭颖红, 赵震, 阮雪榆. 模具设计中的 KBE 技术[J]. *制造业设计技术*, 2000(3): 16-18.
PENG Ying-hong, ZHAO Zhen, RUAN Xue-yu. KBE Technology in Mold Design[J]. *Manufacturing Design Technology*, 2000(3): 16-18.
- [27] 周雄辉, 彭颖红. 现代模具设计制造理论与技术[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2000.
ZHOU Xiong-hui, PENG Ying-hong. *Modern Mold Design and Manufacturing Theory and Technology*[M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2000.
- [28] NAGASAWA S. Present State of Kansei Engineering in Japan[C]. *IEEE International Conference on Systems*, 2004.

(上接第 27 页)

- [18] JIAO Yi-ru, QU Qing-xing. A Proposal for Kansei Knowledge Extraction Method Based on Natural Language Processing Technology and Online Product Reviews[J]. *Computers in Industry*, 2019, 108: 1-11.
- [19] HERRERA F, MARTINEZ L. A 2-tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2000, 8(6): 746-752.
- [20] HERRERA F, MARTINEZ L. A Model Based on Linguistic 2-tuples for Dealing with Multigranular Hierarchical Linguistic Contexts in Multi-expert Decision-making[J]. *IEEE Transactions on Systems*, 2001, 31(2): 227-34.
- [21] MARTINEZ L. Sensory Evaluation Based on Linguistic Decision Analysis[J]. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2007, 44(2): 148-64.
- [22] AKGUI, ESRA, OZMEN M, et al. Rough Kansei Mining Model for Market-oriented Product Design[J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 2020(9): 1-11.
- [23] TSAI H C, HUNG C Y, HUNG F K. Computer Aided Product Color Design with Artificial Intelligence[J]. *Computer-aided Design and Applications*, 2007, 4(1-4): 557-564.
- [24] XUE Lei, YI Xiao, ZHANG Ye. Optimized Product Image Design Integrated Decision System Based on Kansei Engineering[J]. *Applied Sciences*, 2020, 10(4): 1198.
- [25] KANG, XIN Hui, PORTER C S, et al. Using the Fuzzy Weighted Association Rule Mining Approach to Develop a Customer Satisfaction Product Form[J]. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 2020, 38(2): 1-15.
- [26] HWANG C L, YOON K. Multiple Attribute Decision Making[J]. *European Journal of Operational Research*, 1995, 4(4): 287-288.
- [27] SHIHH S S, SHYUR H J, LEE E S. An Extension of Topsis for Group Decision Making[J]. *Mathematical & Computer Modelling*, 2007, 45(7): 801-813.
- [28] SAATY T L. *Analytic Hierachy Process*[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.