

基于 BP 神经网络-证据理论的产品情感评价策略

张谷玉¹, 韩旭^{1,2}

(1.湖南大学 机械与运载工程学院, 长沙 410082; 2.河北工业大学 机械工程学院, 天津 300401)

摘要: **目的** 结合用户与专家对产品的情感评价建议, 实现能够兼顾用户群体与专家建议的产品情感评价。**方法** 提出一种基于 BP 神经网络-证据理论的产品情感评价策略, 以用户群体的情感评价作为客观基础, 对多名产品设计专家的建议进行融合, 得到产品设计要素的改进建议, 以此为依据, 引导产品的正向设计。**结果** 以行李箱的产品情感评价为例, 利用 BP 神经网络实现 D-S 证据理论中的基础概率分配 (BPA), 通过改进的 D-S 证据理论对多名行李箱设计专家的评价建议进行融合, 得到了需要改进的设计要素和改进指数或行李箱关于产品情感的综合指数。**结论** 通过将用户群体对产品认知情感的客观情况与产品设计专家的主观情感评价相结合, 为产品情感评价提供了一种新的策略, 同时为产品设计提供有价值的引导。

关键词: 正向设计; 情感评价; BP 神经网络; D-S 证据理论; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0041-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.005

Emotional Evaluation Strategy of Product Based on BP Neural Network and Evidence Theory

ZHANG Gu-yu¹, HAN Xu^{1,2}

(1.College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2.School of Mechanical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

ABSTRACT: The work aims to combine user and expert suggestions for the emotional evaluation of product in order to produce an emotional evaluation of product that can balance both user groups and expert suggestions. An emotional evaluation strategy of product based on BP neural network-evidence theory was proposed. With the emotional evaluation of user groups as an objective starting point, the suggestions of various product design experts were combined to obtain the improvement suggestions for product design element. Then, the forward design of product was guided based on this. With the emotional evaluation of luggage products as an example, the BP neural network was used to implement the basic probability allocation (BPA) in D-S evidence theory. The evaluation suggestions of various luggage design experts were combined by the improved D-S evidence theory, and the design components and improvement index that required improvement, as well as the composite index of luggage product emotions, were obtained. By combining the objective situation of user groups' cognitive emotions toward the product with the subjective emotional evaluation of product design experts, the conclusion offers a new method for emotional evaluation of product as well as insightful guidance for product design.

KEY WORDS: forward design; emotional evaluation; BP neural network; D-S evidence theory; product design

现代社会飞速发展, 在生产制造产业快速升级的同时, 人们的情感也逐渐呈现出多元化、个性化的趋

势。消费者也由产品功能性的单一需求, 逐渐转变为功能、品质和情感上的需求, 产品是否能够满足用户

收稿日期: 2023-03-17

作者简介: 张谷玉 (1996—), 男, 博士生, 主要研究方向为机械故障诊断。

通信作者: 韩旭 (1968—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为机械设计理论。

更高层次的情感需求,取决于用户对产品形成的感性意象,用户消费的不仅是产品,同时也包括娱乐、个性等情感价值^[1-3]。因此,为了能够更好地指引产品设计,了解用户群体对产品情感的评价,亟需一种可以进行产品情感评价的策略。

现阶段的产品情感评价研究,大多数利用各种技术手段,建立产品设计要素与用户情感意象之间的关联关系,并以此指导设计,提高设计成功率^[4-8]。然而,产品评价属于感性问题,受多个因素影响,其结果存在大量的模糊性与不确定性^[9-10],因此在实际设计过程中,经常难以给出准确的评价结果,设计出真正与用户情感意象偏好相匹配的产品。为此,本文首先以消除因个人主观因素影响的评价不确定性为目标,提出一种基于BP神经网络-证据理论的产品情感评价策略;其次以用户群体的情感评价作为客观基

础,对多名产品设计专家的建议进行融合,得到产品设计要素的改进建议和改进指数;最后以行李箱产品为例验证情感评价策略的有效性。

1 基于BP神经网络-改进D-S证据理论的产品情感评价框架

基于BP神经网络-改进D-S证据理论的产品情感评价框架如图1所示,首先通过采集产品特征信息、产品不同设计要素评价得分和用户特征信息,将上述信息构建为数据集并训练BP神经网络,在此基础上将专家对产品的情感评价通过BP神经网络生成证据理论中的基本概率分配函数^[11-12];其次利用基于平均证据距离改进的D-S证据理论进行融合^[13-15];最后得到产品综合指数或产品需要改进的设计要素及改进指数。

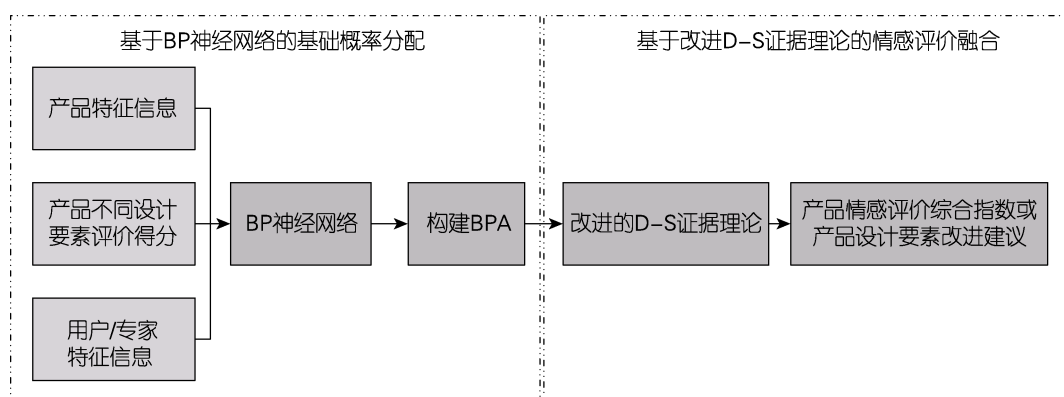


图1 产品情感评价框架
Fig.1 Emotional evaluation framework of product

本文将用户的特征信息和用户对产品的评价相结合用于训练BP神经网络,使基本概率分配的生成过程中,考虑到用户个体差异对产品情感评价的影响;利用用户群体对产品的情感评价数据集训练BP神经网络,以用户群体的情感评价作为客观基础,将专家对产品的情感评价通过BP神经网络来生成证据理论中的基本概率分配函数,使用户群体对产品认知的客观情况与产品设计专家的主观情感评价相结合;根据平均证据距离对基础概率分配函数进行加权,实现对D-S证据理论的改进,通过改进D-S证据理论将专家对产品的情感评价进行融合,得出需要改进的产品设计要素及改进指数或综合指数,为产品的正向设计提供指引。

2 研究方法

2.1 基于BP神经网络的基础概率分配

在本文中,D-S证据理论的基本概率分配表示产品中需改进设计要素的支持概率,D-S证据理论中信息融合的难点在于如何构造各个焦元的基本概率分

配函数。因BP神经网络具有良好的自学习和极强的非线性映射能力,在解决多分类问题上较为成熟且被广泛应用,故利用BP神经网络对产品各个设计要素进行基本概率分配。

基本概率分配是由BP神经网络的输出得到的,因此首先需要构建BP神经网络结构,将神经网络设置为包含两层隐含层的4层网络结构,如图2所示。神经网络的输入层神经元个数为产品特征数量、用户特征数量及产品设计要素评价得分数量的总和,隐含

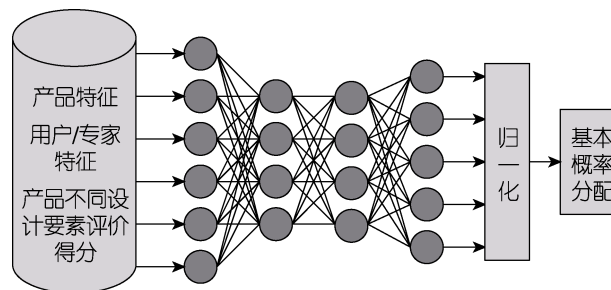


图2 BP神经网络生成基本概率分配
Fig.2 Basic probability allocation generated by BP neural network

层神经元个数根据训练情况进行调整确定, 神经网络的输出采用 one-shot 编码, 由产品设计要素类别和一个满足目标情感的标签类别组成。此外, 神经网络的输出不能直接使用, 还需要对其进行归一化处理, 继而作为后续 D-S 证据理论的基本概率分配函数。

2.2 基于平均证据距离改进 D-S 证据理论

2.2.1 D-S 证据理论

D-S 证据理论中, 假设空间 2^Θ 由一个非空集合 $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ 的所有子集构成, 见式 (1)。

$$2^\Theta = \{\emptyset, \{\theta_1\}, \{\theta_2\}, \dots, \{\theta_1, \theta_2\}, \{\theta_1, \theta_3\}, \dots, \{\theta_1, \theta_2, \theta_3\}, \dots, \Theta\} \quad (1)$$

非空集合 Θ 中的命题相互排斥且构成完备集, 包含了对某一问题的所有可能的假设。在 Θ 上定义的基本概率分配是一个 $2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 的函数 m , 称为 mass 函数, 且满足式 (2)。

$$\begin{cases} m(\emptyset) = 0 \\ \sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $m(A)$ 为命题 A 的基本概率分配, 表示证据对命题 A 发生的支持程度。

设 $m_1, m_2, \dots, m_n$ 为假设空间 2^Θ 上的基本概率分配, 则 D-S 证据理论中 Dempster 合成规则, 见式 (3)。

$$(m_1 \oplus m_2 \oplus \dots \oplus m_n)(A) = \frac{1}{1-K} \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = A} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n) \quad (3)$$

其中, $K \in [0, 1]$ 为冲突因子, 也成为了归一化常数, 通过式 (4) 求得。

$$1-K = \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n \neq \emptyset} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n) \quad (4)$$

2.2.2 基于平均距离改进的 D-S 证据理论

传统 D-S 证据理论随着不断的应用与实践, 逐渐暴露出一些问题, 主要有以下两点。

1) 对不同场景, 基础概率分配建立所用的方式也有所差别, 常用的专家经验建立基础概率分配方式主观因素影响大。

2) 在证据体之间存在严重冲突时, D-S 证据理论合成的结果明显不合常理。

针对产品情感评价的使用场景, 利用 BP 神经网络优秀的非线性映射能力来实现基础概率分配的问题, 避免专家经验的主观因素影响。为解决证据体之间冲突导致合成结果明显不合理的情况, 采用平均证据距离^[14]对基本概率分配进行加权, 再通过 Dempster 合成规则对专家建议进行融合。

平均证据距离加权方法, 见式 (5) — (7)。

$$d_i = e^{-|m_i(A) - \overline{m(A)}|} + e^{-|m_i(B) - \overline{m(B)}|} + \dots \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\overline{m(A)} = \frac{m_1(A) + m_2(A) + \dots + m_n(A)}{n} \quad (6)$$

$$c(m_i) = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (7)$$

其中, $c(m_i)$ 即为通过平均证据距离得到的权重, 利用该权重对基础概率分配函数进行加权。

3 实例与试验

目前, 用于出行的行李箱已经走进千家万户, 但随着人们生活品质的提高和思维方式的转变, 用户已经不再满足行李箱结实耐用的单一需求, 逐渐开始追求外观新颖、个性化, 这些需求是用户对产品认知情感需求的体现。产品情感赋予产品更高的情感价值, 能够触及人类深层次的情感体验, 逐渐成为产品设计的驱动核心之一。

为了了解用户对行李箱认知情感的需求, 有必要对产品情感评价策略进行研究, 为产品正向设计提供支持。本文提出一种基于 BP 神经网络-证据理论的产品情感评价策略, 并通过大量调研及试验对该策略进行验证。

3.1 数据收集

3.1.1 情感词汇确定

消费者对产品的评论和评价具有重要的参考价值。通过对消费者评论的情感分析, 可以获取产品的情感倾向和用户满意度^[16-20]。行李箱作为旅行用品之一, 在各大电商平台上大量的用户评论, 通过对这些评论进行情感分析, 可以了解消费者对行李箱的情感感受与反馈。

1) 选取各大电商平台作为数据来源, 使用 Gooseeker 从行李箱相关产品页面中共抓取 5 238 条用户评论, 并将其保存为文本文件, 随即对数据进行预处理, 将原始评论数据进行文本清洗, 去除 HTML 标签、特殊字符等, 并将文本转化为一行一条评论的格式。

2) 将预处理后的评论数据作为输入, 并调用 Gooseeker 情感分析 API 进行情感分析。根据分析结果, 提取出 1 040 个具有情感倾向的词汇, 并采用 k-means 对其进行相似度聚类分析, 最后获得 98 个与行李箱相关的情感词汇。

3) 对聚类得到的情感词进行词频统计, 并按照频率进行排序。部分词频统计结果, 见表 1。

根据表 1 结果, 可知“新颖”为最高频率情感词, 故将其作为目标情感意象词汇, 以进行后续产品情感设计研究。

3.1.2 产品特征与用户特征构建

首先运用 Gooseeker 网络爬虫工具, 在各大电商平台上和相关网站进行数据抓取和分析, 共爬取 4 239 张行李箱产品的样本图片, 去除重复、曝光、

表 1 情感词汇的词频统计结果
Tab.1 Statistical results of word frequency in emotional vocabulary

序号	标签词	词频	文档频率
1	新颖	331	313
2	大气	322	322
3	深沉	179	175
...	...	...	...
98	亮丽	18	17

模糊、角度偏差、背景杂乱等质量问题较大的样本，得到 537 张样本图片；其次为进一步提升样本的质量,使用 Photoshop 等工具对样本进行去背景预处理，以消除背景干扰因素，去除预处理后效果欠佳的样本，留下 120 张可用样本；最后对以上样本进行进一

步的择优筛选，以确保选择的样本具备较高的产品情感设计研究价值。采用专家访谈法，邀请行业内资深从业人员，根据设计经验选取 25 个具有代表性的产品样本，见图 3。并对代表性样本进行设计要素解构，及特征水平分析，结果见表 2。

根据市场调研数据及行业内资深从业人员意见，对当下市面上的行李箱用户特征进行分类，分类结果见表 4。

3.2 基于 BP 神经网络的基础概率分配

3.2.1 构建 BP 神经网络

首先对 25 个代表性样本进行特征编码，见表 4；然后随机选取 3 款行李箱作为后续专家情感评价对象；最后对其余 22 款行李设计了调查问卷，收集整理调查问卷后用于训练 BP 神经网络。



图 3 行李箱代表性样本及编码
Fig.3 Representative samples and codes of luggage

表 2 行李箱设计要素及其特征水平
Tab.2 Luggage design elements and their characteristic levels

设计要素	色彩(I ₁)	纹理(I ₂)	材质(I ₃)	造型(I ₄)	尺寸(I ₅)
特征水平	白色(I ₁₁)	竖条纹(I ₂₁)	金属(I ₃₁)	圆润(I ₄₁)	50 cm×40 cm(I ₅₁)
	黑色(I ₁₂)				
	灰色(I ₁₃)	横条纹(I ₂₂)	塑料(I ₃₂)		方正(I ₄₂)
	蓝色(I ₁₄)				
	红色(I ₁₅)	无条纹(I ₂₃)	织布(I ₃₃)	60 cm×45 cm(I ₅₂)	
	橙色(I ₁₆)				
	黄色(I ₁₇)	斜条纹(I ₂₄)	皮革(I ₃₄)	75 cm×55 cm(I ₅₃)	
	粉色(I ₁₈)				
	米色(I ₁₉)	不规则图案(I ₂₅)			

将 5 名专家的评价数据结合表 6—7 的特征数据作为 BP 神经网的输入, 可以得到 15 组不同的输出, 然后对其进行归一化即可得到基本概率分配函数, 见表 9。

表 8 专家评价
Tab.8 Expert evaluation

行李箱编号	专家	色彩	纹理	材质	造型	尺寸
3	专家 1	7	8	8	9	7
	专家 2	6	6	7	8	6
	专家 3	7	8	6	9	8
	专家 4	8	7	7	7	7
	专家 5	9	7	7	8	8
7	专家 1	2	5	6	6	8
	专家 2	3	6	8	8	7
	专家 3	3	6	5	7	7
	专家 4	2	5	6	7	7
	专家 5	3	7	8	9	6
8	专家 1	6	6	8	3	7
	专家 2	7	5	8	2	6
	专家 3	6	8	6	2	6
	专家 4	6	7	5	1	7
	专家 5	8	5	7	2	8

表 9 基本可信度分配
Tab.9 Basic reliability allocation

行李箱编号	专家用户	Mass (A ₁)	Mass (A ₂)	Mass (A ₃)	Mass (A ₄)	Mass (A ₅)	Mass (N)
3	专家 1	0.17	0.01	0.02	0.34	0.04	0.42
	专家 2	0.13	0.01	0.02	0.29	0.01	0.53
	专家 3	0.01	0.15	0.07	0.24	0.04	0.48
	专家 4	0.18	0.01	0.01	0.25	0.05	0.51
	专家 5	0.01	0.15	0.07	0.24	0.04	0.48
7	专家 1	0.46	0.02	0.01	0.06	0.03	0.41
	专家 2	0.46	0.02	0.01	0.06	0.03	0.41
	专家 3	0.46	0.02	0.01	0.06	0.03	0.41
	专家 4	0.46	0.02	0.01	0.06	0.03	0.41
	专家 5	0.73	0.02	0.00	0.11	0.00	0.14
8	专家 1	0.09	0.02	0.01	0.49	0.02	0.37
	专家 2	0.09	0.02	0.01	0.48	0.04	0.37
	专家 3	0.06	0.03	0.01	0.53	0.01	0.36
	专家 4	0.09	0.02	0.01	0.49	0.02	0.37
	专家 5	0.09	0.02	0.01	0.47	0.02	0.38

3.3 改进 D-S 证据理论的情感评价融合

针对三款不同的行李箱，BP 神经网络根据 5 名专家的产品情感评价输出表 9 中所示的基础概率分配函数，然后利用改进 D-S 证据理论在用户群体客观情感评价的基础上对 5 名专家的产品情感评价进行融合，即根据式（3）—（7）将表 9 中的基础概率分配函数进行情感评价融合，结果见表 10。

表 10 中基本概率分配函数代表在概率层面对某个设计要素需要改进的支持程度，概率值越大表示该项设计要素越需要进行改进，并且将其概率值定义为

改进指数，若 5 个设计要素概率值相对于 mass(N)较小时，则表示无需改进设计要素并将 mass(N)的值定义为产品情感设计的综合指数。

表 10 专家产品情感评价融合结果
Tab.10 Combination results of emotional evaluation of product by expert

行李箱编号	Mass (A ₁)	Mass (A ₂)	Mass (A ₃)	Mass (A ₄)	Mass (A ₅)	Mass (N)
3	0	0	0	0.05	0	0.950
7	0.891	0	0	0	0	0.109
8	0	0	0	0.804	0.004	0.192

由表 10 结果可以得到，第 3 款行李箱的 5 种设计要素可以较好地体现出“新颖”这一产品情感，综合指数为 95%；第 7 款行李箱需要改进的设计要素为色彩项，改进指数为 89.1%；第 8 款行李箱需要改进的设计要素为造型项，改进指数为 80.4%。采用该策略可以避免个人主观因素的影响，在用户群体客观产品情感评价的基础上，对多名产品设计专家的产品情感评价融合，进一步引导产品的正向设计。

4 结 语

传统的产品情感评价方法，无论是主观还是客观的产品情感评价方法都存在一定局限性，本文提出的产品情感评价策略兼顾了用户群体对行李箱认知情感的客观评价与行李箱专业设计专家的主观情感评价，能够帮助行李箱产品设计师在大量用户群体对行李箱认知情感的基础上更好完成行李箱的设计。

所提出的策略将 BP 神经网络与 D-S 证据理论相结合，通过 BP 神经网络完成基本概率分配，保证了基本概率分配的严谨性和客观性，解决了传统基本概率分配的主观影响。另外，基于平均证据距离对 D-S 证据理论进行了改进，通过平均证据距离对证据体加权，避免明显不合理融合结果的情况发生。利用 BP 神经网络与改进的 D-S 证据理论将不同行李箱设计专家的建议进行融合，针对“新颖”这一产品情感，得出需要改进的设计要素和改进指数或行李箱关于“新颖”程度的综合指数。本文采用调查问卷的方式收集数据，并对行李箱产品情感评价进行了试验，结果表明，该策略能够反映出用户群体对“新颖”这一产品情感的认知，为行李箱的正向设计提供了有价值的引导。

参考文献：

[1] 冯毅雄, 娄山河, 王绪鹏, 等. 面向性能的定制产品感性意象评价方法研究[J]. 机械工程学报, 2020, 56(9): 181-190.

- FENG Yi-xiong, LOU Shan-he, WANG Xu-peng, et al. Research on Performance-Oriented Perceptual Image Evaluation Method for Customized Products[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2020, 56(9): 181-190.
- [2] 王黎静, 曹琪琰, 莫兴智, 等. 民机驾驶舱内饰设计感性评价研究[J]. 机械工程学报, 2014, 50(22): 122-126.
- WANG Li-jing, CAO Qi-yan, MO Xing-zhi, et al. Study of Users' Kansei on Commercial Aircraft Cockpit Interior Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(22): 122-126.
- [3] 赵丹华. 产品造型情感类型与情感价值的研究框架[J]. 包装工程, 2016, 37(20): 1-8.
- ZHAO Dan-hua. Research Framework of Emotion Classification and Value of Product Modeling[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(20): 1-8.
- [4] YAN Hong-bin, LI Zi-yu. Review of Sentiment Analysis: An Emotional Product Development View[J]. Frontiers of Engineering Management, 2022, 9(4): 592-609.
- [5] 周爱民, 苏建宁, 阎树田, 等. 产品形态审美综合评价的非线性信息动力学模型[J]. 机械工程学报, 2018, 54(15): 150-159.
- ZHOU Ai-min, SU Jian-ning, YAN Shu-tian, et al. Nonlinear Information Dynamics Model of Synthetic Evaluation on Product Form Aesthetic[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2018, 54(15): 150-159.
- [6] YANG Xian, WANG Rong-huan, TANG Chao-lan, et al. Emotional Design for Smart Product-Service System: A Case Study on Smart Beds[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 298: 126823.
- [7] MISAKA M, AOYAMA H. Development of Design System for Crack Patterns on Cup Surface Based on KANSEI[J]. Journal of Computational Design and Engineering, 2018, 5(4): 435-441.
- [8] 唐帮备, 郭钢, 夏进军. 基于用户视/触觉体验的工业设计材质测评方法研究[J]. 机械工程学报, 2017, 53(3): 162-172.
- TANG Bang-bei, GUO Gang, XIA Jin-jun. Method for Industry Design Material Test and Evaluation Based on User Visual and Tactile Experience[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2017, 53(3): 162-172.
- [9] VIEIRA J, OSÓRIO J M A, MOUTA S, et al. Kansei Engineering as a Tool for the Design of In-Vehicle Rubber Keypads[J]. Applied Ergonomics, 2017, 61: 1-11.
- [10] 丁满, 丁婷婷, 宋美佳, 等. 基于内隐测量和BP神经网络的产品色彩情感化设计[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(2): 616-627.
- DING Man, DING Ting-ting, SONG Mei-jia, et al. Product Color Emotional Design Method Based on Implicit Measurement and BP Neural Network[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2023, 29(2): 616-627.
- [11] BOTROS S M, DIEP T A, IZENSON M D. Method and Apparatus for Training a Neural Network Model for Use in Computer Network Intrusion Detection: US6769066[P]. 2004-07-27.
- [12] HAN Jia-xuan, MA Min-yuan, WANG Kun. Product Modeling Design Based on Genetic Algorithm and BP Neural Network[J]. Neural Computing and Applications, 2021, 33: 4111-4117.
- [13] DEMPSTER A P. Upper and Lower Probabilities Generated by a Random Closed Interval[J]. The Annals of Mathematical Statistics, 1968, 39(3): 957-966.
- [14] 王双. 一种多源安全日志融合方法的研究[J]. 中国民航大学学报, 2017, 35(5): 41-46.
- WANG Shuang. Research on Multi-Source Security Log Fusion Method[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2017, 35(5): 41-46.
- [15] XIE Xiao-liang, TIAN Yu-zhang, WEI Guo. Deduction of Sudden Rainstorm Scenarios: Integrating Decision Makers' Emotions, Dynamic Bayesian Network and DS Evidence Theory[J]. Natural Hazards, 2023, 116(3): 2935-2955.
- [16] 孙利, 张硕, 覃忠志, 等. 评论数据驱动的产品情感满意度预测模型构建[J]. 包装工程, 2023, 44(6): 42-51.
- SUN Li, ZHANG Shuo, QIN Zhong-zhi, et al. Construction of Product Emotional Satisfaction Prediction Model Driven by Comment Data[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(6): 42-51.
- [17] 杨程, 谭昆, 俞春阳. 基于评论大数据的手机产品改进[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(11): 3074-3083.
- YANG Cheng, TAN Kun, YU Chun-yang. Mobil Phone Product Improvement Based on Big Data of Comment[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2020, 26(11): 3074-3083.
- [18] 林丽, 张云鹏, 牛亚峰, 等. 基于网络评价数据的产品感性意象无偏差设计方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2020, 50(1): 26-32.
- LIN Li, ZHANG Yun-kun, NIU Ya-feng, et al. Unbiased Design Method for Product Kansei Image Design Based on Network Evaluation Data[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2020, 50(1): 26-32.
- [19] 李少波, 全华凤, 胡建军, 等. 基于在线评论数据驱动的产品感性评价方法[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(3): 752-762.
- LI Shao-bo, QUAN Hua-feng, HU Jian-jun, et al. Perceptual Evaluation Method of Products Based on Online Reviews Data Driven[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(3): 752-762.
- [20] JIN Jian, JIA Dan-ping, CHEN Ke-jia. Mining Online Reviews with a Kansei-Integrated Kano Model for Innovative Product Design[J]. International Journal of Production Research, 2022, 60(22): 6708-6727.