

基于 TAME-EDKT 模型的适老化家电产品设计评价

王春鹏, 许贞武

(青岛理工大学 艺术与设计学院, 山东 青岛 266033)

摘要: **目的** 为解决适老化家电产品设计评价过程中指标集确定的非适老性、指标间相互作用关系的干扰性和权重值确定过程中忽略用户需求的片面性等问题, 基于老年技术接受模型, 提出一种综合评价模型方法。**方法** 首先, 基于老年技术接受模型确定设计方案评价指标; 其次, 基于熵权法确定评价指标的初始权重, 运用 DEMATEL 法确定指标之间的相互作用权重, 以 KANO 模型进行权重调整, 确定最终的指标权重, 并基于 TOPSIS 法进行方案排序优选; 最后, 运用该方法进行适老化吸尘器设计方案优选, 并进行对比验证。**结论** 该方法可有效确定适老化家电产品设计评价指标集的适老性, 较好地考虑了指标间的相互作用关系及用户需求对指标权重的影响, 并进一步完善适老化家电产品设计领域的理论研究。

关键词: 适老化家电产品设计; 老年技术接受模型; TAME-EDKT 模型; TOPSIS 法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)08-0153-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.08.015

Evaluation of Elderly-oriented Household Appliance Design Based on TAME-EDKT Model

WANG Chun-peng, XU Zhen-wu

(College of Art and Design, Qingdao University of Technology, Shandong Qingdao 266033, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a comprehensive evaluation model based on the technology acceptance model of the elderly in order to solve the problems such as the unsuitability determined by index set, the interference between indexes and the one-sidedness of ignoring users' needs in the determination of weight values in the design and evaluation of elderly-oriented household appliances. Firstly, the evaluation indexes of the design scheme were determined based on the technology acceptance model of the elderly. Secondly, the initial weight of evaluation indexes was determined based on entropy weight method, the interaction weight between indexes was determined by DEMATEL method and KANO model was further used to adjust the weight of indexes. The final weight was obtained by the above three weighting methods, and the schemes were optimized and ranked based on TOPSIS method. Finally, this method was used to select the optimal design scheme of elderly-oriented vacuum cleaner, and was compared for verification. This method can effectively determine the suitability of index set for the design of elderly-oriented household appliances, better consider the interaction between the indexes and the influence of users' needs on the index weight, and further improve the theoretical research in the field of elderly-oriented household appliance design.

KEY WORDS: design of elderly-oriented household appliances; technology acceptance model of the elderly; TAME-EDKT model; TOPSIS method

根据第七次全国人口普查, 我国 65 岁及以上人口达到 13.5%。中国进入深度老龄化社会。2021 年 6 月, 《智能家用电器的适老化技术》系列标准发布。8 月 20 日, 国家市场监督管理总局、国家标准化管

收稿日期: 2022-11-09

作者简介: 王春鹏 (1970—), 男, 硕士, 教授, 主要研究方向为产品设计及其理论。

通信作者: 许贞武 (1996—), 男, 研究生, 主攻产品设计及其理论。

理委员会发布了《适用于老年人的家用电器通用技术要求》适老家电国家标准。随着各类相关适老化家电标准的提出,从另一个角度揭示了适老化家电产品设计的必要性及迫切性,目前亟需适老化家电产品设计的规范化、普及化发展,以使适老化家电产品能够有针对性地满足当前老龄化现状下的产品关怀设计需求,弥补适老化产品发展的不足。

目前,针对适老化家电产品设计方案评价方面的研究较少,其中胡珊等^[1]学者运用累积前景理论,从主客观角度对老年智能导购车设计方案进行了评价。杨超翔等学者^[2]从老年人情感角度,提出了模糊分析评价方法。周清华等学者从系统决策视角运用直觉模糊集 TOPSIS 法对老年代步车进行了设计评价^[3]。杨冬梅等学者基于模糊数学理论对老年购物车进行了设计评价,提出针对老年人的产品设计应关注色彩和情感等方面的见解^[4]。虽然适老化产品设计评价方面已有相关研究,但大多数是集中在单一角度或基于数据本身进行指标赋权,且指标集多是基于常规的产品特征进行指标集确定,未能充分地从老年用户角度进行指标集选取。适老化家电产品设计的核心是基于老年人本身与家电产品之间建立较好的适配关系^[5],通过充分考虑群体特征及行为需求偏好,对设计方案属性进行评价,以筛选出能够切实提高老年人产品体验的设计方案,增强老年用户满意度。因此,综合考虑老年用户对家电产品的需求偏好,基于老年技术接受模型(The Technology Acceptance Model of the Elderly),提出了一种融合熵权法(Entropy Weight Method)、决策实验和评价试验法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)、KANO 模型和逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)的适老化家电产品设计方案——TAME-EDKT 模型评价方法(其中 TAME 表示老年技术接受模型,EDKT 分别表示熵权法、DEMATEL 法、KANO 模型及 TOPSIS 法),以全面考虑适老化家电产品设计方案评价过程中指标集的适老性、指标间相互作用的干扰性及用户需求偏好对指标集的影响性,同时运用客观赋权法熵权法降低主观赋权的干扰性,以期科学系统地筛选出最优方案。本文选取 7 款代表性吸尘器产品设计方案进行该方法的验证分析。

1 适老化家电产品设计方案 TAME-EDKT 评价模型

1.1 TAME-EDKT 评价模型框架

针对适老化家电产品设计方案评价在指标确定的非适老性、指标间相互影响的干扰性、忽略用户需求偏好作用的片面性及多设计方案筛选过程中不确定信息的复杂性等方面,本文提出了一种适老化家电

产品设计方案 TAME-EDKT 评价模型,框架见图 1。该评价模型框架主要包括以下几个步骤:(1)评价指标确定。运用老年技术接受模型,深入分析老年群体特征及行为需求偏好,建立适老化家电产品设计方案评价指标;(2)初始指标权重确定。为优化评价过程中由于决策者的个人主观干扰,运用客观权重熵权法确定初始评价指标权重;(3)指标权重调整。评价过程中各个指标之间并不是完全独立的,具有一定的相互作用,因此运用 DEMATEL 法体现各个指标内部之间的相互作用关系,除此之外,适老化家电产品设计方案评价需要更加注重老年群体本身的用户行为需求偏好,利用问卷调查等方法挖掘用户的切实需求,并运用 KANO 模型进行指标权重的进一步调整;(4)设计方案评价优选。TOPSIS 法是一种考虑目标方案与理想目标接近程度的科学排序方法,通过计算正负理想解得出方案排序,筛选出最优方案。

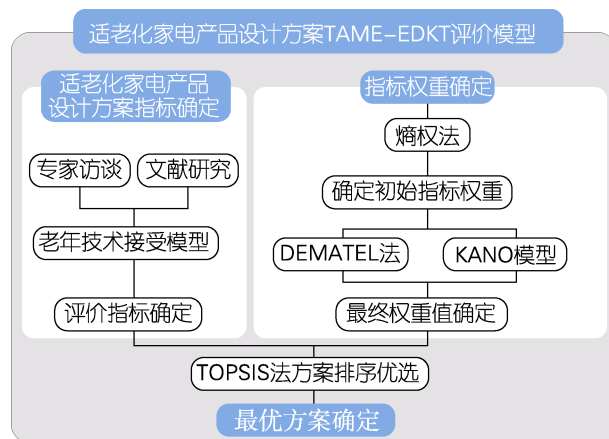


图1 适老化家电产品设计方案 TAME-EDKT 评价模型
Fig.1 Evaluation model of TAME-EDKT for design scheme of elderly-oriented household appliances

1.2 基于老年技术接受模型的评价指标确定

1.2.1 老年技术接受模型

老年技术接受模型于 2014 年由香港城市大学 Alan H.S.Chan 教授的团队提出,该模型从用户生理、心理两个方面的感知需求进行分析,明确了用户自身特征对产品技术接受程度的影响,并从用户自身特征、社会因素特征等方面分析了用户对产品易用性、有用性的感受及对产品的使用行为表现和态度。该模型可切实有效地获取老年人对产品的感受体验,在适老化产品设计评价过程中具有较高的应用价值。老年用户群体随着年龄的增加,身体器官功能都在逐渐减弱,基于心理和生理两个方面,老年用户相对年轻群体来说,在视觉、听觉、触觉及其他方面的感知对产品具有更高的要求。因此,本文基于老年技术接受模型构建适老化家电产品设计方案评价指标,以确保指标集的适老性。

1.2.2 适老化评价指标集确定

基于罗军波^[6]学者老年技术接受衍生模型中的感知易用性、感知通用性、感知安全性和感知有用性 4 个指标, 通过邀请 5 名该研究领域的专家 (2 名适老化产品设计领域教授、2 名专业设计师和 1 名老年用户研究专家) 进行专家访谈, 确定 5 个适老化家电产品设计评价指标: 感知有用性 (A)、感知易用性 (B)、感知安全性 (C)、感知无障碍性 (D) 和感知舒适性 (E), 见表 1。其中, 感知有用性表示产品功能合理, 交互反馈良好, 具有个性化服务, 可满足用户需求, 增强用户使用意向; 感知易用性表示产品的易学性、易记忆性、高效性等; 感知安全性表示产品

自身的结构安全性及用户的使用安全性; 感知无障碍性表示用户在使用产品过程中, 可从产品示能、意符及其他等方面轻松顺利地适应各种情景完成操作, 并基于此产生良好的感知体验; 感知舒适性表示基于产品本身给予老年人心理上的情感满足。

1.3 熵权法确定初始指标权重

熵权法是一种区别于主观打分赋权的权重赋值方法, 该方法以数据本身的差异性进行客观性计算^[7], 以得到各指标的权重值。熵权法相对于主观赋权方法更能从客观的角度对产品设计评价方案评价指标进行赋权, 一定程度上降低了决策者个人主观意愿对指标权重的干扰。

表 1 适老化家电产品设计评价指标
Tab.1 Evaluation index for design of elderly-oriented household appliances

目标层	指标层	指标含义说明
选取最优适老化家电产品设计方案	A	表示产品功能合理, 交互反馈良好, 具有个性化服务, 可满足用户需求, 增强使用意向
	B	表示产品的易学性、易记忆性、高效性等
	C	表示产品自身的安全性以及用户的使用安全性
	D	表示用户在使用产品过程中, 可从产品示能、意符以及其他等方面轻松顺利适应各种情景完成操作, 并基于此产生良好感知体验
	E	表示基于产品本身给予老年人心理上的情感满足

熵权法权重计算^[8], 首先由该领域专家对评价指标进行打分, 建立指标评价矩阵。适老化家电产品设计评价方案评价指标为正向指标, 其值越大越好。运用式 $Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$ 对指标数据进行规范化处理, 并进行适老化家电产品设计评价指标的信息熵 E_j 和初始权重 V_j 计算, 公式如下:

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \tag{1}$$

$$V_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^m (1 - E_j)} \tag{2}$$

其中, P_{ij} 为第 j 个需要计算的适老化家电产品设计评价指标下, 第 i 个适老化家电产品设计评估对象样本方案值所占的比重, 即 $P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}$ 。

1.4 基于 DEMATEL 法-KANO 模型的指标权重调整

1.4.1 DEMATEL 法权重计算

DEMATEL 法, 简称实验室法, 1971 年由美国 A.Gabus 和 E.Fontela 在日内瓦会议上提出, 该方法通过有向图和矩阵清晰、有效地阐明各要素之间的逻辑关系, 通过计算可分析各个要素对其他要素的影响度、被影响度及每个要素本身的原因度和中心度, 从

而得到各要素之间的权重值^[9]。该方法能够有效考虑各个指标之间的相互作用关系, 可进一步调整优化由于产品设计评价指标之间非独立性所造成的权重干扰。由表 1 可知, 指标之间的重要性并不是完全一致的, 且各指标之间具有相互影响作用, 因此运用该方法进行指标权重值计算, 具体步骤如下。

1) 邀请专家采用五分点法 (影响作用度量: 0-没有, 1-较小, 2-一般, 3-较大, 4-非常大) 对各指标之间的影响作用进行打分, 构建直接影响矩阵 $X = \{a_{ji}\}_{m \times m}$ 。

2) 规范化直接影响矩阵, 得到矩阵 $N = \{h_{ji}\}_{m \times m}$, h_{ji} 表示如下:

$$h_{ji} = \frac{a_{ji}}{\max \left(\sum_{i=1}^m a_{ji} \right)} \quad (1 \leq j \leq m) \tag{3}$$

3) 各指标中心度计算。首先, 由矩阵 N 运用式 $T = N(I - N)^{-1} = (t_{ji})_{m \times m}$ 求得综合影响矩阵 T , 其中 I 表示单位矩阵, 并基于矩阵 T , 将矩阵中每一行元素求和得到 D_j (影响度), 即各行要素对其他要素的综合影响度; 将矩阵中每一列元素求和得到 C_j (被影响度), 即各列要素受其他要素的综合影响度^[10]。中心度 M_j 表示该要素在评价体系中的位置及作用大小, 计算公式如下:

$$M_j = D_j + C_j \tag{4}$$

4) 指标间影响权重计算。设指标权重为 L_j , 则计算公式如下:

$$L_j = \frac{M_j}{\sum_{j=1}^m M_j} \quad (5)$$

1.4.2 KANO 模型权重调整

KANO 模型由日本狩野纪昭教授提出,主要用于用户需求细分^[11],常被应用在产品领域,涉及各个产品设计品类。KANO 模型将用户需求属性分为五类:基本型需求 M (Basic Quality)、期望型需求 O (Performance Quality)、魅力型需求 A (Attractive Quality)、无差异型需求 I (Neutral Quality)、逆向型需求 R (Reverse Quality)。该方法可有效地将用户满意与不满意需求程度进行细分,更加科学地进行用户需求差异识别。适老化产品设计的核心重点是以用户为中心,综合考虑用户特征及行为需求,因此可引入 KANO 模型对评价指标进行问卷调查,细分用户需求之间的差异性偏好,运用文献^[12]中 KANO 模型权重调整方法,取 4、2、1、0 定义为 A、O、M、I 属性的各类评价指标权重调整系数 ε 。

1.4.3 综合指标权重确定

熵权法确定初始权重可有效降低决策者的主观干扰^[13],同时引入 DEMATEL 法进行指标间相互作用权重调整,并以 KANO 模型对各指标属性进行系数定义,进一步优化指标权重。通过该 3 种赋权方法的组合,更能综合地考虑各指标在方案评价过程中的重要度。因此,综合指标权重 H_j 计算公式如下:

$$H_j = \frac{L_j V_j \varepsilon}{\sum_{j=1}^m L_j V_j \varepsilon} \quad (6)$$

1.5 基于 TOPSIS 法的综合评价方案排序优选

逼近理想解排序法是一种针对多属性问题决策的距离综合评价方法^[14]。该方法中权重值的确定较为重要,因此结合熵权法确定初始权重,以 DEMATEL 法和 KANO 模型进行权重调整,以此进行适老化家电产品设计方案评价优选。方法流程如下。

1) 适老化家电产品设计方案评价数据矩阵构建。横向为评价指标,设有 m 个;纵向为评价样本,设有 n 个,对得到的数据正向化处理,建立矩阵 $U =$

$$\begin{pmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & \cdots & u_{nm} \end{pmatrix}, \text{ 并对其标准化后获得矩阵 } G, G \text{ 中每}$$

$$\text{个元素为 } G_{ij} = \frac{u_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n u_{ij}^2}}。$$

2) 构建加权矩阵 Z_{ij} 。由式 (6) 求得各指标综合权重值 H_j , 并与标准化矩阵进行加权得到加权矩阵 Z_{ij} :

$$Z_{ij} = H_j G_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

3) 正负理想解计算。正负理想解值计算公式如下:

$$Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+) = (\max\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{n1}\}, \max\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{n2}\}, \dots, \max\{z_{1m}, z_{2m}, \dots, z_{nm}\}) \quad (8)$$

$$Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^-) = (\min\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{n1}\}, \min\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{n2}\}, \dots, \min\{z_{1m}, z_{2m}, \dots, z_{nm}\}) \quad (9)$$

4) 欧氏距离计算公式如下:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_j^+ - z_{ij})^2} \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_j^- - z_{ij})^2} \quad (11)$$

5) 计算相对贴近度 (方案最终排序标准)。设 S_i 为相对贴近度, 其中 S_i 值越大表示指标越优, 求解公式如下:

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (12)$$

2 设计方案评价案例应用研究

2.1 设计方案样本确立

老年用户各方面的生理机能下降,对产品操作具有较高的要求。而吸尘器在交互操作方面对老年用户的生理机能具有较大考验,同时老年用户对吸尘器的安全性使用也具有一定挑战。另外随着科技的发展,吸尘器已具有智能属性,而智能性这一特征带给老年用户较大困扰。因此,从吸尘器使用的全流程角度和本身的智能性,综合考虑老年用户特点及产品特征,选取吸尘器作为实验案例,相对其他家电产品具有一定的代表性和典型性。本文通过设计网站、设计期刊及相关设计平台收集整理到吸尘器产品设计方案样本 50 个,并通过邀请家电行业内专家对该样本进行筛选,确定 7 个吸尘器产品设计方案样本,组成本次设计评价模型验证的样本集,见表 2 (表格中所有图片均来源于普象网,为保证评价优选的科学性隐去了产品方案 LOGO 标识)。

2.2 基于 TAME-EDKT 评价模型的方案排序优选

2.2.1 构建初始评价矩阵并标准化

通过邀请 5 名该领域专家 (2 名适老化产品设计领域教授、2 名专业设计师和 1 名老年用户研究专家) 组成专家小组,采用 9 级量表 (1-9 标度) 就该 7 款适老化吸尘器设计方案样本 (F_1 - F_7) 对表 1 中的评价指标进行专家打分,取其平均数,建立初始评价矩阵,见表 3,并进行标准化处理,见表 4。

2.2.2 指标权重确定

1) 熵权法初始指标权重计算。对表 3 中初始适老化家电产品设计方案样本数据进行规范化处理后,运用式 (1) 得到评价指标信息熵值,应用式 (2) 得到权重 V_j , 见表 5。

表 2 适老化吸尘器设计方案样本
Tab.2 Samples of elderly-oriented vacuum cleaner design scheme

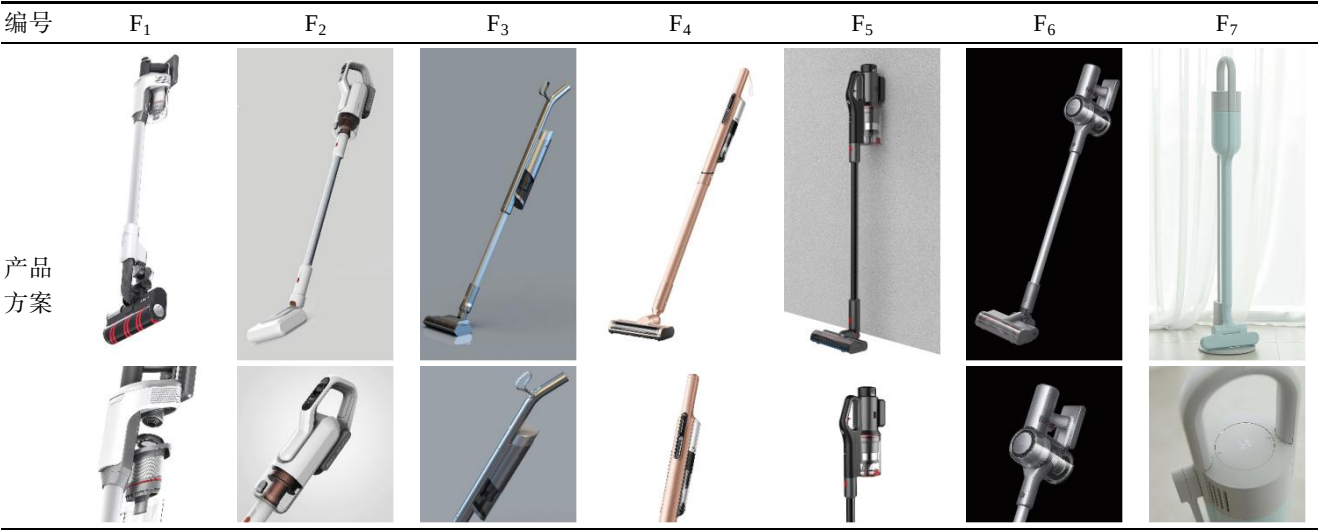


表 3 初始评价矩阵
Tab.3 Initial evaluation matrix

指标层	适老化吸尘器设计方案样本						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
A 感知有用性	7.8	7.8	7.4	7.2	8.0	7.8	7.6
B 感知易用性	8.0	8.2	7.6	7.4	7.6	7.8	7.6
C 感知安全性	8.2	8.0	7.8	7.6	8.2	7.8	8.0
D 感知无障碍性	8.0	7.8	7.6	7.8	7.6	7.8	7.8
E 感知舒适性	7.8	8.2	7.6	7.4	7.8	7.6	7.8

表 4 标准化评价矩阵
Tab.4 Standardized evaluation matrix

指标层	适老化吸尘器设计方案样本						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
A	0.385	0.385	0.365	0.355	0.395	0.385	0.375
B	0.390	0.400	0.371	0.361	0.371	0.381	0.371
C	0.390	0.381	0.371	0.362	0.390	0.371	0.381
D	0.389	0.379	0.370	0.379	0.370	0.379	0.379
E	0.381	0.400	0.371	0.361	0.381	0.371	0.381

表 5 熵权法评价指标权重
Tab.5 Evaluation index weight of entropy weight method

指标层指标	A	B	C	D	E
信息熵值	0.885	0.839	0.876	0.802	0.861
权重 V_j	0.156 0	0.218 5	0.168 2	0.268 7	0.188 6

2) DEMATEL 法指标权重计算。表 1 中的各个指标之间具有相互影响作用，因此采用 DEMATEL 法进行权重计算^[15]。首先通过专家小组对指标间的相互作用关系绘制指标作用有向图（见图 2），并以 5 级标度（0-4 标度）进行赋值构建指标初始直接影响矩阵（见表 6），将数据导入 SPSSAU 中计算，得到指标权重值 L_j （见表 7）。

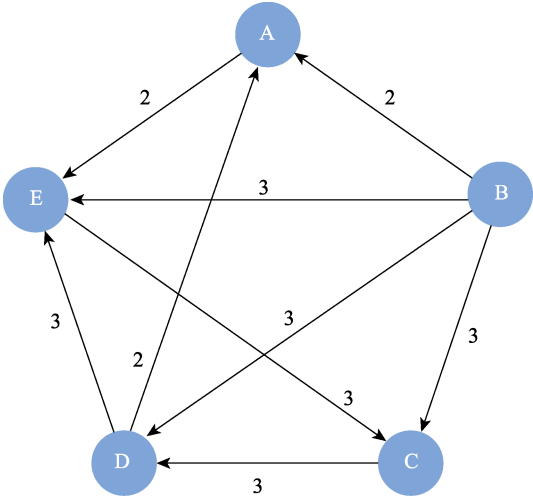


图 2 适老化家电产品设计方案指标关系有向图
Fig.2 Directed graph of index relation of design scheme for elderly-oriented household appliances

表 6 初始直接影响矩阵
Tab.6 Initial direct impact matrix

指标层	A	B	C	D	E
A	0	0	0	0	2
B	2	0	3	3	3
C	0	0	0	3	0
D	2	0	0	0	3
E	0	0	3	0	0

表 7 指标权重值
Tab.7 Index weight value

指标层指标	A	B	C	D	E
权重值 L_j	0.121	0.230	0.202	0.220	0.227

3) KANO 模型权重值调整。运用 KANO 模型针对适老化家电产品设计评价指标体系设计问卷，对

100 名老年用户发放,最终收集到 97 份有效问卷,根据频数最大方法确定各个适老化家电产品设计评价指标的 KANO 分类结果(见表 8),并计算各指标权重值,见表 9。

表 8 适老化家电产品设计用户需求偏好分类

Tab.8 Classification of user's preference in the design of elderly-oriented household appliances

指标层	A	O	M	I	总计	Kano 分类
A	21	28	38	10	97	M
B	20	39	24	14	97	O
C	23	26	37	11	97	M
D	26	37	22	12	97	O
E	34	25	23	15	97	A

表 9 KANO 模型评价指标权重

Tab.9 Evaluation index weight of KANO model

指标层指标	A	B	C	D	E
权重 ε	0.10	0.20	0.10	0.20	0.40

4) 综合权重确定。运用式(6),将表 5、表 7 和表 9 权重值进行综合计算,得到最终综合评价指标权重,见表 10。

表 10 综合评价指标权重

Tab.10 Comprehensive evaluation index weight

指标层指标	A	B	C	D	E
权重 H_j	0.042 6	0.227 0	0.076 7	0.267 0	0.386 7

5) 加权处理。将表 4 与表 10 综合指标权重数据进行加权处理,得到加权评价矩阵,见表 11。

表 11 加权评价矩阵

Tab.11 Weighted evaluation matrix

指标层	适老化吸尘器设计方案样本						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
A	0.016	0.016	0.016	0.015	0.017	0.016	0.016
B	0.089	0.091	0.084	0.082	0.084	0.086	0.084
C	0.030	0.029	0.028	0.028	0.030	0.028	0.029
D	0.104	0.101	0.099	0.101	0.099	0.101	0.101
E	0.147	0.155	0.143	0.140	0.147	0.143	0.147

表 13 各赋权方法对比排序

Tab.13 Comparative ranking of various weighting methods

相对贴适度	赋权方法	适老化吸尘器样本						
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
样本集 S _i 得分	S1	0.714	0.788	0.242	0.148	0.502	0.470	0.441
	S2	0.703	0.800	0.240	0.155	0.438	0.433	0.424
	S3	0.606	0.857	0.244	0.121	0.447	0.357	0.458
	S4	0.601	0.864	0.244	0.118	0.434	0.347	0.455
	S5	0.579	0.857	0.211	0.100	0.400	0.263	0.421

2.2.3 求正负理想解及相对贴合度

由表 11,运用式(8) — (9) 计算得到正负理想解 Z⁺和 Z⁻, 分别如下:

$$Z^+ = (0.017, 0.091, 0.030, 0.104, 0.155)$$

$$Z^- = (0.015, 0.082, 0.028, 0.099, 0.140)$$

由式(10) — (11) 得到欧氏距离 D⁺和 D⁻, 根据式(12) 得到适老化吸尘器产品设计评价指标相对贴适度 S_i, 见表 12。

表 12 相对贴适度

Tab.12 Relative closeness

欧氏距离及 相对贴适度	适老化吸尘器样本						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
D ⁺	0.008	0.003	0.015	0.018	0.012	0.014	0.011
D ⁻	0.011	0.018	0.004	0.002	0.008	0.005	0.008
S _i	0.579	0.857	0.211	0.100	0.400	0.263	0.421
排序	2	1	6	7	4	5	3

由表 12 可知该适老化吸尘器设计方案的优劣性排序结果为 F₂>F₁>F₇>F₅>F₆>F₃>F₄, 即 F₂ 为最优设计方案,且各个适老化吸尘器样本区分度较为明显,该结果也得到了专家的肯定和认可。

3 案例结果验证

为进一步验证该方法的合理性及更优性,分别对不同赋权方法下的权重值进行设计方案的优选结果对比,其中 S1 为不考虑指标间权重与用户需求对权重值的影响(熵权-TOPSIS 法),S2 为考虑指标间权重值影响(熵权-DEMATEL-TOPSIS 法)、S3 为考虑用户需求对指标权重的影响(熵权-KANO 模型-TOPSIS 法)、S4 为考虑指标间权重与用户需求对权重值的影响,即为本文赋权方法。而 S5 赋权方法与 S4 一致,但 S5 结果为本文表 12 数据结果,该结果在后续计算中保留小数点后几位计算得到,为保证 4 种赋权方法的方案结果对比统一性,S1-S4 在后续计算中未保留小数点位数,直接计算,计算方式一致。因此,本文赋权法方案结果(S4)与其他 3 种方法结果具有可比性。S4 与 S5 的 S_i 值不一致,该结果是由于计算过程中保留小数点造成的误差影响,但该误差相对于最终结果排序影响较小,可忽略,详见表 13—14、图 3—4。

		续表						
相对贴适度	赋权方法	适老化吸尘器样本						
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
S _i 归一化处理	S1	0.22	0.24	0.07	0.04	0.15	0.14	0.13
	S2	0.22	0.25	0.08	0.05	0.14	0.14	0.13
	S3	0.20	0.28	0.08	0.04	0.14	0.12	0.15
	S4	0.20	0.28	0.08	0.04	0.14	0.11	0.15
	S5	0.20	0.30	0.07	0.04	0.14	0.09	0.15
各方案排序 (S _i 归一化)	S1	2	1	6	7	3	4	5
	S2	2	1	6	7	3	3	5
	S3	2	1	6	7	4	5	3
	S4	2	1	6	7	4	5	3
	S5	2	1	6	7	4	5	3

由表 13—14、图 3—4 进行结果对比分析。其中 S1 和 S2 评价结果中 F₅、F₆、F₇ 方案结果较为相近, 该两种赋权方法均未考虑到用户需求偏好, 通过图 4 可知, S1 和 S2 权重值的波动较为稳定, 各指标之间权重区分度不够明显, 进而导致评价方案结果较为相近, 不具有较好的区分度。S3 和 S4 方案结果一致, 但通过图 4 可知 S4 折线波动较大, 即 S4 折线权重值

之间的区分度相较 S3 更为显著。为更好地进行设计方案的优选, 需注重各方案之间及各指标之间的差异性, 即具有较好的区分度。显然, 由以上数据结果分析可知, S4 (即本文赋权方法) 更能较好地反映各指标及各方案之间的差异性, 相对其他 3 种赋权方法更为科学合理。因此, TAME-EDKT 设计方案评价模型具有较好的科学性。

表 14 各赋权方法权重值对比
Tab.14 Comparison of weight values of various weighting methods

赋权方法	A	B	C	D	E
S1	0.156 0	0.218 5	0.168 2	0.268 7	0.188 6
S2	0.092 1	0.245 1	0.165 7	0.288 3	0.208 8
S3	0.075 99	0.212 86	0.081 93	0.261 76	0.367 46
S4	0.042 6	0.227 0	0.076 7	0.267 0	0.386 7

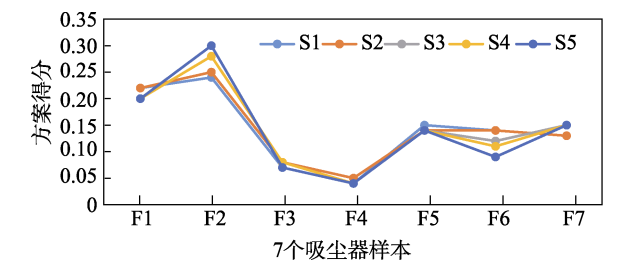


图 3 4 种赋权法方案结果归一化对比
Fig.3 Normalized comparison of results of four weighting schemes

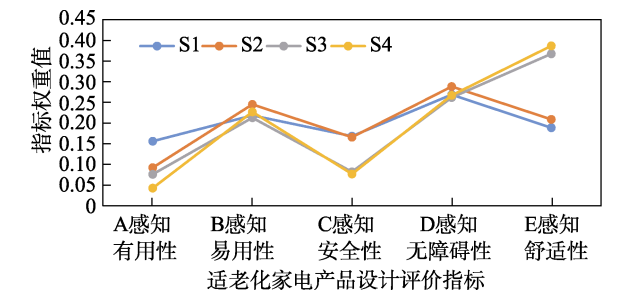


图 4 4 种赋权法权重对比
Fig.4 Comparison of weights of four weighting methods

4 结语

本文基于老年技术接受模型, 融合熵权法、DEMATEL 法、KANO 模型和 TOPSIS 法构建 TAME-EDKT 设计方案评价模型, 开展了适老化家电产品设计评价工作, 以吸尘器设计方案为例, 验证了该模型指标集的适老性, 同时以熵权法确定初始权重, 降低主观赋权法的主观误差, 并运用 DEMATEL 法和 KANO 模型进一步优化了在适老化家电产品设计评价过程中, 指标间相互影响作用的干扰性和忽略用户需求的片面性等问题。该方法具有较好的合理性和优越性, 补充了适老化产品设计领域的理论研究, 进一步促进了适老化产品设计的发展。

本文着重考虑了用户需求及指标之间的影响作用, 但专家评判的准则方式及专家样本的数量等因素均会对适老化家电产品评价结果造成影响。另外, 基于 KANO 模型的用户群体问卷调查, 由于被调查用户的知识背景、社会因素及样本结构等也会对结果产生影响, 在后续研究中将会对其进行细化补充。

参考文献:

[1] 胡珊, 杨梓桐, 贾琦, 等. 基于累积前景理论的老年智能导购车设计评价[J]. 机械设计, 2022, 39(2): 146-153.
HU Shan, YANG Zi-tong, JIA Qi, et al. Evaluation of Intelligent Guided Vehicle Design for the Elderly Based on Cumulative Prospect Theory[J]. Journal of Machine Design, 2022, 39(2): 146-153.

- [2] 杨超翔, 程建新, 丁伟, 等. 基于模糊分析的老年概念产品感性评价方法研究[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 128-132.
YANG Chao-xiang, CHENG Jian-xin, DING Wei, et al. Evaluation of Product Conceptual Design Based on Fuzzy Analysis[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 128-132.
- [3] 周清华, 史雅敏. 直觉模糊集 TOPSIS 法的老年代步车设计评价[J]. 系统科学学报, 2020, 28(3): 112-115.
ZHOU Qing-hua, SHI Ya-min. Evaluation of the Design of the Elderly Roadstock Based on Intuitionistic Fuzzy Set TOPSIS Method[J]. Chinese Journal of Systems Science, 2020, 28(3): 112-115.
- [4] 杨冬梅, 张健楠, 许晓云. 基于模糊综合评价法的老年购物车设计[J]. 机械设计, 2016, 33(9): 117-120.
YANG Dong-mei, ZHANG Jian-nan, XU Xiao-yun. Design of Elderly Shopping Cart Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(9): 117-120.
- [5] 程永胜, 徐晓琪, 李波, 等. 适老化产品设计属性及策略[J]. 福建工程学院学报, 2022, 20(1): 89-95.
CHENG Yong-sheng, XU Xiao-qi, LI Bo, et al. Design Attributes and Strategies of Elderly-Oriented Products[J]. Journal of Fujian University of Technology, 2022, 20(1): 89-95.
- [6] 罗军波. 适合老年人的智能产品设计研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2016.
LUO Jun-bo. Intelligent Product Design Research is Suitable for the Elderly[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2016.
- [7] 程朋根, 黄毅. 基于 AHP-熵权法的南昌市洪涝风险评估[J]. 人民长江, 2021, 52(10): 18-25.
CHENG Peng-gen, HUANG Yi. Flood Risk Assessment of Nanchang City Based on AHP and Entropy Method[J]. Yangtze River, 2021, 52(10): 18-25.
- [8] 刘音, 马吉燕, 陈森, 等. 基于 G1-熵权法的高校化工实验室多级可拓评价[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(3): 268-272.
LIU Yin, MA Ji-yan, CHEN Sen, et al. Multi-Stage Extension Evaluation of University Chemical Laboratory Based on G1-Entropy Weight Method[J]. Experimental Technology and Management, 2022, 39(3): 268-272.
- [9] 贾春香, 马淑华, 郝婷. 基于 Grey-DEMATEL 法的创新绩效关键影响因素研究[J]. 会计之友, 2020(16): 133-140.
JIA Chun-xiang, MA Shu-hua, HAO Ting. Research on Key Influencing Factors of Innovation Performance Based on Grey-DEMATEL Method[J]. Friends of Accounting, 2020(16): 133-140.
- [10] 吴剑锋, 汪圆圆, 矫东芳, 等. 基于 Kano 和 DEMATEL 方法的产品需求排序策略[J]. 机械设计, 2022, 39(2): 138-145.
WU Jian-feng, WANG Yuan-yuan, JIAO Dong-fang, et al. Product Requirement Ranking Strategy Based on Kano and DEMATEL Methods[J]. Journal of Machine Design, 2022, 39(2): 138-145.
- [11] 郑林欣, 沃晨雯, 王思奇, 等. 基于 Kano 模型的蜡染技艺体验设计[J]. 丝绸, 2022, 59(1): 102-108.
ZHENG Lin-xin, WO Chen-wen, WANG Si-qi, et al. Experience Design of Batik Art Based on Kano Model[J]. Journal of Silk, 2022, 59(1): 102-108.
- [12] 杨涛, 杨育, 薛承梦, 等. 考虑客户需求偏好的产品创新设计方案多属性决策评价[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(2): 417-426.
YANG Tao, YANG Yu, XUE Cheng-meng, et al. Multi-Attribute Decision-Making Evaluation Method for Product Innovation Design Scheme with Demand Preferences of Customers[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(2): 417-426.
- [13] 张长勇, 张倩倩. 基于 AHP-熵权法的货舱码垛效果模糊综合评价[J]. 包装工程, 2020, 41(23): 135-140.
ZHANG Chang-yong, ZHANG Qian-qian. Fuzzy Comprehensive Evaluation of Cargo Palletizing Effect Based on AHP-Entropy Weight Method[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(23): 135-140.
- [14] 吕欣, 刘玉云. 基于 AHP-TOPSIS 方法的儿童安全座椅设计方案评价研究[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 150-155.
LYU Xin, LIU Yu-yun. Evaluation of Design Alternatives for Child Safety Seat Based on AHP-TOPSIS[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 150-155.
- [15] 李红霞, 张嘉琦, 陈磊, 等. 基于 AHP-DEMATEL 的煤矿安全管理水平评估研究[J]. 矿业研究与开发, 2021, 41(4): 118-123.
LI Hong-xia, ZHANG Jia-qi, CHEN Lei, et al. Research on Coal Mine Safety Management Level Evaluation Based on AHP-DEMATEL[J]. Mining Research and Development, 2021, 41(4): 118-123.

责任编辑: 陈作