

# 基于FAHP方法的家用健身车外观设计偏好

潘长学<sup>1</sup>, 张璜<sup>1</sup>, 康信辉<sup>2</sup>, 邓文杰<sup>3</sup>

(1.武汉理工大学, 武汉 430070; 2.华东理工大学, 上海 200237; 3.澳门科技大学, 澳门 519020)

**摘要:** **目的** 以家用健身车为实验对象, 以感性工学为基础, 利用FAHP方法探讨消费者感性需求、偏好与产品外观设计元素之间的关系。**方法** 在对40位专业人士及健身车消费者的问卷调查基础上, 以模糊层次分析法为测试方法进行综合评价。通过层级分析法建立包含健身车屏幕、把手、把手支架、主体轮廓及底座5个属性在内的指标评价体系。根据市面上70款健身车样本提炼出待评价类目, 将测试的结果及所得的相对权重值与模糊评价方法相结合, 进行等级评价和优先次序排列。**结论** 最终得出各项外观设计因素的评价结果及相对权重值, 并形成外观设计偏好的优先次序结果, 为企业和设计师提供技术指导, 设计出符合消费者真实生活需求的健身器材。

**关键词:** 感性工学; 产品外观设计; 模糊层次分析法; 模糊理论; 家用健身车

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)12-0175-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.12.031

## Appearance Design of Home Exercise Bike Based on FAHP Method

PAN Chang-xue<sup>1</sup>, ZHANG Huang<sup>1</sup>, KANG Xin-hui<sup>2</sup>, DENG Wen-jie<sup>3</sup>

(1.Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 2.East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 3.Macau University, Macau 519020, China)

**ABSTRACT:** The work aims to explore the relationship between perceptual needs and preferences of consumers and product design elements by FAHP method with home exercise bikes as experimental subjects and on the basis of Kansei engineering. Based on a questionnaire survey of 40 professionals and exercise bike consumers, a comprehensive evaluation was conducted with fuzzy analytic hierarchy process as the testing method. Through analytic hierarchy process, an index evaluation system including five parameters of the screen, handle, handle support, main body contour and base of the exercise bike was established. According to the sample of 70 types of exercise bikes on the market, the categories to be evaluated were extracted, and the results of the tests and the relative weights obtained were combined with the fuzzy evaluation method to rank and prioritize. The evaluation results and relative weight values of various appearance design factors are finally obtained, and the priority results of appearance design preferences are formed, thus providing technical guidance for enterprises and designers to design fitness equipment that meets consumers' real-life needs.

**KEY WORDS:** Kansei engineering; product design; FAHP; fuzzy theory; home exercise bike

现在消费者对健身车的需求, 由最初的实用功能发展到对自身价值实现的需求, 因此, 家用健身车的外观因素也成为消费者在购买产品时所需要考虑的重要因素之一。本研究收集了市场上常见的70款健身车, 对40位目标用户进行了问卷调查, 并运用FAHP模糊层次分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

对健身车的外观设计因素进行解析, 以帮助设计师及企业找到家用健身车的设计偏好及最优方案。

### 1 层次分析法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称

收稿日期: 2019-02-06

作者简介: 潘长学 (1965—), 男, 湖北人, 武汉理工大学教授, 主要研究方向为产品集成创新。

通信作者: 张璜 (1993—), 女, 江西人, 武汉理工大学博士生, 主要从事设计学理论及视觉设计研究。

AHP)是由匹兹堡大学托马斯·赛蒂(Thomas L. Saaty)教授于1971年正式提出的。层次分析法是一种简单、方便、实用、多准则的方法。它是一种定性与定量结合、系统化、层级化的分析方法<sup>[1-2]</sup>。它可以把复杂的问题简化成系统级的问题,然后对各要素之间的重要性进行比较评价。其方法灵活简便,因此迅速在我国社会经济的各个领域得到广泛运用,其中包括在经济管理、资源配置、最优方案决策、城市规划、系统设计、科研评价等问题上的应用。

层次分析法的核心思路是将待解决的问题分层次系列化并数量化。该方法用于健身车外观设计时,首先要确定影响健身车设计的因素,并按一定的准则对这些设计因素分层,其操作的基本过程为:(1)建立层级结构模型;(2)建立判断矩阵,通过元素间的一一对比建立元素间的优先次序;(3)计算权重值并通过一致性检验(一致性检验通过即为有效的参考值);(4)计算综合权重值并做综合权重一致性检验,一旦通过后便可按组合权向量的显示结果进行决策。

设计学领域中,研究者们也利用层次分析法分析了大量的设计决策问题。Kwai-Sang Chin结合了层次分析法和证据推理(Evidence Reasoning)的创新方法,从而帮助制造商在新产品开发、设计的早期筛选阶段处理群决策不稳定性问题<sup>[3]</sup>。Gülfem Işıklar应用层次分析法,评价用户使用手机功能时的偏好次序,从而建立评价标准的相对权重<sup>[4]</sup>。

## 2 模糊层次分析法

层次分析法在定性分析的基础上进行定量分析,将两者结合以提出系统分析的办法。然而,层次分析法容易受到极值的影响,层次关系的建立容易趋于主观性。受访者可能不会了解所有等级制度所涉及的问题。模糊综合评价法是基于模糊数学原理,用于研究具有模糊性的数学方法。当人们在决策时,往往会因为问题的不明确性而作出模糊的判断选择,因此,学者们在层次分析法的基础上提出了模糊层次分析法(简称FAHP)。模糊层次分析法是一种将定性和定量分析相结合的多准则决策方法<sup>[5]</sup>。本研究采用模糊

层次分析法对专家组及受访者意见进行评价,有效地解决受访者在决策时主观判断可能有误差或不准确等问题。

研究者们也在早期的设计概念评估中将层次分析法与模糊数理论相结合,用以解决专家评估的模糊性和主观性<sup>[6]</sup>。Tolga Kaya在其研究中就模糊多准则决策的层次分析法重点探讨对林业治理的综合办法<sup>[7]</sup>。Varun Tiwari利用模糊集和VIKOR法评价产品概念设计方案<sup>[8]</sup>。Hesam Shidpour利用模糊集理论的群多准则讨论设计概念评价方法<sup>[9]</sup>。布里斯托大学研究人员在绿色产品开发中同样利用模糊方法进行研究<sup>[10]</sup>。Mahdi Sabaghi等人运用模糊层次分析法和Shannon熵公式在层次结构的每个影响因素中对设置用户界面的相对重要性进行组合,从而促进不同产品和过程的持续性评价<sup>[11]</sup>。国内很多学者也在各种产品的可用性及偏好性、满意度等方面开展了研究<sup>[12-13]</sup>。

## 3 家用健身车的案例研究

### 3.1 基于FAHP方法的家用健身车外观设计偏好评价流程

1)收集样本,通过形态分析得出健身车的设计要素及特种。本案例共收集70款健身车图片资料,以健身车的安全使用说明为基本考量标准。

2)建立指标层次结构,目标层为家用健身车外观设计偏好。通过小组研究法,最终将因素层分为5个设计要素,即屏幕、把手、把手支架、主体轮廓及底座。类目层则根据收集的健身车样本,细化每一个设计要素。

3)根据设计要素分类挑选代表性样本,以代表性的类目为基础制作用户对家用健身车造型设计偏好的调查问卷。

4)根据问卷结果建立家用健身车外观设计的模糊判断模型,并进行结果测试及分析。

5)计算相对权重并得出结论,获得用户对家用健身车造型设计的偏好,为设计师找到产品设计的优先次序。家用健身车FAHP评价流程见图1。

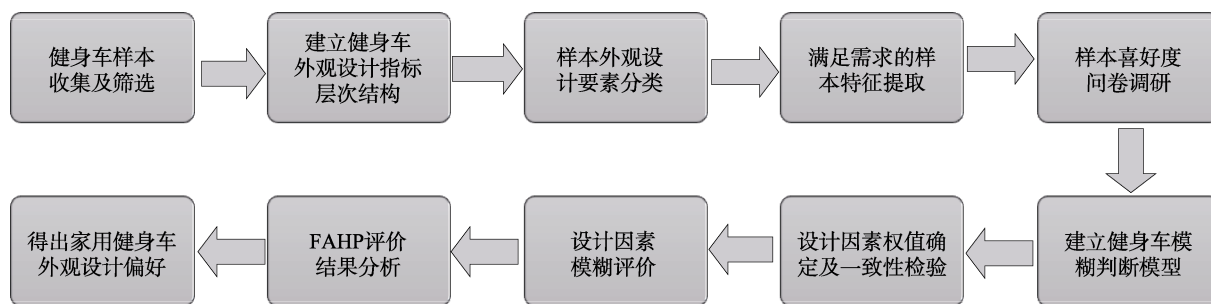


图1 家用健身车FAHP评价流程  
Fig.1 FAHP evaluation process of home exercise bike

### 3.2 家用健身车外观设计 FAHP 模型构建及权值的确立

#### 3.2.1 建立指标层次结构

根据家用健身车特性构建的层次结构模型，家用健身车外观设计层次结构模型见图 2，第一层为目标层 P，即家用健身车外观设计偏好。第二层为因素层，即影响健身车设计的 5 个要素 A~E。这 5 个要素分别

对应屏幕、把手、支架、主体和底座。第三层则为类目层，分为 A1~A5, B1~B7, C1~C5, D1~D7, E1~E5，即每个设计要素的具体形态，健身车设计的具体类目形态见表 1。其中类目层对因素层的影响存在强弱差异，其强弱差异通过问卷结果来体现。

#### 3.2.2 产品造型元素提取及问卷准备

家用健身车设计偏好问卷表设计见图 3。此问卷

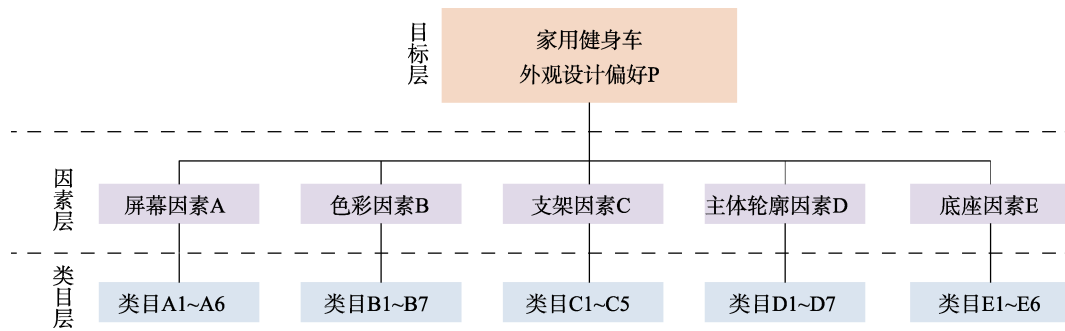


图 2 家用健身车外观设计层次结构模型  
Fig.2 Hierarchy structure model of home exercise bike appearance design

表 1 健身车设计的具体类目形态  
Tab.1 Specific form category of exercise bike

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	
屏幕 A							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
把手 B							
	C1	C2	C3	C4	C5		
把手 支架 C							
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
主体 轮廓 D							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
底座 E							

问卷内容：为了解您挑选家用健身车时，考量的各种因素之间的关系。请您挑选健身车时，考虑的各项因素中，哪个比较重要？请两两比较，勾选（√）两者之间的关系（1-9）：  
1：表示两者之间同等重要；  
9：表示较靠近的那端，该因素重要性比较高

因素 1	比较重要 ← 同等重要 → 比较重要									因素 2								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9
屏幕							√											把手
					√													把手支架
						√												主体
把手						√												底座
							√											把手支架
								√										主体
								√										底座

项目 1	比较重要 ← 同等重要 → 比较重要									因素 2								
屏幕	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
							√											把手
									√									把手支架
										√								主体
											√							底座
												√						把手支架
													√					主体
														√				底座

图3 家用健身车设计偏好问卷表  
Fig.3 Preference questionnaire of home exercise bike design

的有效性由检验结果的一致性来决定。本研究对 40 位有家用健身车需求及经验的用户进行调查。参与的用户包含 5 位专家（1 位体育教师，4 位健身教练），25 位健身车爱好者（15 位男性，10 位女性），2 位家用健身车专卖店老板，8 位家用健身车的购买者。

3.2.3 模糊判断矩阵的构建

AHP 法在构建判断矩阵时没有考虑到人在作判断时的模糊性，因此，有不少学者提出了适用于模糊 AHP 的分析方法，利用模糊数代替 AHP 结构模型中的精确数，以提高评价的科学性。本文的 FAHP 中的模糊数采用的是三角模糊数，通过三角模糊数对精确数进行处理，最终获得量化结果。文中采用 1~9 比例标度来表示指标间重要程度的大小，1~9 比例标度定义项的量化及含义见表 2。

表 2 1~9 比例标度定义项的量化及含义  
Tab.2 Quantification and meaning of 1-9 scale definition

标度等级	语义评价	模糊数值
1	同等重要	$1/m_{ij} = (1, 1, 2)$
3	稍微重要	$\tilde{3} = (2, 3, 4)$
5	重要	$\tilde{5} = (4, 5, 6)$
7	非常重要	$\tilde{7} = (6, 7, 8)$
9	极为重要	$\tilde{9} = (8, 9, 9)$
2, 4, 6, 8	两个连续尺度中插入一个中间值	$\tilde{2} = (1, 2, 3),$ $\tilde{4} = (3, 4, 5),$ $\tilde{6} = (5, 6, 7),$ $\tilde{8} = (7, 8, 9)$
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	元素 i 与 j 的重要之比是 $a_{ij}$ ，则元素 i 与 j 的重要性之比 $a_{ij}=1/a_{ji}$	$\tilde{1/3} = (1/4, 1/3, 1/2)$ $\tilde{1/5} = (1/6, 1/5, 1/4)$ $\tilde{1/7} = (1/8, 1/7, 1/6)$ $\tilde{1/9} = (1/9, 1/9, 1/8)$

受访者通过对同一准则下的各个子准则进行两两比较，并按选取的相应标度作出判断，带入三角模

糊数，得到模糊互反判断矩阵  $\tilde{R}$ ，记为： $\tilde{R} = (\tilde{r}_{ij})_{n \times n}$ ，其中， $\tilde{r}_{ij}$  的模糊集合为  $(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ ，且  $\tilde{r}_{ij} = \tilde{r}_{ji}^{-1} = (1/l_{ij}, 1/m_{ij}, 1/u_{ij})$ ， $m_{ij}$  的取值采用的标度法为 1~9 比例标度。当  $\tilde{r}_{ij} = \tilde{r}_{ji}^{-1} = 1$  时，表示两个相比时结果为同等重要。

根据健身车外观设计指标层次结构，建立如下三角模糊数互反判断矩阵：

$$\tilde{P} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1/3} & \tilde{1/4} & \tilde{1/2} \\ \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} \\ \tilde{3} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{3} \\ \tilde{3} & \tilde{3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{3} \\ \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1/2} & \tilde{1} \\ \tilde{1/3} & \tilde{1} & \tilde{1/3} & \tilde{1/4} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} \\ \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{2} \\ \tilde{2} & \tilde{4} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{3} \\ \tilde{2} & \tilde{4} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{3} \\ \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{1/2} & \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{5} & \tilde{5} \\ \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{4} & \tilde{5} \\ \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{4} \\ \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{4} & \tilde{5} \\ \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1/3} & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{3} \\ \tilde{1/5} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} & \tilde{1} & \tilde{2} \\ \tilde{1/5} & \tilde{1/5} & \tilde{1/4} & \tilde{1/5} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{1/3} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} & \tilde{1/3} \\ \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1/2} & \tilde{1/2} \\ \tilde{4} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{2} \\ \tilde{3} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1} \\ \tilde{3} & \tilde{2} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{1} \\ \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{2} \\ \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{1} \\ \tilde{1/2} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1/2} \\ \tilde{1/2} & \tilde{1/2} & \tilde{1/2} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1/2} \\ \tilde{1/3} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1} \\ \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{1} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{E} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1/4} & \tilde{1/2} & \tilde{2} \\ \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{2} & \tilde{1/3} & \tilde{1/2} & \tilde{1} \\ \tilde{1} & \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} & \tilde{1} \\ \tilde{4} & \tilde{3} & \tilde{4} & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{4} \\ \tilde{2} & \tilde{2} & \tilde{3} & \tilde{1/3} & \tilde{1} & \tilde{3} \\ \tilde{1/2} & \tilde{1} & \tilde{1} & \tilde{1/4} & \tilde{1/3} & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

3.2.4 特征向量计算及一致性检验

1) 计算评价准则的综合权重值

(1) 计算向量  $\tilde{W}_i$ , 每列  $i$  在  $\tilde{R}$  的模糊权重:

$$\tilde{Z}_i = \tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in} \quad \forall i=1,2,\dots,n$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_1 \oplus \tilde{Z}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1}, \quad \forall i=1,2,\dots,n$$

以屏幕为例, 根据公式可以算出以下结果:

$$\tilde{Z}_{A1} = (0.778, 0.953, 1.782)$$

$$\tilde{W}_{A1} = (0.144, 0.134, 0.157)$$

$$\tilde{Z}_{A2} = (0.292, 0.364, 0.550)$$

$$\tilde{W}_{A2} = (0.054, 0.051, 0.048)$$

$$\tilde{Z}_{A3} = (0.707, 0.935, 1.513)$$

$$\tilde{W}_{A3} = (0.131, 0.132, 0.133)$$

$$\tilde{Z}_{A4} = (1.513, 2.040, 3.141)$$

$$\tilde{W}_{A4} = (0.280, 0.288, 0.276)$$

$$\tilde{Z}_{A5} = (1.513, 2.040, 3.141)$$

$$\tilde{W}_{A5} = (0.280, 0.288, 0.276)$$

$$\tilde{Z}_{A6} = (0.589, 0.742, 1.260)$$

$$\tilde{W}_{A6} = (0.109, 0.105, 0.111)$$

(2) 解模糊值  $\tilde{W}_i$ ,

$$\tilde{W}_i = \text{Defuzzy}(\tilde{W}_i)$$

屏幕 A1-A6 的解模糊值如下:

$$\tilde{W}_A = \begin{bmatrix} 0.145 \\ 0.051 \\ 0.132 \\ 0.282 \\ 0.280 \\ 0.108 \end{bmatrix}$$

算相对权重  $W_i$ , 即进行归一化计算;

$$W_i = \frac{\tilde{W}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{W}_i}$$

屏幕 A1-A6 的归一化值如下:

$$W_A = \begin{bmatrix} 0.145 \\ 0.051 \\ 0.132 \\ 0.283 \\ 0.281 \\ 0.108 \end{bmatrix}$$

2) 一致性检验。为了保证量化结果的科学性, 最终的权重结果需要进行合理性检验, 也就是模糊判断矩阵的一致性检验。计算一致性指标  $CI$  (consistency index):

$$CI = \lambda_{\max} - n / (n-1)$$

并以一致性比率  $CR$  (consistency ratio) 作为一致性程度是否满意的标准:

$$CR = CI / RI \quad (\text{random index})$$

其中  $RI$  为一致性指标, 可通过平均、随机的一致性指标获得。如果  $CR < 0.1$ , 则判断矩阵一致性合理; 反之, 则需适当调整判断矩阵。经计算, 判断矩阵都具有有一致性, 权重数合理。

3.3 家用健身车造型设计 FAHP 评价结果

由以上 FAHP 的测试数据分析可获得各个外观设计要素类目的权重系数, 并从实验数据得出以下结果: 把手支架是用户最看重的家用健身车设计要素 (0.361), 其次是主体轮廓 (0.303), 底座 (0.142), 把手 (0.111), 权重最小的设计因素是屏幕 (0.083)。家用健身车外观设计因素的权重见图 4。

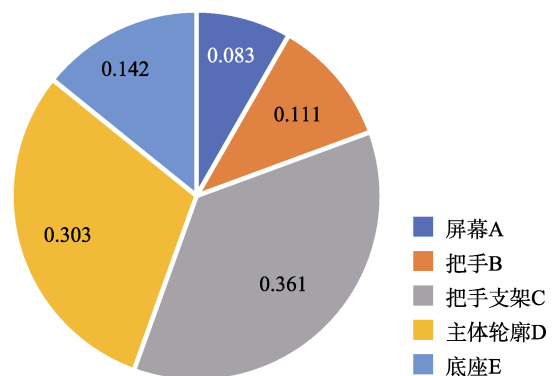


图 4 家用健身车外观设计因素的权重  
Fig.4 Weights of home exercise bike design factor

由图 4 可知, 在 5 个影响健身车的设计因素中, 把手支架 (0.361) 的权重最高。其优先级为把手支架 > 主体轮廓 > 底座 > 把手 > 屏幕, 可见用户对于健身车设计的稳固性最为关注。此外, 根据 FAHP 法得到的设计类目各权重系数如下。家用健身车外观设计类

目权重见图5。

由分析可知，在屏幕因素中，屏幕A4(0.283)的相对权重是所有类目中最高值，因此，用户在选择屏幕时，都倾向于选择较大的显示屏幕。家用健身车屏幕设计的优先次序见表3。

第2项把手因素，最高的相对权重为把手B1(0.285)，其次是把手B2(0.207)、把手B4(0.207)，

最后是把手B7(0.037)。由结果可看出，用户更倾向反向把手，或者扶柄相对较高的把手。另一方面，不倾向使用直柄的把手。家用健身车把手设计的优先次序见表4。

在第3项设计因素—把手支架因中，相对权重最高把手支架是支架C3(0.285)。家用健身车把手支架设计的优先次序见表5。

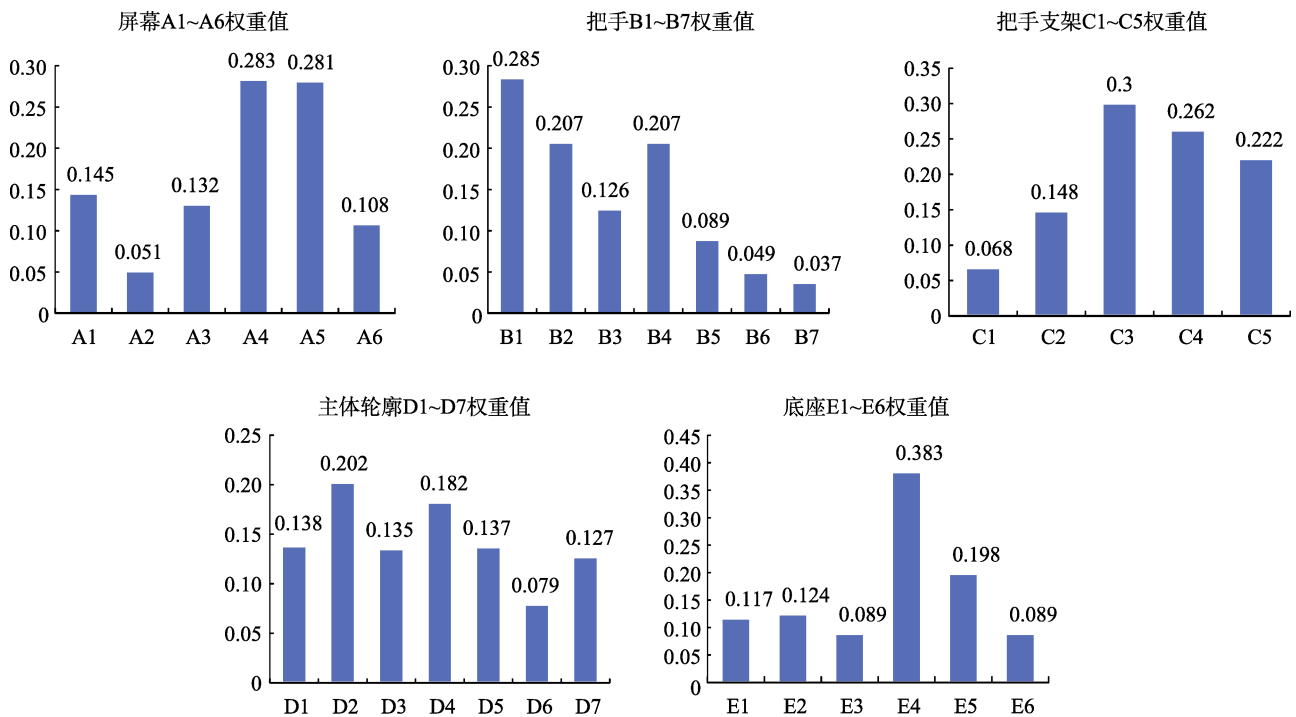


图5 家用健身车外观设计的类目权重  
Fig.5 Category weights of home exercise bike design

表3 家用健身车屏幕设计的优先次序

Tab.3 Priorities of home exercise bike screen design






	A4(0.283)	A5(0.281)	A1(0.145)	A3(0.132)	A6(0.108)	A2(0.051)
屏幕因素 A						

表4 家用健身车把手设计的优先次序

Tab.4 Priorities of home exercise bike handle design

	B1(0.285)	B2(0.207)	B4(0.207)	B3(0.126)	B5(0.089)	B6(0.049)	B7(0.037)
把手因素 B							

表 5 家用健身车把手支架设计的优先次序  
Tab.5 Priorities of home exercise bike handle bracket design

	C3(0.3)	C4(0.262)	C5(0.222)	C2(0.148)	C1(0.068)
把手支架 因素 C					

在主体轮廓因素中，主体 D2 (0.202) 的相对权重最高。这是 7 个主体类目中造型最圆润且最简洁的，这表明用户在购买家用健身车时希望有良好的稳定性，同时追求最简洁的造型。家用健身车主体轮廓设计的优先次序见表 6。

最后，底座因素中，底座 E4 (0.383) 的相对权重最高，其次是底座 E2 (0.230)，相对权重最低

的为底座 E3 (0.093)。家用健身车底座设计的优先次序见表 7。

本研究按以上的分析结果，进一步拟定出设计师或企业对家用健身车设计造型上的关注度及偏好倾向，从而可以更加快速、准确地进行产品设计及优化，家用健身车外观设计方案见图 6。最终的产品外观可以根据此设计方案进行细化和完善。

表 6 家用健身车主体轮廓设计的优先次序  
Tab.6 Priorities of home exercise bike body outline design


	D2(0.202)	D4(0.183)	D1(0.138)	D5(0.137)	D3(0.135)	D7(0.127)	D6(0.079)
主体轮廓 因素 D							

表 7 家用健身车底座设计的优先次序  
Tab. Priorities of home exercise bike base design







	E4(0.383)	E5(0.198)	E2(0.124)	E1(0.117)	E3(0.089)	E6(0.089)
底座因素 E						



图 6 家用健身车外观设计方案  
Fig.6 Design case of home exercise bike

#### 4 结语

设计家用健身车造型是一个综合、复杂的过程，此过程与用户需求、体验交织。以目标人群的偏好为研究的出发点，是产品设计的重要方法。感性工学作为研究用户需求的重要手段，和其他的设计方法一样，具有自身的特点和方法论。文章以 FAHP 理论及方法展开对家用健身车造型设计偏好的研究。首先，搜集市场上主流的健身车造型，获取用户对于样本造型的偏好意向。其次，通过对产品的元素解构，获取元素之间的对应设计分类图。接着对受访者进行调查。最后，通过构建判断矩阵并引入模糊理论对问卷进行分析。通过一系列的设计调研及分析流程，最终综合得出用户对家用健身车的造型设计偏好，由此将 FAHP 的分析方法综合引入了健身车

设计中。这能较为全面地反映用户对于产品的造型诉求，帮助设计师准确地把握造型设计要素，并让用户参与了设计。

#### 参考文献：

- [1] Thomas L S. Fundamentals of Decision Making: the Analytic Hierarchy Process[M]. Pittsburgh: RWS Publications, 2006.
- [2] 李良春, 关继成, 刘仲权. 基于 FAHP 的军品包装外包商的选择[J]. 包装工程, 2016, 37(1): 56—60.  
LI Liang-chun, GUAN Ji-cheng, LIU Zhong-quan. Outsourcers Selection of Military Packaging Based on FAHP[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(1): 56—60.
- [3] CHIN K S, XU D, YANG J B, LAM J P K. Group-based ER-AHP System for Product Project Screening[J]. Expert Systems with Applications. 2008, 35(4): 1909—1929.
- [4] IŞIKLAR G, BÜYÜKÖZKAN G. Using a Multi-criteria Decision-making Approach to Evaluate Mobile Phone Alternatives[J]. Computer Standards & Interfaces. 2007, 29(2): 265—274.
- [5] ZHU G N, HU J, QI J. An Integrated AHP and VIKOR for Design Concept Evaluation Based on Rough Number [J]. Advanced Engineering Informatics. 2015, 29(3): 408—418.
- [6] 魏峰, 董石羽, 徐伯初. 基于模糊层次分析的高速列车座椅舒适度评估与应用[J]. 机械设计, 2017, 34(4): 119—123.  
WEI Feng, DONG Shi-yu, XU Bo-chu. Comfort Evaluation and Application of High-speed Train Passenger Seat Based on FAHP[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(4): 119—123.
- [7] TOLGA K, CENGİZ K. Fuzzy Multiple Criteria Forestry Decision Making Based on an Integrated VIKOR and AHP Approach[J]. Expert Systems with Applications. 2011, 38(6): 7326—7333.
- [8] VARUN T, PRASHANT K J, Puneet T. Product Design Concept Evaluation using Rough Sets and VIKOR Method[J]. Advanced Engineering Informatics. 2016, 30(1): 16—25.
- [9] HESAM S, CATHERINE D C, ALAIN B, Group Multi-criteria Design Concept Evaluation Using Combined Rough Set Theory and Fuzzy Set Theory[J]. Expert Systems with Applications. 2016, 64(1): 633—644.
- [10] WANG X J, CHAN H K, DONG L. A Case Study of an Integrated Fuzzy Methodology for Green Product Development[J]. European Journal of Operational Research. 2015, 241(1): 212—223.
- [11] MAHDI S, CHRISTIAN M. Sustainability Assessment Using Fuzzy-inference Technique(SAFT): a Methodology toward Green Products[J]. Expert Systems with Applications. 2016, 56(1): 69—79.
- [12] 姚湘, 胡鸿雁, 李江泳. 基于感性工学的车身侧面造型设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(2): 40—43.  
YAO Xiang, HU Hong-yan, LI Jiang-yong. Automotive Bodyside Styling Design Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 40—43.
- [13] 李永锋, 朱丽萍. 基于模糊层次分析法的产品可用性评价方法[J]. 机械工程学报, 2012, 48(14): 183—191.  
LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Product Usability Evaluation Method Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(14): 183—191.