

基于层次化的产品触感评价方法与应用

曾栋^{1,2}, 周砖^{1,2}

(1.中国矿业大学, 徐州 221000; 2.徐州市工业与智能装备创新设计工程技术研究中心, 徐州 221000)

摘要: **目的** 为了解决产品触感体验过程中认知模糊性强、感官实验被试负担重、难以清晰描述情感—产品物理属性关系等问题。**方法** 首先, 通过焦点小组得到了若干描述触感的形容词集合, 并基于相似性评估实验与多维尺度分析, 聚类得到了释义触觉综合情感的若干情感因素; 然后, 通过触觉评价实验, 得到了触觉综合情感与各情感因素的感性数据, 并建立了触觉综合情感与各情感因素的多重线性回归方程; 接着, 对各物理属性进行主成分分析, 将物理属性主成分与各情感因素进行相关性分析。**结果** 结合层次化思想, 通过感官实验与数理统计方法, 建立了“触觉综合情感—情感因素—物理属性”评价模型, 得到了各物理属性对触感影响的排序。**结论** 对触感等强模糊性认知过程进行了深入解析, 清晰化了模糊的触感体验, 为产品触觉体验评估与设计提供了参考。

关键词: 触感; 层次化; 情感因素; 体验设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)18-0123-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.18.019

Evaluation Method and Application of Product Tactile Perception Based on Hierarchical Structure

ZENG Dong^{1,2}, ZHOU Zhuan^{1,2}

(1.China University of Mining and Technology, Xuzhou 221000, China; 2.Xuzhou Industrial and Intelligent Equipment Innovation Design Engineering Technology Research Center, Xuzhou 221000, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problems of strong cognitive ambiguity, heavy burden on sensory test subjects and difficulty in clearly describing the relationship between emotion and physical properties of products in the process of product tactile experience. First of all, through focus group, a number of adjective sets describing tactile perception were obtained, and based on similarity estimation experiment and multidimensional scaling analysis, several emotional factors which could explain the tactile comprehensive emotions were obtained through clustering. Then, sensible data of tactile comprehensive emotions and various emotional factors were obtained through the tactile evaluation experiment, and the multiple linear regression equations for tactile comprehensive emotions and various emotional factors were established. Next, the principal component analysis was performed on each physical property, and the correlation between the principal component of physical properties and emotional factor was analyzed. Combined with the hierarchical thought, through the sensory experiment and mathematical statistics method, the evaluation model of "tactile comprehensive emotion-emotional factor-physical properties" was established, and the order of the influence of each physical property on tactile perception was obtained. With an in-depth analysis on the cognitive process of strong ambiguity of tactile perception, the fuzzy touch experience is clarified, which provides a reference for product tactile experience evaluation and design.

KEY WORDS: tactile perception; hierarchical; emotional factors; experience design

随着生活水平的提高, 消费者在选择产品时, 不仅考虑产品功能的实用性, 而且也将各感官体验作为

重要的衡量指标^[1]。目前, 通过视觉、触觉等得到的感知信息作为研究对象, 采用感性工学方法和技术,

收稿日期: 2019-02-12

作者简介: 曾栋 (1981—), 男, 湖南人, 博士, 中国矿业大学副教授, 主要研究方向为设计思维与情感化设计。

辅助设计师做出准确决策,是提升感官体验的有效途径^[2]。在产品触感设计过程中,由于用户不同感官间的影响、触觉体验语义的模糊性、个体认知的差异性以及产品物理属性的多元性,所以导致了设计决策困难^[3]。为了清晰化触感综合体验至产品物理属性之间的层次关系,提出了产品触感层次化评价方法,并在智能手机触感体验设计中展开了应用,为设计师在产品触觉体验评估与设计中提供参考。

1 产品触感层次化评价方法

1.1 产品触感的层次化认知

情感属于心理认知的范畴,具有多层次的特征。马斯洛的需求层次理论阐述了需求由低至高的五个层次^[4];诺曼^[5]提出了人类情感体系的三个不同层次(本能层、行为层、反思层),并认为任何实际的感受都包含所有的三种层面,单独一种层面是罕见的。另外,人类的心智活动是需求影响下的认知—情感的交互作用,可以在不同粒度或者层次上形成对事物的不同认知、情绪与情感体验。

产品触感是触觉通道下形成的情感体验。从用户认知的角度来看,触感是用户通过对产品外部物理属性触摸感知,在不同物理属性指标的单一或共同作用下,形成不同的情感认知,最后,结合知识、经验背景,形成综合情感体验的判断。从设计思维角度来看,设计师根据触觉通道下产品功能、造型、材料与工艺等约束条件下的表面物理属性,以及目标用户的认知特征、偏好因素进行层次化的设计,达到寻求产品的差异化情感体验的目的。在同质化突出的产品市场中,如水杯^[6]、牛仔裤^[7]等,对产品触感的设计尤为重要。

综上所述,产品触感可以认知为自下而上三个层面:物理属性层、情感因素层和综合情感层。物理属性层是指产品功能、造型、材料与工艺约束下的产品表面物理属性集合;情感因素层是指用户在单一或者多种物理属性作用下,认知形成的多种情感因素;综合情感层是指用户基于知识、经验和偏好,对多种情感因素形成的综合主观判断。

1.2 各层级要素选择与提炼

1.2.1 综合情感层

触感评价是一种综合的体验评价,具有强模糊性的特质。用户对产品触感的语义描述,一般富有情感色彩,例如,“感觉很满意”、“太不可思议了”、“简直无法容忍”等。不同的研究者,针对目标人群关注的情感内容不同,对触感的综合描述也不同,例如,满意度^[8]、惊奇感^[9]、容忍度等。因此,在产品触感体验设计中,应结合产品目标用户的情感需求,明确提出一种综合情感评价指标。例如,针对儿童触感体

验设计,可能会选择“惊奇感”作为综合情感评价指标,以匹配其情感需求。

1.2.2 情感因素层

采用蕴含情感释义的形容词集合,并对形容词分别展开评价,通过对评价数据的主成分分析,来获得描述情感因素的主成分,这是目前感性工学领域常用的一种研究方法^[10-11]。一方面,此类实验需要被试对形容词集合中的所有形容词,分别对一定数量的样本展开感官评价实验,这会导致被试出现思维压力,从而导致评价数据不准确;另一方面,缺乏检查机制去判断这些形容词组是否涵盖了释义“触感满意度”的所有维度^[12]。因此,为了减轻被试的评价思维压力以及判断所选形容词是否已经涵盖所有维度,本文采用多维尺度分析^[13-14],对蕴含触感释义的多个形容词,展开聚类研究。

多维尺度分析的特点是采用可视化的方式来呈现一系列概念的相似程度,它最早产生于心理学分析,后来多应用于产品市场定位研究。通过用户对产品间的相似性评估(Similarity Estimation)实验^[12,14],然后数据拟合,将这些产品在“概念空间”中进行定位,数据点间的距离由计算出的差异性决定。这样得到产品关系在“空间”中的反映,从而描述产品的相似性或差异性。目前,多维尺度分析也在触感体验研究中鲜有应用,如HUGHES等人^[15]通过使用纹理梯度来展开多维尺度分析,研究粗糙度对触觉敏感性的影响。

1.2.3 物理属性层

目前,触觉物理属性评测数据的获取方式可以分为两类。一类是可以通过仪器测量直接获得数据的物理属性,如金涛等人^[16]通过收集、归纳,获得了关于手机触感的七类物理评测属性(形状、颜色、材质、屏幕、键盘、细节、体积);一类是难以通过仪器测量,通过被试的主观判断,间接获得数据的物理属性,如唐帮备等人^[17]将工业设计材质的视触觉物理特征归纳为纹理、光滑度、软硬度三个评价维度,YANAGISAWA等人^[18]将材质的表面纹理物理特征维度确定为粗糙度、软硬度、黏滑度,并都采用被试主观评价,间接获得物理属性数据。

1.3 层级间的关系描述

1.3.1 综合情感层—情感因素层的关系描述

为了探究触觉通道下,综合情感层与情感因素层的关系,采用多重线性回归分析,建立回归模型是一种常用方法^[16-19]。设综合情感 Y 为因变量,触觉通道下 p 种情感因素 $X_1, X_2, \dots, X_p$ 为自变量,设有 n 例观察对象,第 l 例($l=1, 2, \dots, n$)的观察值为 $(Y_l, X_{l1}, X_{l2}, \dots, X_{lp})$ 。模型表达式为:

$$Y_l = \hat{Y}_l + e_l = B_0 + B_1 X_{l1} + \dots + B_p X_{lp} + e_l \quad (1)$$

式(1)中,实测值 Y_l 由两部分组成:估计值 $\hat{Y}_l$ 代

表的是由自变量决定的部分； e_i 为残差，是因变量 Y_i 与其估计值 $\hat{Y}_i$ 之差； B_0 为标化回归方程的常数， $B_1, B_2, \dots, B_p$ 为标化回归方程的偏回归系数。

1.3.2 情感因素层—物理属性层的关系描述

已有研究表明，主观触觉情感因素与一种或多种物理属性存在着相关性^[16]。为了描述物理属性与情感因素的关系，先结合情感因素层的感官评价实验数据，以及物理属性数据，展开主成分分析^[20]；然后，再将各主成分与触觉感知因素进行相关性分析；最终获得影响各情感因素相应的物理属性。

具体步骤如下：（1）对产品物理属性数据做主成分分析，得到 U 个主成分 $F_1, F_2, \dots, F_u$ 。根据累计贡献率，选取前 V 个主成分；（2）将 V 个主成分 $F_1, F_2, \dots, F_v$ 分别与上文中的 P 种触觉情感因素进行相关性分析，根据相关系数，描述“情感因素—物理属

性”的关系。

1.4 产品触感层次化评估技术路线

产品触感层次化评价技术路线见图 1。首先，通过焦点小组，获得描述产品触感的形容词集合；然后，通过针对形容词语义差异，展开相似性评估实验，并对评价数据展开多维尺度分析，获得在语义空间中的空间距离关系，通过聚类，获得若干情感因素；接着，采集产品样本，召集被试，对综合情感以及若干情感因素分别展开触觉评价实验；其次，采用多重线性回归展开数据分析，建立综合情感与情感因素的关系模型；再次，针对产品样本的物理属性数据，进行主成分分析，并统计各主成分与触觉情感因素的相关性，描述情感因素与物理属性之间的关系；最后，依据“物理属性—情感因素—综合情感”间的层次关系，结合产品特征，展开讨论，为产品触感体验改良设计实践提供参考。

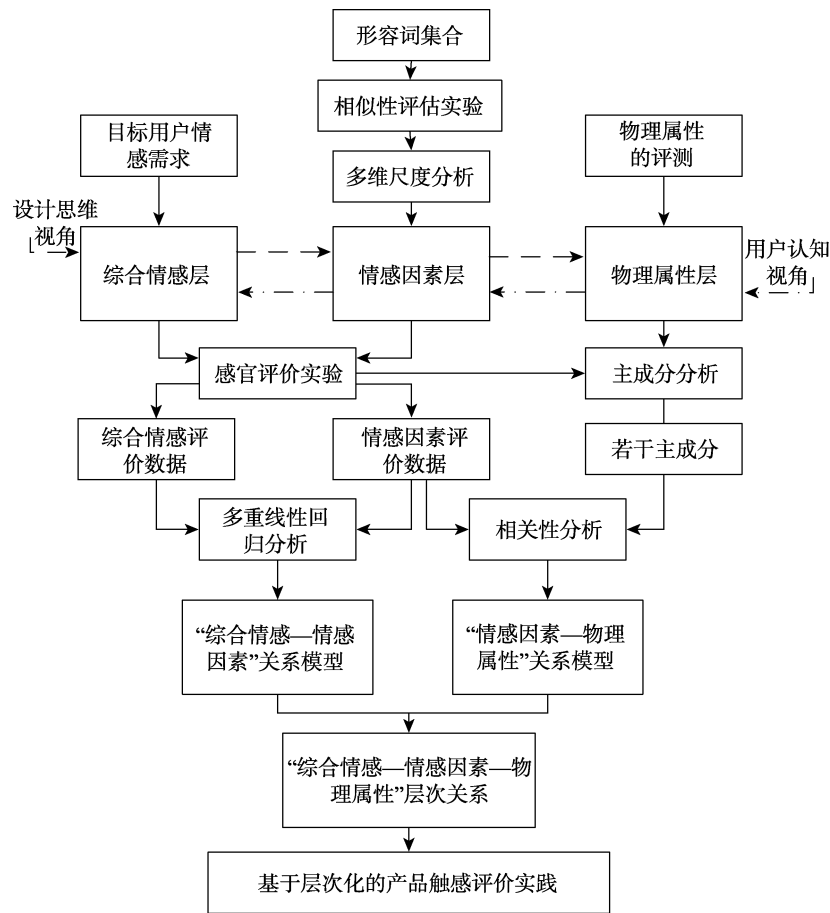


图 1 产品触感层次化评价技术路线
Fig.1 Technology road map of product touch hierarchy evaluation

2 产品触感层次化评价应用

就智能手机市场而言，主流品牌的性能、质量以及造型的差异性日趋缩小，导致了产品市场的同质化

现象。针对材质、倒角、重量等影响触感体验的物理属性展开设计，已成为手机制造厂商关注的热点。针对智能手机，结合前文所述，将“触感满意度”作为综合情感层评价指标，展开产品触感层次化评价方法的应用。

2.1 基于相似性评估的情感因素获取

2.1.1 目的

针对焦点小组讨论获得的具有“触感满意度”释义的十二个形容词(体量感、金属感、温度感、简洁感、同质感、安全感、舒适感、亲切感、贴合感、圆润感、顺滑感、凹凸感),进行相似性评估,展开多维尺度分析、聚类,从而获取若干触觉情感因素。

2.1.2 被试

五十五名工业设计专业本科生和研究生,且对形容词语义的差异性,具备较专业的判断能力。

2.1.3 过程

要求五十五名被试对十二个形容词两两之间的语义差异度进行评分。语义差异越小,则分值越低,反之亦然。量表为9度量表,0代表两个词语语义完全相同,9代表两个词语之间联系极弱。

实验过程中要求环境温度舒适,周围无噪音影响,被试在安静的环境下,体会形容词含义的同时,要求握持并触摸手机^[21]。

2.1.4 数据处理与分析结果

在 SPSS 17 中对数据进行多维尺度分析,结果如下:加权平均后的模型决定系数为 0.416,压力值为 0.295。拟合模型得到的十二个形容词的个体差异欧几里得距离模型,见图 2。依据空间距离远近以及相应的形容词释义,通过聚类,可以归纳为四种关键触觉情感因素,贴合感、亲切感、舒适感、安全感、贴合感为一类,称为“亲切舒适因素”;凹凸感、顺滑感为一类,称为“纹理顺滑因素”;同质感、简洁感为一类,称为“简洁程度因素”;金属感、温度感、体量感为一类,称为“体量因素”。另外,为了理解各个词语的内在关系^[22],结合空间关系与形容词语义,两个维度可描述为:理性—感性(维度 1),浅层感受—深层感受(维度 2),触感满意度与各情感因素的散点图见图 3。

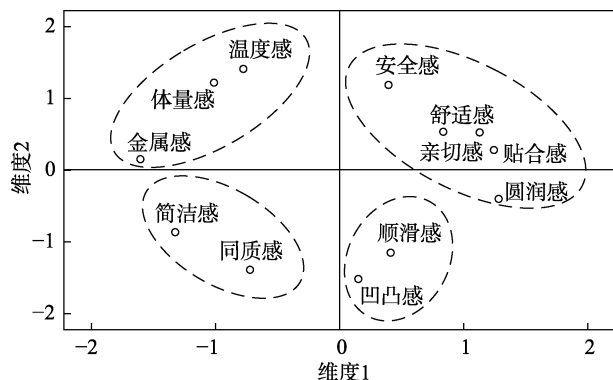


图2 个体差异欧几里得距离模型

Fig.2 Euclidean distance model for individual differences

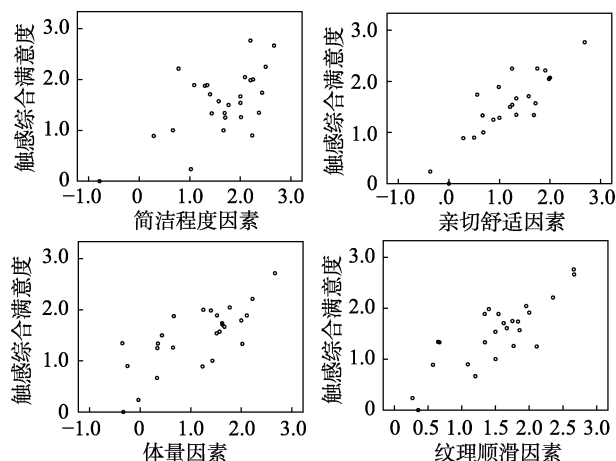


图3 触感满意度与各情感因素的散点图

Fig.3 Scatter plot of tactile satisfaction and emotional factors

2.2 基于触感评价实验的“综合情感—情感因素”多重线性回归分析

2.2.1 目的

通过展开感官评价实验,分析触感满意度与四种情感因素之间的关系。

2.2.2 被试

六十名拥有智能手机使用经验的被试。

2.2.3 样本

八种市场主流品牌下的二十九款手机实物,且表面没有磨损,具体为:IPHONE(七款)、华为(八款)、小米(五款)、VIVO(三款)、OPPO(三款)、三星(一款)、魅族(一款)、联想(一款)。

2.2.4 过程

首先,被试阅读实验流程指导书,理解四种情感因素的文字释义;然后,被试触摸手机,形成对情感因素的触觉认知;接着,遮住被试双眼,触摸不同样本,并同时口述四种情感因素和触感综合满意度的评分,分值在-3~3之间,-3为最不满意,3为最满意,主试记录评分数据。

2.2.5 数据处理

1) 建立回归方程。将得到的简洁程度因素、亲切舒适因素、体量因素、纹理顺滑因素分别记为 X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , 因变量触感满意度记为 Y 。观察各自变量与因变量之间的散点图,四种情感因素均与满意度呈正比关系,如图 3。在 SPSS 17 中执行多重线性回归分析后,显示模型的决定系数为 0.900,调整后为 0.883,说明所有情感因素能够解释触感综合满意度。回归方程显著性检验 F 检验统计量(53.880)的概率 $P < 0.05$ 。说明自变量和因变量存在线性关系。各自变量的回归系数显著性中 T 检验统计量的概率 $P < 0.05$,说明因变量和四个自变量之间存在显著的线性关系。另外,各情感因素的容忍度没有偏低至接近零的情

形。就容忍度最低的体量因素而言，值为 0.386，表示体量因素对触感满意度的影响力，也约有 38.6%和其他的影响因子互为独立，回归系数分析见表 1。

表 1 回归系数分析
Tab.1 Regression coefficient analysis

模型	标准化系数	T 检验统计量	P 值	容忍度
常量		1.208	0.239	
简洁程度因素	0.178	2.223	0.036	0.648
亲切舒适因素	0.381	3.981	0.001	0.456
体量因素	0.401	5.110	0.000	0.386
纹理顺滑因素	0.222	2.134	0.043	0.679

最终得到的线性回归方程为：

$$Y = 0.178X_1 + 0.381X_2 + 0.401X_3 + 0.222X_4 \quad (2)$$

从表 1 数据上看，对于手机触感的评价，四类情感因素中体量因素与亲切舒适因素的权重值较高，表明体量感好的、触摸起来亲切舒服的手机，更能得到消费者的青睐。

2) 残差分析。从回归标准化残差累计概率（见图 4）看出，期望值与观测值偏离不远，表明与标准正态分布没有显著差异。标化预测值和标化残差散点图随着标化预测值的增加，标化残差上下波动没有明显变化，且波动范围在±2 之间，说明残差方差齐性，因此模型的拟合是可以接受的，标化预测值和标化残差散点见图 5。

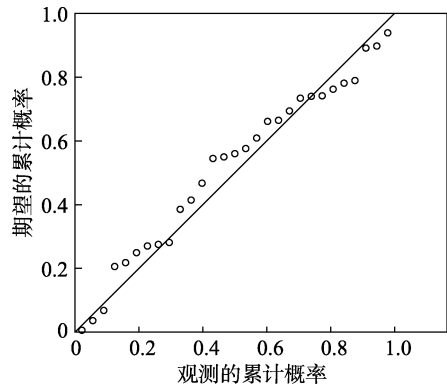


图 4 回归标准化残差累计概率

Fig.4 Regression standardized residual cumulative probability

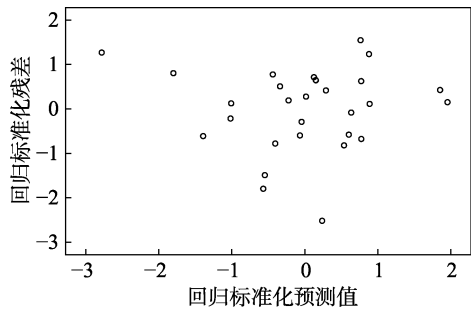


图 5 标化预测值和标化残差散点

Fig.5 Standardized predicted value and standardized residual scatter

2.3 “情感因素—物理属性”相关性分析

结合感官评价实验以及手机样本物理属性参数，采用主成分分析法，获得物理属性主成分，并且将物理属性主成分与情感因素评分数据展开相关性分析，描述其相关关系。

1) 影响触觉感知的物理属性提取与测量。通过焦点小组讨论，结合相关文献，提取了智能手机的九种物理属性，即长、宽、尺寸、厚度、重量、倒角大小、冷暖度、软硬度、光滑度。其中，冷暖度、软硬度、光滑度通过感官评价实验间接获得；其余物理属性数据来至于手机固有参数或者直接测量。

2) 物理属性的主成分分析。通过对感官评价实验中的二十九款手机对应的九种物理属性，展开主成分分析，物理属性主成分分析—总方差解释见表 2，提取出特征根大于 1 的主成分（前四个），累计贡献率达 83.7%，表明前四个主成分涵盖了绝大多数原有信息。物理属性主成分分析—因子载荷矩阵见表 3，主成分 1 为长、宽、尺寸、重量；主成分 2 为光滑度与倒角大小；主成分 3 为冷暖度与软硬度；主成分 4 为厚度。

表 2 物理属性主成分分析—总方差解释
Tab.2 Principal component analysis of physical properties-total variance explained

主成分	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.729	41.430	41.430
2	1.556	17.293	58.724
3	1.144	12.707	71.430
4	1.108	12.309	83.740

注：只保留了特征根大于 1 的主成分，即前 4 个主成分

表 3 物理属性主成分分析—因子载荷矩阵
Tab.3 Principal component analysis of physical properties-component matrix

物理属性	主成分			
	1	2	3	4
宽	0.975	0.021	0.039	0.019
长	0.972	0.121	0.077	-0.074
尺寸	0.962	0.078	0.087	0.045
重量	0.856	0.208	0.067	0.106
光滑度	0.032	0.809	-0.061	-0.146
倒角大小	0.333	0.677	-0.040	0.022
冷暖度	0.224	-0.200	0.848	-0.234
软硬度	-0.089	0.575	0.625	0.333
厚度	0.075	-0.090	-0.095	0.949

注：粗体表示含有原始物理属性信息较多

3) 描述各情感因素与各物理属性之间的关系。结合四种情感因素以及表 4 中的四个主成分，进行相关性分析。主成分 1 只与体量因素呈较弱的负相关，即在样本范围内，尺寸越小、重量越轻的手机体量感知越好，但其相关性并不明显；主成分 2 与简洁程度

因素呈中等正相关,而与亲切舒适因素和纹理顺滑因素均呈较强的正相关,即表面越光滑,倒角越大的手机简洁程度感知、亲切舒适感知与纹理顺滑感知越好;主成分3与简洁程度因素呈较弱的正相关,即表面材质越温暖、越坚硬的手机,其简洁程度感知越好,但其相关性并不明显;主成分4与体量因素呈中等负相关,即越薄的手机其体量感知越好。

表4 情感因素—物理属性相关系数($p < 0.05$)

Tab.4 Correlation coefficient of emotional factors-physical properties ($p < 0.05$)

触觉情感因素	物理属性			
	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
简洁程度因素	—	0.415	0.359	—
亲切舒适因素	—	0.626	—	—
体量因素	-0.320	—	—	-0.460
纹理顺滑因素	—	0.742	—	—

注:“—”表示 $p > 0.05$;本研究认为|相关系数| < 0.4 为弱相关, $0.4 \leq |$ 相关系数 < 0.6 为中等相关, $0.6 \leq |$ 相关系数 < 1 为强相关

2.4 智能手机触感层次化评价模型的构建

智能手机触感评价层次模型见图6,描述了综合情感层、情感因素层、物理属性层的具体内容,以触感综合满意度为目标的各情感因素的权重系数,以及各情感因素与物理属性主成分之间的相关性,旨在为手机触感设计改良提供参考。

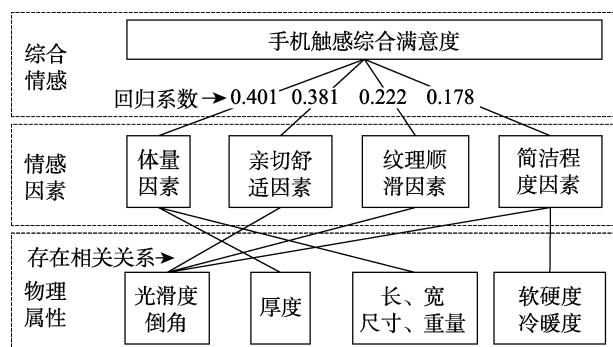


图6 智能手机触感评价层次模型

Fig.6 Evaluation hierarchy model for tactile perception of smart phone

2.5 智能手机触感评价

结合表1、表3、表4、图6,获得智能手机触感评价描述:对于主成分2(光滑度、倒角大小),与除体量因素外的感知因素有较强的相关性;主成分3(冷暖度、软硬度),只与简洁程度因素呈弱相关,且表1中简洁程度因素对于触感满意度的贡献最低,因此,主成分3对于触感的影响最小;主成分1(长、宽、尺寸、重量)与主成分4(厚度)只与体量因素有相关性,且主成分4与体量因素的相关性大于主成

分1,如表4,表明主成分4对于触感的影响程度大于主成分1。

综上所述,各物理属性对触感的影响程度大小可以排序为:主成分2(光滑度、倒角) $>$ 主成分4(厚度) $>$ 主成分1(长、宽、尺寸、重量) $>$ 主成分3(冷暖度、软硬度)。

3 结语

从研究内容上看,结合层次化理念,提出了触觉通道下用户对产品感知的“触觉综合情感—情感因素—物理属性”自上而下三个层面内容,清晰化了模糊的触感体验。从研究方法上看,通过感官评价实验与数理统计原理,解析了触感满意度、情感因素、物理属性的关系,构建了产品触感评价技术路线,并在智能手机中展开了应用。另外,本文结合相似性评估与多维尺度分析方法,采用“先聚类后评价”的方式,降低了评价的思维压力。

此外,在现实产品体验中,视觉体验以及视触觉体验的一致性,都有可能会对触觉体验产生影响。在后续的研究中,将从视觉、视触觉角度进一步展开。

参考文献:

- [1] 贾丽丽. 多感官设计理念下老年人药品包装设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 126-129.
JIA Li-li. Medicine Packaging Design for the Elderly in the Idea of Multisense Organ Design[J]. Packaging Engineering, 2015, 36 (20): 126-129.
- [2] CHOI K. A Systematic Approach to the Kansei Factors of Tactile Sense Regarding the Surface Roughness[J]. Applied Ergonomics, 2007, 38(1): 53.
- [3] ALBERT B, MAIRE J L, PILLET M, et al. Generic and Structured Description of Tactile Sensory Perceptions[C]. Japan: Keer-Kansei Engineering And Emotion Research, 2017.
- [4] MASLOW A H. A Theory of Human Motivation[J]. Psychological Review, 1943, 50(1): 370-396.
- [5] 诺曼·唐纳德·A. 设计心理学 3——情感化设计[M]. 北京: 中信出版社, 2015.
NORMAN D A. Emotional Design[M]. Beijing: China CITIC Press, 2015.
- [6] 朱丽萍, 李永锋. 不同材质冷暖程度的多感官评价研究[J]. 包装工程, 2013, 34(10): 71-74.
ZHU Li-ping, LI Yong-feng. Research on Multisensory Evaluation of Cold and Warm Extent of Different Materials[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(10): 71-74.
- [7] RAHMAN O. The Influence of Visual and Tactile Inputs on Denim Jeans[J]. International Journal of Design, 2012, 6(1): 185.
- [8] DELONG M, WU J, PARK J. Tactile Response and Shifting Touch Preference[J]. Textile, 2012, 10(1): 44-59.

(下转第134页)

- ZHU Hong-xing. Research on Intelligent Wearable Products Design for Children Based on AHP and Kansei Engineering[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.
- [2] 陈雷. 基于产品适应性原则的小学课桌椅设计[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
- CHEN Lei. Design of the pupil desks and chairs based on the principle of adaptive [D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2013.
- [3] 张情华. 基于感性工学的少儿网站界面建模研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2011.
- ZHANG Qing-hua. Research of Children Website Interface Model Based on Kansei Engineering [D]. Hengyang: University of South China, 2011.
- [4] 罗丽弦, 洪玲. 感性工学设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- LUO Li-xian, HONG Ling. Kansei Engineering Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.
- [5] 苏建宁, 江平宇. 感性工学及其在产品中的应用研究[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(1): 60-63.
- SU Jian-ning, JIANG Ping-yu. Research on Kansei Engineering and Its Application to Product Design[J]. Journal of Xi'an Jiao Tong University, 2004, 38(1): 60-63.
- [6] 杜鹤民. 感性工学和模糊层次分析法产品设计造型评价[J]. 西安工业大学学报, 2014, 34(3): 244-249.
- DU He-min. Evaluation of Product Design Based on Kansei Engineering and FAHP[J]. Journal of Xi'an Technological University, 2014, 30(3): 244-249.
- [7] 宋章通, 高放. 一种基于 5E-SD 的互联网产品体验设计方法[J]. 包装工程, 2018, 39(16): 202-206.
- SONG Zhang-tong, GAO Fang. User Experience Design Method in Internet Product Based on 5E-SD[J]. Packing Engineering, 2018, 39(16): 202-206.
- [8] 李晶. 基于不同购买决策类型的儿童市场产品策略探析[J]. 市场论坛, 2012(11): 87-89.
- LI Jing. Analysis of Children's Market Product Strategies Based on Different Purchase Decision Types[J]. Market Forum, 2012(11): 87-89.
- [9] 张卓苗. 基于心流理论的小学生学习类移动应用设计研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- ZHANG Zhuo-miao. The Research on The Design of Pupils Learning APP Based on Flow Theory[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.
- [10] 丁婉琳. 小学校讯通移动界面综合性设计及应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- DING Wan-lin. The Primary School Mobile News Links Interface Design and Application of Comprehensive Study[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2016.
- [11] 王雪, 崔丽莹. 儿童观点采择能力的研究进展及其教育启示[J]. 学前教育研究, 2013(9): 35-42.
- WANG Xue, CUI Li-ying. Review of Researches on Children Perspective-taking Ability and Its Education Enlightenments[J]. Studies in Preschool Education, 2013(9): 35-42.
- (上接第 128 页)
- [9] LUDDEN G D S, SCHIFFERSTEIN H N J, HEKKERT P. Beyond Surprise: a Longitudinal Study on the Experience of Visual-Tactual Incongruities in Products[J]. International Journal of Design, 2012, 6(1): 1-10.
- [10] FUJISAKI W, TOKITA M, KARIYA K. Perception of the Material Properties of Wood Based on Vision, Audition, and Touch[J]. Vision Research, 2015, 109: 185-200.
- [11] KAWAMURA A, ZHU C, PEIFFER J, et al. Relationship between the Physical Properties and Hand of Jean Fabric[J]. Autex Research Journal, 2016, 16(3): 241.
- [12] OKAMOTO S, NAGANO H, YAMADA Y. Psychophysical Dimensions of Tactile Perception of Textures[J]. IEEE Transactions on Haptics, 2013, 6(1): 81-93.
- [13] HOLLINS M, FALDOWSKI R, RAO S, et al. Perceptual Dimensions of Tactile Surface Texture: a Multidimensional Scaling Analysis[J]. Perception & Psychophysics, 1993, 54(6): 697-705.
- [14] HOLLINS M, BENSMAIA S, KARLOF K, et al. Individual Differences in Perceptual Space for Tactile Textures: Evidence From Multidimensional Scaling[J]. Perception & Psychophysics, 2000, 62(8): 1534.
- [15] HUGHES B, SHIELDS K. A Multidimensional Scaling Analysis of Texture Gradient Perception Via Haptic Exploration[C]. IEEE Computer Society, 2007.
- [16] 金涛, 薛澄岐. 基于改进后的主成分回归分析法的产
品外观评估[J]. 东南大学学报, 2011, 41(4): 739-743.
- JIN Tao, XUE Cheng-qi. Product Appearance Evaluation Based on Improved Principal Component Regression[J]. Journal of Southeast University, 2011, 41(4): 739-743.
- [17] 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.
- [18] YANAGISAWA H, TAKATSUJI K. Effects of Visual Expectation on Perceived Tactile Perception: an Evaluation Method of Surface Texture with Expectation Effect[J]. International Journal of Design, 2015, 9(1): 39-51.
- [19] SZTANDERA L M. Tactile Fabric Comfort Prediction Using. Regression Analysis[J]. Wseas Transactions on Computers, 2009, 8(8): 292-301.
- [20] FUJISAKI W, TOKITA M, KARIYA K. Perception of the Material Properties of Wood Based on Vision, Audition, and Touch[J]. Vision Research, 2015, 109: 185-200.
- [21] 何聪艳, 胡吉永, 丁辛. 不同感觉模态下评价织物柔软感的心理物理特性[J]. 东华大学学报, 2012, 38(4): 381-385.
- HE Cong-yan, HU Ji-yong, DING Xin. Psychophysical Characteristics of Fabric Softness Evaluation for Different Sensory Modalities[J]. Journal of Donghua University, 2012, 38(4): 381-385.
- [22] LINDBERG S, ROOS A, KIHLESTEDT A, et al. A Product Semantic Study of the Influence of the Sense of Touch on the Evaluation of Wood-Based Materials[J]. Materials & Design, 2013, 52(1): 300-307.