

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2017.04.009

# 基于灰色关联度和 AHP 的用户满意度综合评价模型

陈伟鹏<sup>1</sup>, 柳戌昊<sup>2</sup>, 唐宁九<sup>1</sup>, 林涛<sup>1</sup>, 刘雯晶<sup>2</sup>, 彭舰<sup>1</sup>

(1. 四川大学计算机学院, 成都 610065; 2. 四川省科技信息研究所, 成都 610016)

**摘要:** 针对信息不明确、评价指标关系复杂的产品用户评论,难以对其可用性进行有效综合评价的问题,提出一种灰色关联度和 AHP 结合的评价模型,并应用到产品可用性研究. 模型利用 AHP 方法确定评价指标的相对权重,增强灰色关联度分析的客观性,以此对产品的用户满意度进行综合评价. 通过从不同价位的手机产品所获取的数据集进行对比实验,该模型所推导的满意度评价排名与实际产品销售排名基本一致. 此外,实验也证明了灰色关联度分析能更清晰地区分产品间的满意度差异. 实验结果证明,在评价信息不完备情况下,该模型也能有效地综合评价产品的用户满意度.

**关键词:** 满意度评价; 可用性; 灰色关联度; 层次分析法

**中图分类号:** TP31      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0490-6756(2017)04-0713-08

## Comprehensive evaluation model of users' satisfaction based on gray relational analysis and AHP

CHEN Wei-Peng<sup>1</sup>, LIU Xu-Hao<sup>2</sup>, TANG Ning-Jiu<sup>1</sup>, LIN Tao<sup>1</sup>, LIU Wen-Jing<sup>2</sup>, PENG Jian<sup>1</sup>

(1. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Research Institute of Science & Technology Information of Sichuan Province, Chengdu 610016, China)

**Abstract:** For the issue of less effective usability comprehensive evaluation on users' comments with uncertain information and complex evaluation indexes, a comprehensive evaluation model of users' satisfaction is applied on usability research of production. It integrates gray relational analysis and AHP (Analytic Hierarchy Process), which is used to determine the relative weights of evaluation indexes with the purpose of enhancing the objectivity of gray relational analysis. With contrast experiment on the datasets of smart mobiles in different price, the satisfaction rank deduced from our model is similar to the actual sales rank. In addition, experiment result shows gray relational analysis can distinguish the satisfaction difference of productions more clearly. Above experiment results illuminate our model can comprehensively and effectively evaluate users' satisfaction of production with incomplete assessment information.

**Keywords:** Satisfaction evaluation; Usability; Grey relational analysis; AHP

## 1 引言

产品的可用性是用户选择购买商品时需要重

点考虑的因素,因此电商为用户购买决策提供了同类产品性能配置相关的对比分析.但从可用性角度来说,这种比较只为用户提供了产品的有效性的参

收稿日期: 2016-09-21

基金项目: 四川省科技厅支撑项目(2013GZX0138); 四川省教育厅重点项目(15ZA0324); 四川省科技支撑项目(2014GZ0063); 国家自然科学基金(U1333113).

作者简介: 陈伟鹏(1977-),男,广东江门人,博士生,研究方向为人机交互. E-mail: richardcwp@163.com

通讯作者: 林涛. E-mail: lintao@scu.edu.cn

考,而用户更迫切希望了解已购买产品顾客直接的体验和感受.由于逐条查看产品相关的用户评论来了解用户感受实在耗时费力,电商为了方便用户了解产品的使用情况,将产品的各种特点归纳为“印象标签”或者让用户自定义标签.用户可在评价产品的同时对自己满意的“印象标签”点赞,然后统计相应标签的点赞数,将点赞数最高的  $N$  个标签情况显示出来供买家参考.图 1 展示了京东商城对 iPhone 6s (A1700) 手机的“买家印象”标签及点赞结果.

买家印象:  
 外观漂亮 (4098)    系统流畅 (4030)    反应快 (3780)  
 照相不错 (3424)    分辨率高 (3337)    性价比高 (3282)  
 音质好 (3092)    信号稳定 (3029)

图 1 京东商城里 iPhone6s 的“买家印象”  
 Fig. 1 Buyers impression of Iphone6s from JD.com

用户对产品的满意度是影响产品可用性的的重要因素<sup>[1]</sup>,它体现用户对其需求或期望被满足的程度.仅靠不同产品印象标签的点赞数和好评度(好评数在全部评论的百分比),并不能准确地反映这些产品的综合满意程度情况,因此,我们需要同时考虑影响产品满意度的多个属性.此外,每个产品所对应的印象标签也不完全相同,特别是各评价指标在用户心中的重要性也有差异,使得印象标签之间的关系复杂.仅以简单累加的标签点赞数进行比较是无法判断产品的优劣,需要一个有效的综合评价模型来评估满意度.

传统的综合评价方法可分为主观评价法、基于数据挖掘的客观评价法以及主客观相结合的评价法.主观评价方法如专家评价法相对后两种方法较简单易行,但需要评价者有较高的专业素质,其结果也容易受评价者的主观影响.而基于数据挖掘的客观评价方法,如数据包分析法<sup>[2]</sup>、主成分分析法<sup>[3,4]</sup>等,则要求具备海量的有效数据以供分析.主客观相结合的评价方法则兼具了上述两种方法的优点,在减少主观评价方法对专家评价意见的依赖,提高评价客观性的同时,降低了对评价信息源的要求,比较典型的有灰色综合评价法和模糊综合评价法.其中,模糊综合评价已经被广泛应用到可用性研究,如文献<sup>[5]</sup>利用模糊综合分析法对移动图书馆的可用性指标进行评价,以改善服务质量和效率,提高满意度.而文献<sup>[6]</sup>则采用基于一个完备的满意度的评价指标体系,模糊综合评价其用户满

意程度.文献<sup>[7]</sup>则通过一个可用性总结性测试的模糊综合评价模型,对产品可用性的基准评价和用户经验进行量化分析.但上述研究都需要保证评价数据信息完整性和明确性,而且如何确定各评价指标间的隶属度,以及模糊综合评价的隶属函数的选取方法和合成算法也没有统一的准则,这使得评价存在不确定性.

而灰色综合评价法是基于事物的发展趋势,可从信息的非完备性出发,研究和处理复杂系统,能对不完全、不确定的评价指标集和评价数据进行准确的综合评价<sup>[8]</sup>.目前,灰色综合评价在服务管理、质量监控和金融投资等领域得到广泛应用,例如文献<sup>[9]</sup>就利用该方法评价汽车销售 4S 店服务质量,从中找出不足的服务指标.文献<sup>[10]</sup>则以该方法分析评价用户在房地产方面的需求,为开发商提供决策支持.但目前还没有看到在产品可用性领域应用该方法的相关研究.

为此文章提出一个基于灰色关联度分析,结合 AHP (Analytic Hierarchy Process) 方法的用户满意度综合评价模型.该模型的基本思想是:在评价信息不明确,评价指标关系复杂的情况下,利用 AHP 方法确定产品各印象标签间的权重分布,并对标签的用户点赞情况进行灰色关联度分析,计算产品的灰色加权关联度,以此评价各产品的满意度.模型还利用灰色关联度矩阵,对比不同产品的各评价指标的满意程度,为用户选择产品提供决策支持.

## 2 灰色综合评价模型

### 2.1 问题描述

令待评价产品集合为  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ , 从  $P$  的“买家印象”标签中选取最影响用户满意度的部分共同标签作为评价指标.主要目标是利用结合 AHP 方法的灰色关联度分析,自动评价产品  $p_m$  的用户满意度,流程如图 2 所示.

### 2.2 评价指标归一化处理

模型以“印象标签”的点赞数作为输入,从产品  $p_m$  的印象标签中选择点赞数最多的、共同的前  $n$  个标签,构建评价指标集  $L$ .为消除评价不同产品评价信息的量纲差异,需对初始评价指标值集合  $X$  进行归一化处理,如式(1)所示.

$$X = (x_{ij}) = \left( \frac{L_{ij}}{S_i} \right) \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

其中,  $L_{ij}$  为第  $i$  个产品第  $j$  个印象标签的点赞数;  $S_i$  为第  $i$  个产品的用户总点评数量;  $x_{ij}$  为第  $i$  个产品第  $j$  个印象标签的评价指标值。

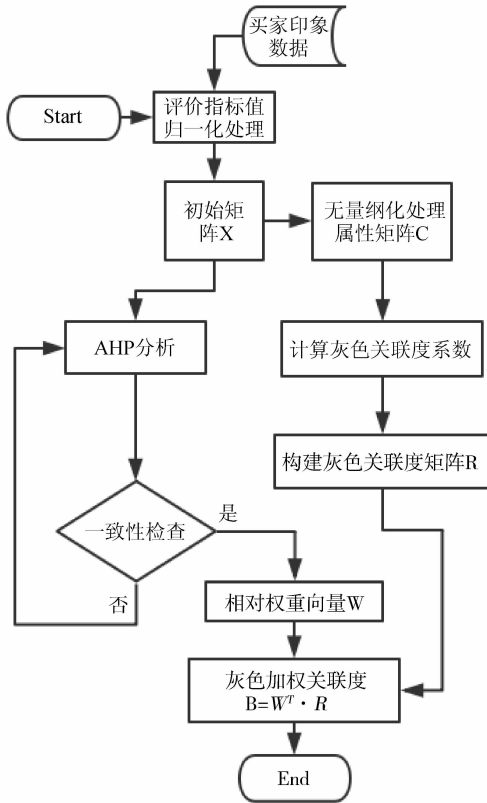


图 2 灰色综合评价模型流程图

Fig. 2 Flow chart of gray comprehensive evaluation model

### 2.3 灰色关联度分析

灰色关联度分析是对灰色系统的各因素或指标的关联程度进行量化分析, 主要是根据序列曲线几何形状的相似程度来判读其联系是否紧密<sup>[11]</sup>. 它不仅是一种时序分析方法, 还可以拓展到关联度空间的分析. 通过对非时间序列指标的关联度分析, 可综合评价产品的用户满意度, 其基本步骤如下。

**Step1** 从初始评价指标值集合  $X$  中确定最优指标值集合  $X^*$ , 如式(2)所示。

$$X^* = [x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^*] \quad (2)$$

其中,  $x_n^*$  为第  $n$  个指标所对应的集合  $x_{in}$  的最大值. 利用式(2)和初始矩阵  $X$  构建矩阵  $D$ , 如式(3)所示。

$$D = \begin{bmatrix} x_1^* & x_2^* & \dots & x_n^* \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中,  $x_{ij}$  为第  $i$  个产品第  $j$  个评价指标值。

**Step 2** 由于指标间存在不同的量纲和数量级, 需要对原始指标值进行规范化处理. 因此矩阵  $D$  中的评价指标值无量纲化处理如式(4)所示。

$$c_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (4)$$

其中,  $\min_j x_{ij}$  为第  $i$  个指标在矩阵  $X$  该列的最小值;  $\max_j x_{ij}$  为第  $i$  个指标在矩阵  $X$  为该列的最大值. 矩阵  $D$  经无量纲化后可得到如下矩阵  $C$ , 如式(5)所示。

$$C = \begin{bmatrix} c_{11}^* & c_{12}^* & \dots & c_{1n}^* \\ c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中,  $c_n^*$  和  $c_{mn}$  分别是  $x_n^*$  和  $x_{mn}$  无量纲化处理后结果。

**Step 3** 计算灰色关联系数矩阵。

各指标对应的灰色关联系数矩阵  $C$  中, 参考数列为:  $\{c^*\} = \{C_{10}, C_{20}, \dots, C_{n0}\}$ ; 比较数列为:  $\{c\} = \{c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im}\}$ , 其中  $i=1, 2, \dots, m$ . 第  $i$  个产品的第  $k$  个评价指标与最优集第  $k$  个最优指标的关联系数如式(6)所示。

$$\xi_{ik} = \frac{\min_k |c_{ok} - c_{ik}| + \rho \max_k |c_{ok} - c_{ik}|}{|c_{ok} - c_{ik}| + \rho \max_k |c_{ok} - c_{ik}|} \quad (6)$$

其中,  $\rho$  为分辨系数,  $\rho \in [0, 1]$ , 一般取值为 0.5, 该系数能减少极值对计算的影响<sup>[11]</sup>. 综上可得影响产品满意度指标相关的灰色关联系数矩阵  $R$ , 如式(7)所示。

$$R = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} & \dots & \xi_{1n} \\ \xi_{21} & \xi_{22} & \dots & \xi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_{m1} & \xi_{m2} & \dots & \xi_{mn} \end{bmatrix} = (\xi_{ij})_m \quad (7)$$

其中,  $\xi_{ij}$  表示第  $i$  个产品第  $j$  个指标与所有产品第  $j$  指标的参考指标值  $C_{0j}$  的接近程度. 若采用最优指标值作为参考数列, 则  $\xi_{ij}$  越高, 其用户满意度也越高。

### 2.4 基于 AHP 的评估指标权重计算

AHP 是一种定性与定量分析相结合的多准则决策方法<sup>[12,13]</sup>, 可根据问题的性质和总目标, 分解出判断准则, 并按照其相互关联影响和隶属关系, 构建层次结构模型, 最终将系统分析归结为底层决策与目标顶层的相对权值的排序问题。

传统的 AHP 判断准则是由专家以 9 标度法主观定义其相对权重. 实际上, 随着条件变化, 判断准则的相对权重也随之可能发生改变. 由于用户对指标的点赞数量是最直接体现指标的重视程度, 本模型把同一产品的相同评价指标的指标值进行累加作为评价指标的标度  $c_k = \sum_{i=1}^m x_{ik}$ . 那么评价指标  $i, j$  间的相对重要性可表示为  $a_{ij} = c_i / c_j$ . 以  $a_{ij}$  构建判断矩阵  $A$ , 如式(8)所示.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (8)$$

其中,  $a_{ij}$  为第  $i$  个产品的第  $j$  个指标的相对重要性. 模型以产品满意度作为顶层目标元素, 评价指标(印象标签)作为准则层, 自上而下的逐层分析, 过程如算法 1 所示.

**算法 1** AHP 逐层分析算法

输入: 层次数目  $k$ , 以及对应的判断矩阵  $A$

输出: 权重向量  $W$

步骤:

- 1) if  $k=2$
- 2) 计算矩阵  $A$  的最大特征值( $\lambda_{\max}$ )及特征向量( $U$ )
- 3) 归一化  $U: \omega_i^2 = \frac{u_i}{\sum_{j=1}^n u_j}, i \in \{1, 2, \dots, n\}$
- 4) 计算层次总排序  $W^2 = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$
- 5) 检验矩阵  $A$  一致性,  $CR = CI/RI < 0.1$
- 6) else //  $k < 2$
- 7) 第  $k-1$  层的层次总排序  $W^{k-1} = (\omega_1^{k-1}, \omega_2^{k-1}, \dots, \omega_n^{k-1})^T$
- 8) 计算  $k$  层与  $k-1$  层第  $j$  各元素的相对权重  $V_j^k = (v_{1j}^k, v_{2j}^k, \dots, v_{mj}^k)^T$
- 9) 计算第  $k$  层的层次总排序  $W_i^k = \sum_{j=1}^n v_{ij}^k \omega_j^{k-1}$
- 10) End if;
- 11) 计算第  $k$  层的一致性指标

$$CI^k = (CI_1^k, CI_2^k, \dots, CI_n^k) \omega^{k-1} = \sum_{j=1}^n \omega_j^{k-1} CI_j^k$$

12) 计算第  $k$  层的随机一致性指标

$$RI^k = (RI_1^k, RI_2^k, \dots, RI_n^k) \omega^{k-1} = \sum_{j=1}^n \omega_j^{k-1} RI_j^k$$

13) 计算第  $k$  层的一致性比率

$$CR^k = (CI^k / RI^k)$$

若  $CR^k < 0.1$ , 则矩阵  $A$  满足一致性要求,  $W$  为所求; 否则需要调整矩阵  $A$ , 重新计算 WAHP 方法计算出的层次总排序  $W$  为实际各评价指标的相对权重排序, 作为调整各评价指标相互作用的权向量.

**2.5 灰色满意度综合评价**

式(7)的灰色关联度矩阵的  $\xi_{ij}$  是与第  $j$  个指标值集合的最优指标值的关联度, 是一个单因素的评价, 但指标值集合  $X$  的各评价指标的重要性并不相同, 需要一个与指标集对应的权重向量  $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}$ , 来调整各产品的综合评价结果, 计算出灰色加权关联度系数向量  $B$  (如式(8)), 以推断出各产品的满意度综合排序.

$$B = W^T \cdot R = \sum_{j=1}^m W_j \cdot \xi_i(j) \quad (8)$$

其中,  $W$  为模型利用 AHP 方法确定的各准则的相对权重向量.

**3 实验数据集**

**3.1 灰色综合评价指标的选择**

实验以智能手机作为评估对象, 评价数据来自京东商城. 从商城的手机产品的“买家印象”标签中, 选取用户最为关注的, 与手机可用性相关的 6 个属性特征作为评价指标集  $L = \{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6\}$ , 如表 1 所示:

表 1 满意度评价指标表

Tab. 1 Assessment criteria of satisfaction

属性特征( $L$ )	描述
系统流畅( $L_1$ )	操作顺畅, 系统响应速度快
外观漂亮( $L_2$ )	外观设计, 机身大小和材质
功能齐全( $L_3$ )	是否支持 GPS、蓝牙、NFC 等
通话质量( $L_4$ )	通话语音清晰、信号稳定
照相功能( $L_5$ )	前后镜头分辨率、成像效果等
分辨率( $L_6$ )	主屏幕的分辨率高低

**3.2 实验数据集**

当前手机种类繁多, 难以统一的软硬件配置标准评价其用户满意度. 因此本模型以价格为评价标准, 衡量产品的用户满意度.

为了使手机的满意度评价更具有代表性, 选取国内手机市场主流的两个国内品牌(小米、华为)和两个国外品牌(苹果、三星)作为评价目标. 以这四个品牌四个价位(1000 元、2000 元、3000 元及 4000 元)的用户点评总数最多的手机型号作为评价对

象,将其点评信息作为灰色综合评价的数据集 X,如表 2 所示(收集于 2016 年 8 月).其中“月销售”是从天猫商城中获取每款手机的月销售量,作为手机满意度的验证集合,以便与灰色综合评价方法得到的评估结果进行比较.

表 2 中,苹果并没有推出约 1000 元系列的低价手机,所以 iPhone 在该价格区间没有任何评论.由于千元机硬件配置相对精简, $L_5$  受硬件限制较大,被用户所忽略,所以没有相关评论.此外,在 4000 元价格区域,偏向低价的小米也没有相应的手机产品,所以也没有相应的用户评论.

## 4 结果与分析

### 4.1 灰色关联度实验分析

灰色关联度分析数据集 X,得到 1000~4000 元价格不同手机的各指标的满意度结果.用户根据购买手机的心理价位后,按照偏爱的评价指标,对比其在不同手机的满意度情况,择优选择.

如图 3 中,小米手机在千元价格区间的各个指标的满意度都非常突出,因此用户购买小米 note3 后参与点评的人数是最多,支持率也是最高的.

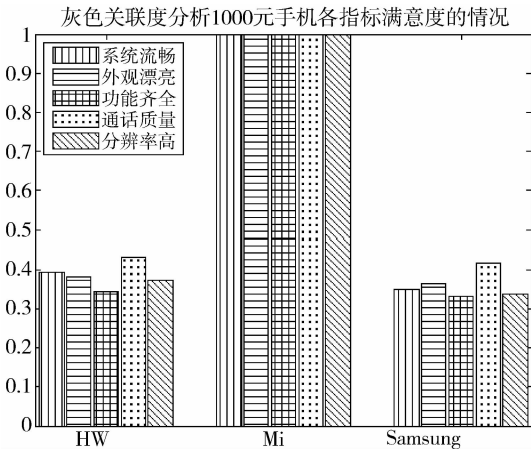


图 3 灰色关联度分析 1000 元手机  
Fig. 3 Gray Analysis of 1000 Yuan Mobile

如图 4 中,三星 A7108 各项指标的满意度有大幅度提高,特别是通话质量、分辨率.而同价位的小米 5 标准版在其他 4 项指标有极高的满意度.这说明在 2000 元这个中低价格区间,小米和三星的满意度最高.

当价格上升到 3000 元或者 4000 元,用户更看重手机软硬件配置对性能的提升.由于华为的软件设计能力超过其他国内厂家,成本控制又优于国外厂家,这使得各项评价指标的满意度最高,如图

5、图 6 所示.而表 2 的市场销售数据也很好的反映了这一点.

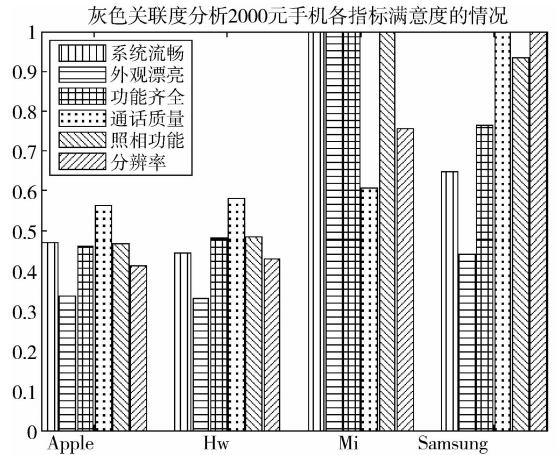


图 4 灰色关联度分析 2000 元手机  
Fig. 4 Gray analysis of 2000 yuan mobile

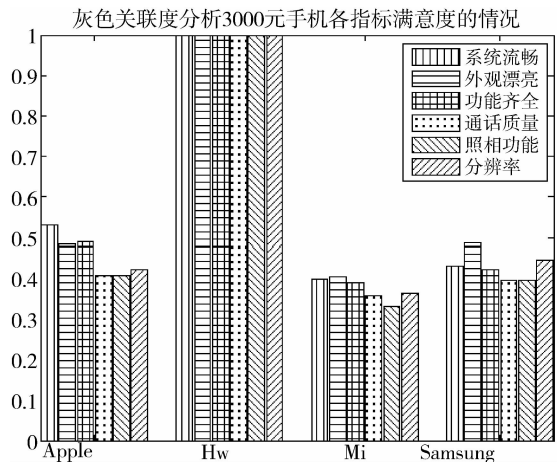


图 5 灰色关联度分析 3000 元手机  
Fig. 5 Gray analysis of 3000 yuan mobile

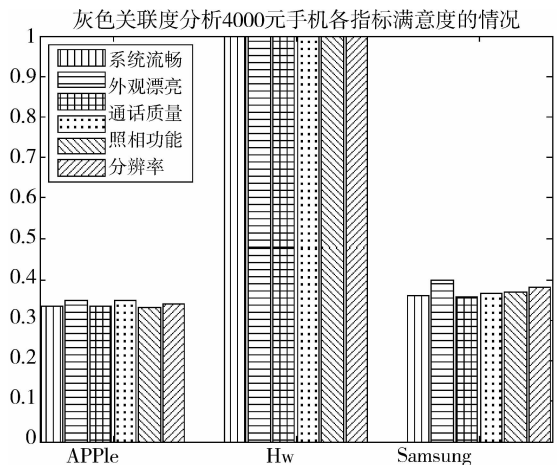


图 6 灰色关联度分析 4000 元手机  
Fig. 6 Gray analysis of 4000 yuan mobiles

表 2 1000 ~ 4000 元手机点评情况

Tab. 2 Evaluation info of 1000 ~ 4000 yuan mobile

价位	手机	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	总点评	月销售
1000 元手机	IPhone	无	无	无	无	无	无	无	无
	Honor 5X	1663	719	536	548	无	499	212079	25000
	Mi Note3	8017	3808	3617	2395	无	2648	359089	50000
	Galaxy J7109	283	159	125	134	无	86	56809	833
2000 元手机	Iphone 5S A1530	9520	4660	3910	6493	3446	3093	426723	12000
	Honor 7	7056	3743	3693	5883	3193	3029	365467	4290
	Mi5 标准版	4436	3952	2027	1516	1823	1726	88509	20000
	Galaxy A7108	1556	977	819	1130	843	985	42575	311
3000 元手机	Iphone Se A1723	956	465	335	281	344	210	22055	11000
	Honor P9	2856	1819	1169	1476	1693	1082	32695	16882
	Mi5 尊享版	71	48	30	30	10	17	5835	2803
	Galaxy A9100	543	546	224	281	346	293	25192	2899
4000 元手机	Iphone 6 A1589	1334	753	563	1006	469	458	423731	3113
	Honor P9 Plus	1233	719	536	548	642	499	18908	11000
	Mi	无	无	无	无	无	无	无	无
	Galaxy G9300	554	496	231	242	335	298	56809	1529

对表 2 数据进行灰色关联度分析,可知手机的每项指标与对应的最优指标的接近程度,为用户比较某项手机的属性特征提供参考.但如何综合评价出手手机整体满意度,还需要考虑手机各指标间的实际权重分布,计算相关的灰色加权关联度来实现.

4.2 AHP 方法确定产品主要指标相对权重

在不同价位,用户对手机各指标的重视程度存在差异,专家的主观判断难以准确定义其相对权重.为此,使用指标的实际点评数与总点评数的比值,代替以专家定义,利用 AHP 方法分别确定不同价位的手机各指标的相对权重.图 7 位模型所构建满意度评价的层次结构模型.

根据 2.1 所介绍的 AHP 评价指标相对权重计算方法,确定不同价位各厂家手机主要指标的相对权重如表 3 所示.在低价位的千元机系列,用户最关注的是手机的外观 L<sub>2</sub> 和功能 L<sub>3</sub>.而其他性能相关的特点则重视程度较低,尤其是与硬件配置相关的系统流畅程度 L<sub>1</sub> 基本被忽略,但在其他价位时 L<sub>1</sub> 却是用户最关心.此外,L<sub>2</sub> 在所有价位都有较高的权重排序,说明 L<sub>2</sub> 是用户普遍重视的评价指标.而指标 L<sub>3</sub> 会随着手机价格上升,其权重排序反而降低.这是因为高价位手机的功能都比较全,能满足用户需要,所以用户在购机时就不重视这一指标.

表 3 不同厂商手机的各主要指标相对权重

Tab. 3 Relative weight of major criteria in different manufacturer's mobile

指标价格	1000	2000	3000	4000
L <sub>1</sub>	0	0.2736	0.3164	0.2896
L <sub>2</sub>	0.3923	0.1893	0.1941	0.1800
L <sub>3</sub>	0.3923	0.1310	0.1271	0.1251
L <sub>4</sub>	0.1652	0.1599	0.1119	0.1321
L <sub>5</sub>	0.1652	0.1220	0.1469	0.1519
L <sub>6</sub>	0.1255	0.1241	0.1036	0.1213

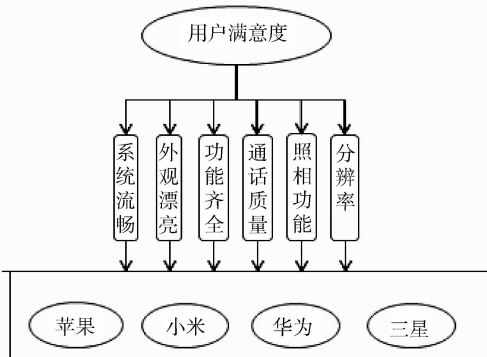


图 7 用户满意度的层次结构模型

Fig. 7 Hierarchical structure model of users' satisfaction

由此可见,在不同的价格下,用户所重点关注的手机特点也不一样,因而指标所对应的相对权重也会有所变化.传统的专家根据主观经验确定指标权重的方式,难以准确反映实际情况.而利用 AHP 方

法评价指标实际的点赞数,以确定指标相对权重,其结果更客观体现指标在用户心中的重要程度。

### 4.3 满意度综合评价分析

通过计算不同价格各品牌手机的灰色加权关联系数矩阵,可得到满意度的变化情况.图 8 中,小米 1000~2000 元手机的用户满意度最高.但随价格上升,小米手机的用户满意度却逐步降低,这说明其价格优势主要体现在低端产品市场.而华为手机的满意度情况刚好相反,其 3000~4000 元手机的满意度都是最高的.上述结论均与表 2 中的实际市场销售情况一致。

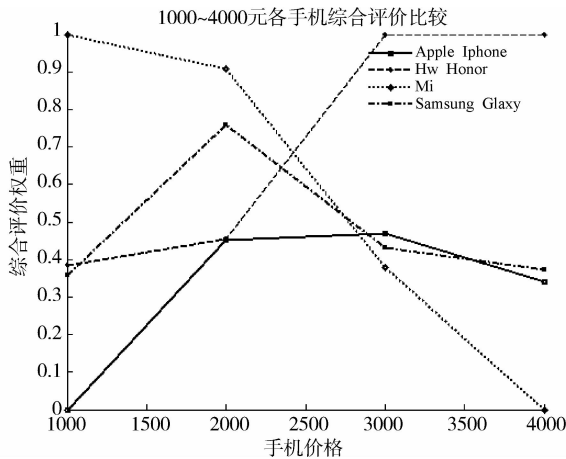


图 8 不同厂商手机灰色综合评价满意度的比较

Fig. 8 Satisfaction compare by gray comprehensive evaluation in different manufacturer's mobiles

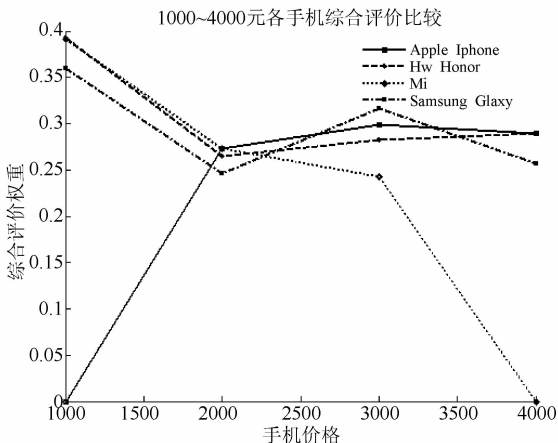


图 9 模糊综合评价不同厂商手机满意度的比较

Fig. 9 Satisfaction compare by fuzzy comprehensive evaluation in different manufacturer's mobiles

为了比较验证满意度的灰色综合评价模型的有效性,同样根据表 2 和表 3 的数据,利用文献 [14] 提出的模糊评价结合 AHP 分析的评价方法,发现其结果(如图 9 所示)与本模型的结果有较大的区别.图 9 中,手机间的模糊隶属度非常接近,这

使得手机的满意度评价结果分辨率很低,图 8 则相反。

因为手机的实际销售情况同样其用户满意程度的好坏,为此将手机的月销售量(如表 2 所示)与上述两个结果同时进行比较分析.为增强数据的客观性和独立性,表 2 的手机月销售量情况是在相同时间于另一电商(天猫商城)中获取.由表 4 的比较发现以模糊综合评价得出的各个价格区域的手机满意度排名和实际销售排名相去甚远,而本模型评价的结果则非常接近。

表 4 满意度排序比较表

Tab. 4 Satisfaction rank compare by gray&fuzzy comprehensive evaluation

品牌	方法	满意度排序结果
1000	灰色模型	小米,华为,三星,苹果
	文献 13 模型	华为,小米,三星,苹果
	销售排名	小米,华为,三星,苹果
2000	灰色模型	小米,三星,华为,苹果
	文献 13 模型	华为,小米,三星,苹果
	销售排名	小米,苹果,华为,三星
3000	灰色模型	华为,苹果,三星,小米
	文献 13 模型	(苹果、小米、三星),华为
	销售排名	华为,苹果,三星,小米
4000	灰色模型	华为,三星,苹果,小米
	文献 13 模型	(苹果、华为),三星,小米
	销售排名	华为,苹果,三星,小米

注:表中的排序是根据满意度从高到低排列,括号表示并列

这是因为构建模糊评判矩阵时还需对矩阵内的隶属度系数再进行统一的规范化处理.而原来的初始评价指标值已经较小,这样会导致各隶属度系数数值过于接近,使得评价结果的分辨率很低.此外模糊综合评价的隶属函数的确定也没有统一标准,如何选择合适的隶属函数需要非常专业的分析。

而本模型评价的满意度排序结果与实际销售情况基本一致.主要差别在,与 2000 元和 4000 元区域两个外国品牌苹果和三星的排名有所不同,尤其是苹果。

## 5 结论

针对产品评论中信息不明确、可用性评价指标之间关系复杂模糊,难以准确的综合评价产品的用户满意度的现状,提出利用灰色关联度分析和 AHP 结合的产品用户满意度评估模型,并应用到京东商城 1000~4000 元不同价位的手机的满意度

评价. 实验在利用 AHP 方法分析确定不同价格区间手机评价指标的相对权重时, 证实在不同价位, 用户对手机评价的指标的重视程度存在差异, 用户在关注手机的特点时, 也会因价格的不同而发生改变. 实验最后还通过不同价位手机的月销量排序和由本模型得到满意度排序进行对比, 发现两者的结果基本一致, 也证明本文提出的综合评价方法是有效的.

由于文章是以价格作为评价维度, 对产品具体的“可见”指标进行用户满意度的分析评价, 但并没有考虑到品牌所带来的“无形”效应对用户满意度的影响. 此缺失在评价具有良好的品牌美誉度而有较高溢价的手机(特别是苹果手机)时尤为明显, 使得该手机的用户满意度评价价值偏低. 但如何确定品牌这一“无形”的评价指标在指标集中的权重分布仍需作进一步的研究.

#### 参考文献:

- [1] Nielsen J. Usability Engineering [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.
- [2] Li Y, Yang M, Chen Y, *et al.* Allocating a fixed cost based on data envelopment analysis and satisfaction degree[J]. Omega, 2013, 41: 55.
- [3] Jakubus M, Graczyk M. Evaluation of the usability of single extractors in chemical analysis of composts using principal component analysis[J]. Biometrical Lett, 2015, 52: 115.
- [4] Ferrari P A, Manzi G. Nonlinear principal component analysis as a tool for the evaluation of customer satisfaction[J]. QTQM, 2010, 7: 117.
- [5] 袁静, 陆阳平. 基于模糊综合评价法的移动图书馆可用性评价研究[J]. 图书馆工作与研究, 2016, 1: 35.
- [6] Li X, Gu Y J. Fuzzy Comprehensive Evaluation Model of Customer Satisfaction Degree[C]// Proceedings of International Conference on E-Business and E-Government. Guangzhou, China: ICEE, 2010.
- [7] Zhou R. How to quantify user experience: fuzzy comprehensive evaluation model based on summative usability testing [C]//Proceedings of International Conference on Usability and Internationalization. Berlin: Springer-Verlag, 2007.
- [8] 邓聚龙. 灰色系统气质理论[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [9] Cenglin Y. Application of gray relational analysis method in comprehensive evaluation on the customer satisfaction of automobile 4S enterprises[J]. Phys Procedia, 2012, 33: 1184.
- [10] Liu X, Chen B. Based on gray comprehensive evaluation method of real estate [J]. ERM, 2011, 1: 189.
- [11] 东亚斌, 段志善. 灰色关联度分辨系数的一种新的确定方法[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2008, 40: 589.
- [12] Saaty T L. Decision making with the analytic hierarchy process[J]. Int J Serv Sci, 2008, 1: 83.
- [13] 尹兰, 程飞, 任亚峰. 基于复杂网络重叠社团发现的微博话题检测[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2016, 53: 1233.
- [14] Liu L, Jia S, Zhou L, *et al.* Evaluation of geological hazard susceptibility based on ahp and fuzzy comprehensive evaluation in zhongwu pipeline[C]//Proceedings of International Conference on Pipelines and Trenchless Technology. Xiamen, China: ICPTT, 2015.