基于层次分析和灰色理论的产品方案选择

李珂，王海娜，张伟社
（长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室，西安 710064）

摘要：目的 解决多个评价指标在方案评价中的相互影响性。**方法** 以电吹风为例，建立了多层次关联模型，采用层次分析法确定各层及相关指标的权重，运用灰色系统相关理论确定灰色关联系数矩阵，计算各方案的最终关联度，以此作为准则来综合评价方案的优劣。**结果** 利用此方法，实现了对电吹风方案的综合评价。**结论** 此方法可以定量地反映系统各个因素之间的相互作用、相互依赖关系，能全面地对设计方案的指标进行综合比较，并验证其在产品方案选择中的可行性。

关键词： 灰色关联；层次分析法；关联矩阵；多层次关联模型
中图分类号： TB472　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1001-3563(2014)08-0061-05

Product Program Selection Based on AHP and Degree of Gray Incidence

LI Ke, *WANG Hai-na*, *ZHANG Wei-she*
(Key Laboratory of Road Construction Technology and Equipment, Chang′ an University, Xi′ an 710064, China)

ABSTRACT: Objective To solve the interaction of multiple evaluation in the program evaluation. **Methods** Taking hair dryer as an example, multi-level association model has been established; the weight of the layers and related indicators has been determined by AHP; gray relational coefficient matrix has been determined in gray system theory.Then, the final degree of association of the various options has been calculated.As a guideline, it is used to the comprehensive evaluate the pros and cons of program. **Results** By this method, comprehensive evaluation program for hairdryer has been realized. **Conclusion** This method can reflect the interaction and interdependent relationship quantitatively among the various factors of the system; this method can make comprehensive comparison fully for the indicators of program; and its feasibility in the selection of product solutions has been verified.

KEY WORDS: gray relational; AHP; incidence matrix; multi-level association model

产品方案设计中许多评价问题都属于多人、多层次和多目标综合评价问题。电吹风的设计方案综合评价涉及因素很多，既有技术方面的诸多问题，也涉及到社会、经济等多方面的影响因素，是一个集技术、经济、社会等多方面为一体的、复杂的、多层次且信息不够完全的综合系统。而在产品方案设计系统中各因素指标之间并不是相互独立的，它们之间的关系不明确，但的确存在。这里针对复杂产品方案评价的特性，以电吹风方案为例，采用层次分析法确定各层及相关指标的权重，运用灰色系统相关理论确定灰色关联系数矩阵，通过计算各方案的最终关联度，以此作为准则来综合评价其优劣，建立了电吹风设计方案选择灰色多层次关联模型，实现对电吹风方案的综合评价。

收稿日期： 2013-12-31
基金项目： 西安市科技计划项目(CX12180(4))；中央高校基金资助(CHD2010ZY006)
作者简介： 李珂(1981—)，女，陕西西安人，硕士，长安大学工程师，主要从事工业设计方面的教学与研究。

1 构建电吹风设计方案评价指标体系

一般产品方案的评价，可以从审美、技术、经济和社会等几个方面对方案进行评选[1-2]。用户在选购电吹风时，最直观的便是对电吹风的造型进行判断，因此电吹风的审美功效设计是方案选择的一个重要因素，在进行方案评价时，从用户的角度出发，从不同品牌同类产品之间具有可比性的方面，对审美评价指标进行详细划分[3-5]。电吹风评价指标体系见图1。

在技术性能方面，根据产品在工作过程中的一些特性，列出一些主要的指标，这些指标在进行方案评选时可再进一步细化，如实用有效性可分为基本功能的实现、运行平稳和耐用性，工作性能可分为功率、型式、容量、噪音量等，实用安全性和可靠性及其结构紧凑、便于拆卸安装等属于结构设计指标的部分。至于经济和社会方面的指标，用户在选择电吹风时不是很关注，且这些指标无法直观判断，只有制造方在生产过程中会考虑，因此电吹风的经济指标可从成本、利润、经营周期、投资回收期4个方面评价。社会指标可以分为生产先进性、资源利用开发、可回收性和环保性4个方面。根据这些影响电吹风设计方案选择的指标，建立电吹风评价指标体系。

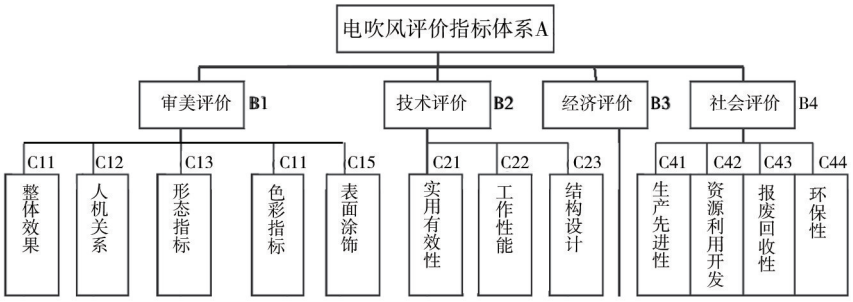


图1 电吹风评价指标体系

Fig.1 Evaluation index system of hair dryer

2 层次分析法确定权重

层次分析法是20世纪70年代美国运筹学家Saaty提出来的一种定性与定量相结合的多目标决策分析方法，它是把复杂问题分解成各个组成因素，又将这些因素按支配关系分组形成递阶层次结构。通过两两比较的方式，确定层次中诸因素的相对重要性，然后综合有关人员的判断，确定层次总排序的权向量[6]。

2.1 构造判断矩阵及相对权重的计算

通过求解判断矩阵最大特征根λ max及其对应的特征向量，对其归一化后即得各层因素以及与上层因素之间有联系的元素重要次序的权重。

组织相关人员进行讨论，通过各因素的重要性程度两两相比较，构造判断矩阵。第一层与第二层的判断矩阵$\boldsymbol{A}1$见表1。

表1 判断矩阵$\boldsymbol{A}1$

Tab.1 Judge matrix $\boldsymbol{A}1$

$\boldsymbol{A}$	$\boldsymbol{B}_1$	$\boldsymbol{B}_2$	$\boldsymbol{B}_3$	$\boldsymbol{B}_4$	$M_i=\prod_{i=1}^{n}a_{ij}$	$\overline{W}_i=\sqrt[n]{M_i}$	$W_i=\overline{W}_i/\sum_{i=1}^{n}\overline{W}_i$
$\boldsymbol{B}_1$	1	2	3	4	24	2.8845	0.537
$\boldsymbol{B}_2$	1/2	1	2	3	3	1.4422	0.269
$\boldsymbol{B}_3$	1/3	1/2	1	2	1/3	0.6934	0.129
$\boldsymbol{B}_4$	1/4	1/3	1/2	1	1/24	0.3467	0.065

由表1知权重向量$W_A=(0.537,0.269,0.129,0.065)^T$，得最大特征根λ max=4.189。

进行一致性检验CI=0.063，当矩阵维数n=4时，RI=0.90，CR=0.070<0.1，因此判断矩阵$\boldsymbol{A}1$具有满意的一致性。同理，可得第二层与第三层的判断矩阵$\boldsymbol{B}$求得的λ max，CI，RI，CR，见表2。

表2　一致性检验

Tab.2　Consistency test

$\boldsymbol{B}$	λ_{max}	RI	CI	CR
$\boldsymbol{B}_1$	5.057	1.12	0.0143	0.0128
$\boldsymbol{B}_2$	3.024	0.58	0.0120	0.0207
$\boldsymbol{B}_3$	4.010	0.90	0.0035	0.0038
$\boldsymbol{B}_4$	4.059	0.90	0.0197	0.0219

注：相应的特征向量为：W_{B1}=(0.136, 0.499, 0.236, 0.085, 0.045)^T; W_{B2}=(0.333, 0.570, 0.097)^T; W_{B3}=(0.455, 0.141, 0.141, 0.263)^T; W_{B4}=(0.507, 0.102, 0.324, 0.066)^T。

2.2　层次总排序权重计算

根据公式$CR' = [\sum_{j=1}^{n} W_j \cdot \mathrm{CI}_j]/[\sum_{j=1}^{n} W_j \cdot \mathrm{RI}_j]$进行组合一致性检验。

可确定出，第三层指标相对于总目标的权重向量为W_C=(0.073, 0.268, 0.127, 0.046, 0.024, 0.090, 0.153, 0.026, 0.059, 0.018, 0.018, 0.034, 0.033, 0′ .007, 0.021, 0.004)^T。

同理，将层次分析法运用于第四层次指标，通过同样的方法步骤，确定出第四层相对于总目标的权重为W_D=（0.030, 0.018, 0.016, 0.009, 0.041, 0.082, 0.051, 0.094, 0.059, 0.042, 0.026, 0.008, 0.008, 0.016, 0.014, 0.009, 0.005, 0.005, 0.005, 0.018, 0.054, 0.018, 0.054, 0.022, 0.024, 0.054, 0.013, 0.005, 0.005, 0.003)^T。

3　方案的灰色关联度确定

3.1　决策矩阵及其初始化

设产品设计方案有m个（构成方案集F），评价指标有n个（构成指标集V）。若第i个设计方案关于第j个评价指标的值为x_{ij}（i=1, 2, ⋯, m; j=1, 2, ⋯, n），则m个产品设计方案的评价指标值构成评价矩阵：

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

记相对理想设计方案对指标[7-8]j的属性值为x_{0j}：（1）当评价指标j为效益型指标时，x_{0j}=max(x_{1j}, x_{2j}, ⋯, x_{mj})；（2）当评价指标j为成本型指标时，x_{0j}=min(x_{1j}, x_{2j}, ⋯, x_{mj})；（3）当评价指标j为适中值型指标时，

$$x_{0j}=\mathrm{Mean}x_{ij}=[\sum_{i=1}^{m} x_{ij}]/m$$

称向量x_0=(x_{01}, x_{02}, ⋯, x_{0n})为方案集F对指标集V的理想方案指标。

由于多目标问题各指标间的量纲不同，指标值的数量级也相差很大，因此决策前，必须对原始数据（指标值）进行无量纲、无数量级的处理，使各指标之间具有可比性。

规范后的决策矩阵为：

$$\boldsymbol{Z}' = \begin{bmatrix} x'_{11} & x'_{12} & \cdots & x'_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ x'_{m1} & x'_{m2} & \cdots & x'_{mn} \end{bmatrix}$$

理想方案指标为：x'_0=(x'_{01}, x'_{02}, ⋯, x'_{0n})

综合以上计算表明，评价电吹风设计方案优劣的指标可定为38个，其权重向量为：

W=(0.030, 0.018, 0.016, 0.009, 0.041, 0.082, 0.051, 0.094, 0.059, 0.042, 0.026, 0.008, 0.008, 0.016, 0.014, 0.009, 0.005, 0.005, 0.005, 0.018, 0.054, 0.018, 0.054, 0.022, 0.024, 0.054, 0.013, 0.005, 0.005, 0.003, 0.059, 0.018, 0.018, 0.034, 0.033, 0.007, 0.021, 0.004)

3.2　灰色关联度决策矩阵的初始化

由专家组根据满足顾客的需求程度，对现有3种电吹风设计方案（见图2）进行评价，给出38个评价指标值，见表3。



a 方案一　　b 方案二　　c 方案三

图2　电吹风的方案设计

Fig.2　Design of hair dryer

表3 方案评价数据

Tab.3 Evaluation data of program

指标	D111	D112	D113	D114	D121	D122	D123	D124	D131	D132	D133	D141	D142	D143
方案一	8	9	7.5	6.5	6	9	8	7	9.5	8	6	5	7	8
方案二	9.5	7	8	8	9	8	7.5	9	9	7	8	7	8.5	9
方案三	9	8	8.5	9	8	7	7	8	8	9	7.5	6	8	7
指标	D144	D151	D152	D153	D154	D211	D212	D213	D221	D222	D223	D224	D231	D232
方案一	8.5	8.5	7.5	9	7.5	8	6	8	8	9	6	8	8	7
方案二	9	9	8	8	8	9	8.5	7	7.5	7.5	8	7.5	7	9
方案三	8	7.5	7	8	7	7	8	8	8.5	7.5	7	8	8.5	8
指标	D233	D234	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44				
方案一	7.5	8	7.5	7.5	8	8	9	7	8	9				
方案二	9	7	8	7	8.5	8	8.5	7	7	7.5				
方案三	8.5	7.5	9	8	6.5	7	8	8.5	6	8				

根据前文所述及各指标分值，可得到方案集$\boldsymbol{F}$对指标集V的评价矩阵$\boldsymbol{Z}=(x_{ij})_{n\cdot m}$：

$$\boldsymbol{Z}=\begin{bmatrix} 8 & 9 & 7.5 & 6.5 & 6 & 9 & 8 & 7 & 9.5 & 8 & 6 & 5 & 7 & 8 & 8.5 & 8.5 & 7.5 & 9 & 7.5 & 8 & 6 & 8 \\ 9.5 & 7 & 8 & 8 & 9 & 8 & 7.5 & 9 & 9 & 7 & 8 & 7 & 8.5 & 9 & 9 & 9 & 8 & 8 & 8 & 9 & 8.5 & 7 \\ 9 & 8 & 8.5 & 9 & 8 & 7 & 7 & 8 & 8 & 9 & 7.5 & 6 & 8 & 7 & 8 & 7.5 & 7 & 8 & 7 & 7 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 8 & 9 & 6 & 8 & 8 & 7 & 7.5 & 8 & 7.5 & 7.5 & 8 & 8 & 9 & 7 & 8 & 9 \\ 7.5 & 7.5 & 8 & 7.5 & 7 & 9 & 9 & 7 & 8 & 7 & 8.5 & 8 & 8.5 & 7 & 7 & 7.5 \\ 8.5 & 7.5 & 7 & 8 & 8.5 & 8 & 8.5 & 7.5 & 9 & 8 & 6.5 & 7 & 8 & 8.5 & 6 & 8 \end{bmatrix}$$

遵循可比性和先进性原则，得到相对理想方案指标为：

x_0=(9.5,9,8.5,9,9,9,8,9,9.5,9,8,7,8.5,9,9,9,8,9,8,8,9,8.5,8,8,8,7,7.5,8.5,9,9,8,9,7,8.5,7,9,8.5,8,9)。

根据前文处理方法，对决策矩阵进行初始化处理，得到决策矩阵：$\boldsymbol{Z}'=(x'_{ij})_{n\cdot m}$：

$$\boldsymbol{Z}'=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.67 & 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0.5 & 0.6 & 1 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.67 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0.67 & 0.5 & 1 & 1 & 0.67 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 1 & 0.75 & 0.5 & 0.67 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.67 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0.5 & 0.75 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0.33 & 1 & 1 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0.5 & 0.67 & 0.5 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0.33 \end{bmatrix}$$

规范后的理想指标为：x_0=(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)。

3.5 方案的关联度计算

利用关联度计算公式[9]：

$$r_{ij}=\frac{\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n}\left|x'_{ij}-x'_{0j}\right|+\rho\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}\left|x'_{ij}-x'_{0j}\right|}{\left|x'_{ij}-x'_{0j}\right|+\rho\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}\left|x'_{ij}-x'_{0j}\right|}$$

求出决策矩阵对理想方案指标的灰色关联系数r_{ij}, 得到多目标灰色关联矩阵$\boldsymbol{R}=(r_{ij})_{n\cdot m}$:

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix} 0.33 & 1 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 1 & 1 & 0.33 & 1 & 0.5 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.5 & 0.5 & 0.6 \\ 1 & 0.33 & 0.5 & 0.56 & 1 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.6 & 0.33 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.6 & 0.5 & 1 & 1 & 0.6 & 0.33 & 0.33 & 0.5 & 0.33 & 1 & 0.67 & 0.5 & 0.6 & 0.33 & 0.33 & 0.33 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.33 & 1 & 1 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.6 & 0.33 & 0.33 & 1 & 0.33 & 0.5 \\ 1 & 0.33 & 1 & 1 & 1 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 1 & 0.33 & 1 & 1 & 0.33 & 0.43 & 1 \\ 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.71 & 1 & 0.33 & 0.33 & 1 & 0.33 & 0.33 & 0.5 & 0.6 & 0.5 & 1 & 0.33 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.67 & 0.33 & 1 & 0.33 & 1 & 1 \\ 1 & 0.33 & 0.5 & 0.33 & 0.5 & 0.33 \\ 0.33 & 1 & 1 & 1 & 0.33 & 0.43 \end{bmatrix}$$

4 方案结果的确定

将关联系数加权集中得到加权关联度[10]:

$r_i=\sum_{j=1}^{n} W_j r_{ij}, i=1,2,\cdots m$,将灰色关联矩阵$\boldsymbol{R}=(r_{ij})_{n\cdot m}$和因素指标权重$W$代入公式,求出方案的加权灰色关联度向量$r(r_1,r_2,r_3,)=(0.5959,0.6758,0.5670)$。

由$r_2>r_1>r_3$,可知这3个方案的排名由高到低依次为:方案二,方案一,方案三,最优方案为方案二,这与实际市场销售中,方案一、方案二和方案三的占有率分别为14.5%,21.4%和10.5%的大小顺序相符合,也即是方案二的市场销售最好,从而说明了这里给出的决策方法是有效的。

5 结语

电吹风方案选择的评价中,涉及很多的定性指标,这些定性指标的取舍和设计方案的选择,依靠设计者的经验,难于进行较为准确的量化处理。将层次分析法与灰色系统理论有机结合起来,应用到方案的评价中,可以定量地反映系统各个因素之间的相互作用、相互依赖的关系,能全面地对设计方案的指标进行综合比较,层次分析法与灰色关联综合选择与实际中的结果相同,表明此方法在产品方案选择中是可行的。

参考文献:

[1] 闻邦椿.产品全功能与全性能的综合设计[M].北京:机械工业出版社,2008.
WEN Bang-chun.The Integrated Design of Product Full-function and Full Performance[M].Beijing: Machinery Industry Press,2008.

[2] 郭燕,郭彦峰,付云岗,等.基于模糊神经网络的电子产品包装防护综合评价方法[J].包装工程,2009,30(3):22—24.
GUO Yan, GUO Yan-feng, FU Yun-gang, et al.Integrated Evaluation Method of Electronic Production Packaging Based on Fuzzy Neural Network[J].Packaging Engineering, 2009, 30(3):22—24.

[3] 王琪,张琳,许昌.扫描仪特性文件质量评价方法分析[J].包装工程,2011,32(5):73—77.
WANG Qi, ZHANG Lin, XU Chang.Analysis on Quality Evaluation Method of Scanner Profile[J].Packaging Engineering,2011,32(5):73—77.

[4] 刘楚玉,王海林,陈荣,等.基于感性工学的产品设计与评价方法[J].包装工程,2012,33(10):90—95.
LIU Chu-yu, WANG Hai-lin, CHEN Rong, et al.Product Design and Evaluation Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering,2012,33(10):90—95.

[5] 杨海成,陆长德,余隋怀.计算机辅助工业设计[M].北京:北京理工大学出版社,2009.
YANG Hai-cheng, LU Chang-de, YU Sui-huai. Computer-aided Industrial Design[M].Beijing: Beijing Institute of Technology Press,2009.

[6] 欧莉.运用层次分析法科学确定评标权重[J].中外建筑,2005(2):96—97.
OU Li.Determine Evaluation Weights with Scientific AHP[J]. Chinese and Overseas Architecture,2005(2):96—97.

[7] 胡召音.灰色理论及其应用研究[J].武汉理工大学学报,2003,27(3):405—411.
HU Zhao-yin.Gray Theory and Application[J].Wuhan Univer

(下转第81页)

我国传统艺术文化进行更好的传播。

3.2 利用多媒体传统的技术承载先进的艺术形式

利用传统的技术承载先进的艺术形式,也可以很好地实现多媒体交互设计的创新。将先进的艺术文化用最原始最简单的多媒体技术进行呈现,这样会给人们以复古的感觉,同时在人机交互中也可以很好地实现人们对于先进文化的理解[8]。

3.3 利用先进的技术承载传统的文化

随着我国科学技术的发展,多媒体技术的发展也是非常快速的。人们对于先进的设计形式也逐渐开始接受了,而且在这种先进的技术设计中人们会有不一样的感觉,这给人们带来了强烈的视觉冲击[9]。利用先进的多媒体技术展现传统的文化也是对多媒体交互设计的一个创新。

4 结语

通过分析可以发现,随着我国数字技术的不断发展,多媒体交互设计所扮演的作用也越来越大[10],因此,要加大对多媒体交互设计创新方法的研究,同时从根本上提高多媒体交互设计的技术水平,并逐渐地提高多媒体人机交互功能。只有这样,多媒体交互设计才能发展得更好,才能实现多媒体交互设计的意义。

参考文献:

[1] 王利敏,吴学夫.数字化与现代艺术[J].中国广播电视大学学报,2009,17(2):56—59.
WANG Li-min, WANG Xue-fu.Digital and Modern Art[J]. Journal of Radio & TV University China, 2009, 17(2): 56—59.

[2] 胡杰.多媒体编创艺术[J].北京艺术大学学报,2008,19(4):78—81.
HU Jie.Multimedia Creative Art[J].Beijing Journal of University of the Arts,2008,19(4):78—81.

[3] 廖祥忠.数字艺术论[M].北京:中国广播电视出版社,2010.
LIAO Xiang-zhong.[M].Beijing: Chinese Broadcasting and Television Press,2010.

[4] 李四达.交互设计概论[M].北京:清华大学出版社,2011.
LI Si-da.Interaction Design[M].Beijing: Tsinghua University Press,2011.

[5] 廖勇.流媒体技术入门与提高[J].国防大学学报,2011,18(1):9—12.
LIAO Yong.Stream Media Technology and Improve the Entry [J].Journal of National Defense University, 2011, 18(1): 9—12.

[6] 程彬,赵宏梅.匹配原则在人机交互设计上的应用探讨[J].包装工程,2008,29(11):125—127.
CHENG Bin, ZHAO Hong-mei.The Application of the Principle of Matching in Human-computer Interaction Design [J].Packaging Engineering,2008,29(11):125—127.

[7] 杨磊,陈满儒.电子产品交互设计中的符号文化因素的分析[J].包装工程,2008,29(11):155—156.
YANG Lei, CHEN Man-ru.Analysis of Symbolic Cultural Factors in the Interactive Design of Electronic Products[J]. Packaging Engineering,2008,29(11):155—156.

[8] 刘永翔.基于产品可用性的人机界面交互设计研究[J].包装工程,2008,29(4):81—83.
LIU Yong-xiang.Research on the Human-computer Interface Interaction Design Based on Product Availability[J].Packaging Engineering,2008,29(4):81—83.

[9] 李世国,顾振宇.交互设计[M].北京:中国水利水电出版社,2012.
LI Shi-guo, GU Zhen-yu.Interaction Design[M].Beijing: China Water Power Press,2012.

[10] NIELSEN J.可用性工程[M].刘正捷,译. 北京:机械工业出版社,2004.
NIELSEN J.Usability Engineering[M].LIU Zheng-jie, Translate.Beijing:China Machine Press,2004.

(上接第65页)

sity of Technology,2003,27(3):405—411.

[8] 岳超源.决策理论与方法[M].北京:科学出版社,2003.
YUE Chao-yuan.Decision Theory and Methods[M].Beijing: Science Press,2003.

[9] 罗党,刘思峰.灰色关联决策方法研究[J].中国管理科学,2005,13(1):101—106.
LUO Dang, LIU Si-feng.Research on the Grey Incidence Decision-making Method[J].China Management Science, 2005,13(1):101—106.

[10] 宋久鹏,董大伟,高国安.基于层次分析法和灰色关联度的方案决策模型研究[J].西南交通大学学报,2002,37(4):463—466.
SONG Jiu-peng, DONG Da-wei, GAO Guo-an.Model of Decision Based on AHP and Grey Relational[J].Southwest Jiaotong University,2002,37(4):463—466.