

灰关联分析在包装产品设计方案优选中的应用

兰爽

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

摘要: 针对包装产品设计方案具有的多因素、信息不够完全等特点, 提出了采用灰色关联分析对其进行综合评价, 并进行了实例分析。首先, 根据备选方案的影响因素水平值, 建立了比较序列和参考序列, 计算了备选方案的影响因素与最优指标之间的关联系数, 结合评价指标的权重计算了关联度, 并根据关联度大小, 对各备选方案进行了优劣排序。研究结果表明, 该方法思路清晰, 计算量小, 适合解决多方案的优选问题。

关键词: 灰色关联分析; 关联度; 包装产品; 设计方案

中图分类号: TB482; TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0052-03

Application of Grey Relational Analysis in Optimization of Design Alternatives for Packaging Products

LAN Shuang

(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

Abstract: The application of grey relational analysis method for comprehensive evaluation of design option was put forward according to characteristics of multi-factor and incomplete information in packaging product design option. Case analysis was carried out. Firstly, comparison sequence and reference sequence were established according to the value of the alternative option for the influential factor level; the correlation coefficient between the influencing factor and the optimal index of the alternative scheme was calculated; the weight of the evaluation index was combined to calculate the correlation degree; all alternative schemes were sequenced according to the correlation degree. The results showed that the method is featured by the clear ideas and low computational complexity, which is particularly suitable for optimization of multi-alternatives.

Key words: grey relational analysis; correlation degree; packaging product; design option

包装具有保存与保护商品、便于贮存和运输、促进销售等多种重要功能。由于市场竞争日趋激烈, 所以同类商品的质量差距极小, 产品质量不再是消费者挑选商品的唯一依据, 而良好的包装设计逐渐成为商品畅销的重要手段。为了给包装产品的设计者提供准确、客观的指导信息, 需要选用科学的方法对包装产品进行的综合分析评价, 这也是包装产品生产企业急需解决的关键问题。

目前, 针对包装产品, 较常用的评价方法有层次分析法、模糊综合评价法^[1-3]。层次分析法虽然能够实现多方案的优选, 但判断矩阵的准确构造比较困难, 计算过程也较为复杂。模糊综合评价法虽然适合单一方案的等级评估, 但对多方案的优选, 则显得不

够准确、灵活和简便。

笔者尝试用灰关联分析法对包装产品的设计方案进行评价, 该方法可同时多个备选方案进行优劣排序。

1 灰关联分析的基本原理

1982年, 邓聚龙提出了一种系统科学理论——灰色系统理论, 该理论的研究对象是灰色系统, 即部分信息未知的系统^[4]。灰色关联分析(Grey Relational Analysis), 简称灰关联分析, 是灰色系统理论的重要组成部分, 也是灰色系统的基本内容。

灰色关联, 简称灰关联, 是指事物之间的不确定

收稿日期: 2011-04-07

作者简介: 兰爽(1977—), 女, 黑龙江人, 硕士, 哈尔滨商业大学讲师, 主要从事工业工程的教学与研究。

关联,或系统因子之间,因子与主行为之间的不确定关联。灰关联分析的基本思想:通过确定参考数据序列和若干比较数据序列的几何形状的接近程度,来判断因素之间的关联程度^[5]。

利用灰关联分析对设计方案进行综合评价时,首先要确定参考序列和比较序列;其次,通过计算比较序列与参考序列的关联系数和关联度,来确定各种影响因素或备选方案的重要度,例如,某个比较序列与参考序列的关联度越大,说明该比较序列所代表的备选方案与参考序列的关系越紧密,与理想方案也就越接近;最后,根据关联度的大小即可对备选方案进行优劣排序。

2 评价的基本流程

基于灰关联分析的评价流程见图 1。

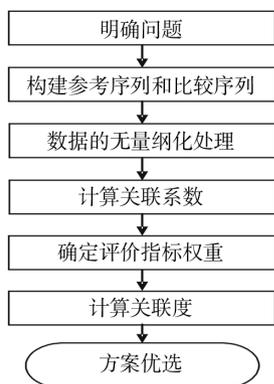


图 1 评价的基本流程

Fig. 1 Basic evaluation flow

2.1 构建比较序列

比较序列是由备选方案的评价指标值构成的数据序列。评价指标也称为因素,就是备选方案的各种属性或性能,综合反映备选方案的质量,是对备选方案进行评价的依据。如果有 n 个备选方案, m 个评价指标,则第 i 个方案对应的比较序列可记作: $V_i = \{V_i(1), V_i(2), \dots, V_i(m)\}$, 其中 $i = 1, 2, \dots, n$ 。

2.2 构建参考序列

参考序列是从各备选方案的同一指标中选取的最优指标组成的集合,记作: $V_0 = \{V_0(1), V_0(2), \dots, V_0(m)\}$, 是各备选方案比较的基准。

在构造参考序列时,可遵循可比性和先进性原则,即当指标属于“效益型”指标时,则取各备选方案

中的最大值;当指标属于“成本型”指标时,则取各备选方案中的最小值^[6]。

2.3 数据的无量纲化处理

由于各评价指标的含义和目的不同,因而指标值通常具有不同的量纲和数量级,为了进行比较,必须对参考序列和各比较序列进行无量纲化处理^[7],计算公式为:

$$X_i(j) = \frac{V_i(j)}{V_j} \quad (1)$$

$$\text{式中: } V_j = \frac{\sum_{i=0}^n V_i(j)}{n+1}。$$

2.4 确定关联系数矩阵

关联系数矩阵由各备选方案与最优指标的关联系数组成,记作 L 。

$$L = \begin{bmatrix} L_1(1) & L_2(1) & \dots & L_n(1) \\ L_1(2) & L_2(2) & \dots & L_n(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_1(m) & L_2(m) & \dots & L_n(m) \end{bmatrix}$$

其中, $L_i(j)$ 表示比较序列 V_i 与参考序列 V_0 在评价指标 $V_i(j)$ 上的关联系数,计算公式为:

$$L_i(j) = \frac{\min_i \min_j |X_0(j) - X_i(j)| + \xi \max_i \max_j |X_0(j) - X_i(j)|}{|X_0(j) - X_i(j)| + \xi \max_i \max_j |X_0(j) - X_i(j)|} \quad (2)$$

式中: ξ 是分辨系数,其作用在于提高关联系数之间的差异显著性, ξ 值一般在 $[0, 1]$ 之间选取,通常取 0.5 ^[6-7]。

2.5 确定评价指标的权重矩阵

由于各评价指标的重要程度不同,因此需要给每一指标赋予相应的权数,由这些权数构成的矩阵,就是评价指标的权重矩阵,记作 $A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$, m 为评价指标的数量。确定权重的方法有很多,较常用的有层次分析法、逐对比较法和 KLEE 法^[8-9]。

2.6 计算关联度

为了对备选方案进行完整的评价,在求得关联系数的基础上,还要综合考虑评价指标的权重,综合评价结果就是关联度。关联度的计算公式为:

$$B = A \times L \quad (3)$$

式中: B 是关联度矩阵, B 中的元素数值代表比较序列与参考序列的关联度,即备选方案与最优指标的关联度。关联度越大,说明该方案越接近于理想方

案,因此可以根据关联度的大小排出各备选方案的优劣顺序。

3 评价实例

针对某品牌饮料的易拉罐包装,目前有4款设计方案,对其进行优劣等级排序,从中选择最优方案。该问题属于典型的多方案优选问题,可遵循上述评价步骤,运用关联分析对其进行综合评价。

只围绕易拉罐产品的大类评价指标进行探讨。依据主观概率法^[4],由3名设计人员、6名技术人员和6名市场销售人员组成专家组,对4个备选方案的5个指标进行打分,以15人的平均值作为方案的最终得分,见表1。

表1 评价指标与方案评分

Tab.1 Evaluation index and alternative grades

序号	评价指标	浮动限值	备选方案评分			
			A	B	C	D
1	结构	[0,10]	6	7	9	6
2	造型	[0,10]	4	5	8	5
3	装潢	[0,10]	6	4	7	9
4	材料	[0,10]	5	6	8	8
5	密封技术	[0,10]	7	7	6	8

表1列举的5个指标都属于“效益型”指标,所以,参考序列为: $V_0 = \{10, 10, 10, 10, 10\}$ 。比较序列为: $V_1 = \{6, 4, 6, 5, 7\}$, $V_2 = \{7, 5, 4, 6, 7\}$, $V_3 = \{9, 8, 7, 8, 6\}$, $V_4 = \{6, 5, 9, 8, 8\}$ 。参考序列和比较序列组成矩阵 V :

$$V = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 6 & 4 & 6 & 5 & 7 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 7 \\ 9 & 8 & 7 & 8 & 6 \\ 6 & 5 & 9 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

根据式(1),将 V 中的数据进行无量纲化处理,得到矩阵 V' :

$$V' = \begin{bmatrix} 1.316 & 1.563 & 1.389 & 1.351 & 1.316 \\ 0.789 & 0.625 & 0.833 & 0.676 & 0.921 \\ 0.921 & 0.781 & 0.556 & 0.811 & 0.921 \\ 1.184 & 1.250 & 0.972 & 1.081 & 0.789 \\ 0.789 & 0.781 & 1.250 & 1.081 & 1.053 \end{bmatrix}$$

根据式(2),分辨系数 ξ 取 0.5,得到关联系数矩

阵 L :

$$L = \begin{bmatrix} 0.603 & 0.696 & 1.000 & 0.603 \\ 0.427 & 0.480 & 0.769 & 0.480 \\ 0.586 & 0.462 & 0.678 & 0.988 \\ 0.525 & 0.596 & 0.813 & 0.813 \\ 0.696 & 0.696 & 0.603 & 0.821 \end{bmatrix}$$

采用 KLEE 法计算指标权重^[10],主要步骤如下:

1) 评价指标排成一列,以下面的指标为基准,从下至上对相邻指标进行重要度判定,见表2中的 R_j 列。

2) 重要度结果基准化,见表2中的 K_j 列。

3) 基准化后的数据进行归一化处理,得出权重值 W_j ,见表2。

表2 评价指标的权重

Tab.2 Weights of the evaluation index

序号	评价指标	R_j	K_j	W_j
1	结构	1	1.125	0.205
2	造型	1.5	1.125	0.205
3	装潢	0.5	0.75	0.136
4	材料	1.5	1.5	0.272
5	密封技术	—	1	0.182
合计	—	—	5.5	1.000

根据式(3),计算关联度,得到关联度矩阵 B :

$$B = [0.205 \ 0.205 \ 0.136 \ 0.272 \ 0.182] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.603 & 0.696 & 1.000 & 0.603 \\ 0.427 & 0.480 & 0.769 & 0.480 \\ 0.586 & 0.462 & 0.678 & 0.988 \\ 0.525 & 0.596 & 0.813 & 0.813 \\ 0.696 & 0.696 & 0.603 & 0.821 \end{bmatrix} =$$

$$[0.560 \ 0.593 \ 0.786 \ 0.727]$$

根据关联度的大小可知,4款设计方案的优劣顺序依次为: $C > D > B > A$,方案C是最优的。

4 结语

灰关联分析常用于多因素的系统分析,本文尝试将该方法用于包装产品设计的多方案优选工作。相对于层次分析法和模糊综合评价法,该方法思路清晰,计算量小,可同时对多个备选方案进行优劣排序,适用于多方案的综合评价。但本研究也存在一些不足:首先,比较序列的构成过分依赖人工赋值,缺少客

(下转第57页)

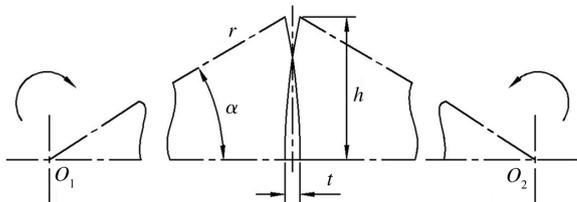


图4 刀具安装角

Fig. 4 Tools installation angle

保证在切断处顺利地对包装纸袋的切断和有效地保护刀具,两切断刀旋转至切断位置应为水平放置,刚好和切齿对应啮合,必须严格控制刀具的斜向安装角,其计算方法推导如下:

1) 由刀具对包装纸袋切断处受力的状况和与高频焊座之间的几何关系可得:

$$h = r \sin \alpha \quad (1)$$

式中: r 为链轮半径(mm); h 为高频焊宽度的一半(mm); α 为最佳刀具安装角度($^{\circ}$)。

$$\alpha = \arcsin \frac{h}{r} \quad (2)$$

2) 同时,为了满足两切断刀在切断处顺利地切断纸袋和不损伤刀具的要求,刀具安装时应调整好切断厚度 t 。

2.3 主要优点

通过与当前主流液体纸袋灌装机切断装置相比,该装置的主要优点有:大大简化了整个装置的结构,特别是省去了复杂的推、让刀机构,使机构布置更加

紧凑,工作稳定可靠;切断效率高且切断同步精度高,适用于大规模工业化生产;切断稳定性好高,运转噪声低,便于拆卸、检修和消毒^[8]。

3 结语

通过将切断刀斜置安装不仅解决了结构复杂、工作不稳定的问题,同时还彻底摆脱了封口切断的空行程问题的困扰,大大提高了切断速度。能够较大地提高生产效率、降低制造和使用成本,提高了市场竞争力。

参考文献:

- [1] 夏春艳,刘秀娟,程焰. 液体灌装机结构综述[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版),2000,18(2):176-179.
- [2] 黄金叶,方世杰. 纸包装结构设计手册[K]. 上海:上海远东出版社,1993.
- [3] 武建新. 乳制品生产技术[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [4] 郑志峰. 链传动与设计手册[K]. 北京:机械工业出版社,1992.
- [5] 梁嵩高. 平面连杆机构的计算设计[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [6] 孙恒,陈作模. 机械原理[M]. 6版. 北京:高等教育出版社,2001.
- [7] 黄靖远,龚剑霞,贾延株. 机械设计学[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [8] 赵江洪. 人机工程学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

(上接第54页)

观的评判手段;其次,评价指标不够细化,应将大类指标进一步展开,明确多个子类指标,从而对设计方案进行多层次的灰关联分析。这些问题也是下一步研究工作的重点。

参考文献:

- [1] 丁毅,陈艳,萧亚琴. 基于层次分析法的液态奶包装材料方案评价[J]. 包装工程,2006,27(6):132-133.
- [2] 霍李江. 包装产品综合评价方法探讨[J]. 包装工程,2003,24(3):24-25.
- [3] 湛少锋. 包装装潢设计方案综合评价多层次 Fuzzy 综合评价模型[J]. 包装工程,1997,18(6):9-11.

- [4] 吴祈宗. 系统工程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006.
- [5] 喻洪流,钱省三. 基于人因工程的人体假腿产品可用性评价[J]. 工业工程与管理,2010,15(2):103-107.
- [6] 王春雨. 包装机械设计方案的多层次灰色综合评价[J]. 包装工程,2006,27(12):166-168.
- [7] 穆瑞,张家泰. 基于灰色关联分析的层次综合评价[J]. 系统工程理论与实践,2008(10):125-130.
- [8] 周德群. 系统工程[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [9] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [10] 兰爽. 基于 KLEE 和模糊综合评价的作业者认知能力评估[J]. 人类工效学,2010,16(1):30-32.