

基于灰色综合评价法的包装评价模型研究

于志慧, 丁毅

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 针对包装多元化的现象, 基于多层次灰色综合评价法建立了包装方案评估模型, 并给出了实例分析。首先根据评价指标及其权重确定了评价样本矩阵, 然后根据评价灰度计算了其评价系数, 并由此得到了评价向量及矩阵, 最后对方案进行了综合评价和排序。该模型采用将定性问题定量化处理的方法对包装方案进行综合评估, 评估结果全面、客观、科学, 有很强的适用性。

关键词: 灰色综合评价; 灰关联; 评价模型; 包装评估

中图分类号: TB487; TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0059-04

Study of Packaging Solutions Assessment Model Based on Multilevel Grey Evaluation Method

YU Zhi-hui, DING Yi

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: A packaging solutions assessment model of was built based on multilevel grey evaluation method in response to diversification of packaging solutions. Firstly, sample matrixes were established according to the evaluation indexes and their weights; then the evaluation coefficient was calculated to get the evaluation matrix; lastly, all alternative schemes were sequenced according to the comprehensive evaluation. By using this model, the assessment process was quantized, and the assessment was made easier to be manipulated. The results of the comprehensive evaluation are objective and scientific. The model can be widely used in assessment of packaging solution.

Key words: multilevel grey evaluation; grey relation; assessment model; packaging evaluation

包装具有保护产品、方便运输和促进销售的功能, 同时还要求遵循利于环保的原则。随着包装科技的不断发展, 包装呈现出个性化和多元化的发展趋势^[1-2]。为了更加全面、整体、科学、客观地对包装进行评估, 文中提出了一种具有广泛应用性的、基于多层次灰色综合评价法的包装评价模型。

1 灰色综合评价法

灰色系统理论是邓聚龙教授于 1982 年提出的。灰色关联是指事物之间的不确定的关联, 或者指系统的因子之间、因子与主行为之间的不确定的关联。灰关联分析的基本思想是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。灰色系统理论主要是利用已知信息来确定系统的未知信息, 使系统由“灰”变“白”。

关联度分析方法的最大优点是对数据量没有太高的要求, 即无论数据多或少都可以进行分析。它的数学方法是非统计方法, 在系统数据资料较少和条件不满足统计要求的情况下, 更具有实用性。基于灰色关联度分析的灰色综合评价法主要用于对事物的综合评价, 多数情况是研究多对象的排序问题, 即在各个评价对象之间排出优选顺序^[3]。基于多层次灰色综合评价法的包装评价模型可以对各个包装方案进行评价, 并排出其优选顺序。

收稿日期: 2011-11-10

作者简介: 于志慧(1986—), 女, 天津蓟县人, 陕西科技大学硕士生, 主攻运输包装。

通讯作者: 丁毅(1953—), 男, 山东日照人, 硕士, 陕西科技大学教授, 主要研究方向为包装工艺及数字包装。

2 包装方案评估模型

包装方案评估的基本流程见图 1^[4]。

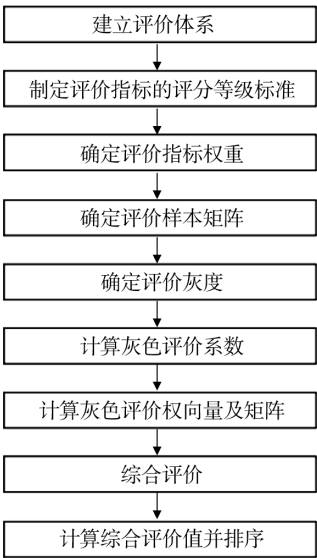


图 1 评估的基本流程
Fig. 1 Basic evaluation flow

2.1 确定评价指标及建立评价指标体系

包装方案的评价与许多因素相关,考虑到包装的功能及环保的要求,在此从包装的保护性、便利性、促销性和环保性 4 个方面建立一个包装评价体系。这 4 个方面也就是该评价体系的一级指标。每个评价方面又有若干个评价要素,即二级评价指标。在此为每个一级指标下都设定 3 个二级指标。整个评估体系包含 4 个一级指标和 12 个二级指标,建立的评估体系见表 1。依照相同的原理,在对不同产品的包装

表 1 包装方案评估体系

Tab.1 Assessment model of packaging solutions			
评价方面	评价要素	评价方面	评价要素
保护性 X_1	物理性保护 X_{11}	促销性 X_3	结构 X_{31}
	化学性保护 X_{12}		装潢 X_{32}
	目的性保护 X_{13}		文化 X_{33}
便利性 X_2	便于使用 X_{21}	环保性 X_4	用料少 X_{41}
	便于运输 X_{22}		无污染 X_{42}
	便于装卸 X_{23}		可回收 X_{43}

进行评价时,可以根据实际情况确定评价指标的层数和同级评价指标的个数。由此便可建立一个针对不同目标的,应用于不同层数和不同评价指标数的评估模型,见图 2。

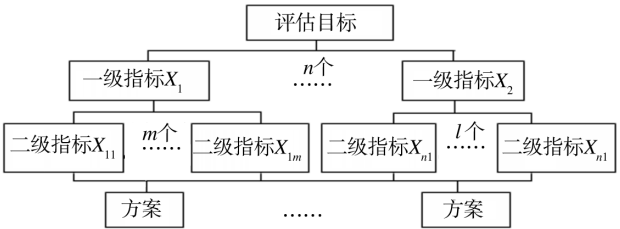


图 2 评估层次结构模型
Fig. 2 Model of hierarchy structure

2.2 评估具体步骤

根据所建的评估体系,目标由 W 表示,一级指标为 $X_i (i=1,2,3,\dots,n)$,二级指标为 $X_{ij} (i=1,2,3,\dots,n; j=1,2,3,\dots,m)$ 。设被评方案的序号为 $s (s=1,2,\dots,q)$ 。 X 表示一级评价指标 X_i 的集合,记作 $X=\{X_i\}$, X_i 表示二级评价指标 X_{ij} 的集合,记作 $X_i=\{X_{ij}\}$ 。评估的具体步骤如下^[5-6]。

- 1) 制定指标 X_{ij} 的评分等级及标准。为其赋值,使定性的指标定量化。
- 2) 确定评价指标权重。分别用 A 和 A_i 来表示 X_i 和 X_{ij} 的权重。确定权重常用的方法有层次分析法、逐对比较法和 KLEE 法^[7-8]。
- 3) 确定评价样本矩阵。评价者 k 对第 s 个被评方案,依据评分等级标准给出的评分记为 $d_{ijk}^{(s)}$,则其评价样本矩阵为 $D^{(s)}=(d_{ijk})$ 。
- 4) 确定评价灰度。设评价灰度为 $e (e=1,2,\dots,g)$,在此将灰度定为 4 级,即优、良、中、差,则 $g=4$ 。灰度关系见表 2。

表 2 灰度关系表

Tab.2 Grey relation

灰度 e 值	灰数	白化权函数
优 1	$\otimes_1 \in [d_1, \infty)$	$f_1(X_{ijk}) = \begin{cases} X_{ijk}/d_1 & X_{ijk} \in [0, d_1] \\ 1 & X_{ijk} \in [d_1, \infty) \\ 0 & X_{ijk} \in [d_2, \infty) \end{cases}$
良 2	$\otimes_2 \in [0, d_2, 2d_2]$	$f_2(X_{ijk}) = \begin{cases} X_{ijk}/d_2 & X_{ijk} \in [0, d_2] \\ 2d_2 - X_{ijk}/d_2 & X_{ijk} \in [d_2, 2d_2] \\ 0 & X_{ijk} \notin [0, 2d_2] \end{cases}$
中 3	$\otimes_3 \in [0, d_3, 2d_3]$	$f_3(X_{ijk}) = \begin{cases} X_{ijk}/d_3 & X_{ijk} \in [0, d_3] \\ 2d_3 - X_{ijk}/d_3 & X_{ijk} \in [d_3, 2d_3] \\ 0 & X_{ijk} \notin [0, 2d_3] \end{cases}$
差 4	$\otimes_4 \in [0, d_4, 2d_4]$	$f_4(X_{ijk}) = \begin{cases} X_{ijk}/d_4 & X_{ijk} \in [0, d_4] \\ 2d_4 - X_{ijk}/d_4 & X_{ijk} \in [d_4, 2d_4] \\ 0 & X_{ijk} \notin [0, 2d_4] \end{cases}$

5) 计算灰色评价系数。针对指标 X_{ij} , 被评价目标 s 属于评价灰类 e 的评价系数为 $F_{ije}^{(s)} = \sum_{k=1}^p f_e(d_{ijk}^{(s)})$,

其总灰色评价系数为: $F_{ij}^{(s)} = \sum_{e=1}^g F_{ije}^{(s)}$ 。

6) 计算灰色评价权向量及矩阵。对于指标 X_{ij} , 被评价目标 s 属于第 e 类的灰色评价权为 $r_{ije}^{(s)} = F_{ije}^{(s)} / F_{ij}^{(s)}$, 其灰色评价向量为 $r_{ij}^{(s)} = (r_{ij1}^{(s)}, r_{ij2}^{(s)}, \dots, r_{ijg}^{(s)})$, 将其综合后可得灰色评价权矩阵 $R_i^{(s)} = (r_{i1}^{(s)}, r_{i2}^{(s)}, \dots, r_{im}^{(s)})^T$ 。

7) 综合评价。首先对 X_i 作综合评价, 结果记为 $B_i^{(s)} = A_i \cdot R_i^{(s)} = (b_{i1}^{(s)}, b_{i2}^{(s)}, \dots, b_{ig}^{(s)})$ 。由 $B_i^{(s)}$ 可得 X 所属指标 X_i 的灰色评价权矩阵 $R^{(s)}$, 然后对 X 作综合评价, 结果记为 $B^{(s)} = A \cdot R^{(s)} = (b_1^{(s)}, b_2^{(s)}, \dots, b_g^{(s)})$ 。

8) 计算综合评价值并排序。使 $B^{(s)}$ 单值化, 计算目标的综合评价值 $W^{(s)}$ 。各评价灰类等级向量为 $C = (d_1, d_2, \dots, d_g)$, 则综合评价值为 $W^{(s)} = B^{(s)} C^T$, 最终可根据 $W^{(s)}$ 值的大小对目标的优劣进行排序。

3 实例分析

以市场上某品牌牛奶的 3 种包装方案为研究对象, 根据表 1 所列的包装评价指标体系模型对其进行评估。该体系共包括 4 个评价方面、12 个评价因素。将指标的优劣划分为“优、良、中、差”4 个等级, 对应的分值依次为 4, 3, 2, 1。当指标的优劣介于 2 个等级之间时, 对应的分值取它们的平均值: 3.5, 2.5, 1.5。

采用专家评分和层次分析法相结合的方式来确定各个评价指标的权重。首先将评估表格发给包装工程方面的专家, 让其分别对各级评价指标之间的重要性进行打分。根据评分结果, 按照 AHP 法对同一级别的评估标准的相对重要性进行两两比较, 来确定同级评价指标的权重。一级指标的权重向量为 $A = (0.42, 0.20, 0.22, 0.16)$, 各二级指标的权重向量分别为 $A_1 = (0.54, 0.30, 0.16)$, $A_2 = (0.61, 0.26, 0.13)$, $A_3 = (0.49, 0.31, 0.20)$, $A_4 = (0.75, 0.13, 0.12)$ 。

以 4 位专家对 3 个方案的评分进行综合评价分析。根据 4 位专家对第 1 个方案的评分, 可以得到第一个方案的评价样本矩阵:

$$D^{(1)} = [d_{ijk} \mid (3+3+3+3) \times 4] = [X_{11} \ X_{12} \ X_{13} \ X_{21} \ X_{22} \ X_{23} \ X_{31} \ X_{32} \ X_{33}]^T =$$

$$\begin{bmatrix} 3 & 3.5 & 3 & 2.5 & 3 & 2 & 3 & 2.5 & 2 & 1.5 & 1 & 1.5 \\ 3.5 & 3 & 3.5 & 2 & 2 & 2.5 & 2 & 2 & 2.5 & 2 & 1.5 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 2.5 & 2.5 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 3.5 & 3.5 & 3 & 2 & 2 & 3 & 2.5 & 3 & 2 & 1.5 & 1.5 & 1.5 \end{bmatrix}^T$$

同理可得第 2 和第 3 个方案的评价样本矩阵 $D^{(2)}, D^{(3)}$ 。

针对方案一, 其灰类关系见表 3。

表 3 方案一的灰度关系表

Tab.3 Grey relation of solution 1

灰类	e 值	灰数	白化权函数
优	1	$\otimes_1 \in [4, \infty)$	f_1
良	2	$\otimes_2 \in [0, 3, 6]$	f_2
中	3	$\otimes_3 \in [0, 2, 4]$	f_3
差	4	$\otimes_4 \in [0, 1, 2]$	f_4

计算灰色评价系数。对于评价指标 X_{11} , 方案一隶属于评价灰类 e 的灰色评价系数为 $X_{11e}^{(1)}$ 。当 $e = 1$ 时, $X_{111}^{(1)} = \sum_{k=1}^4 f_1(d_{11k}^{(1)}) = f_1(3) + f_1(3.5) + f_1(3) + f_1(3.5) = 3.25$ 。

同理可得: $X_{112}^{(1)} = 3.667, X_{113}^{(1)} = 1.5, X_{114}^{(1)} = 0$ 。

对于评价指标 X_{11} , 方案一的总灰色评价系数为:

$$X_{11}^{(1)} = \sum_{e=1}^4 X_{11e}^{(1)} = 8.417$$

计算灰色评价权向量及矩阵。对于评价指标 X_{11} , 方案一隶属于灰类 1 的评价权为:

$$r_{111}^{(1)} = \frac{X_{111}^{(1)}}{X_{11}^{(1)}} = 0.386$$

同理可得: $r_{112}^{(1)} = 0.436, r_{113}^{(1)} = 0.178, r_{114}^{(1)} = 0$ 。

故对于评价指标 X_{11} , 方案一的灰色评价权向量为 $r_{11}^{(1)} = (r_{111}^{(1)}, r_{112}^{(1)}, r_{113}^{(1)}, r_{114}^{(1)}) = (0.386, 0.436, 0.178, 0)$ 。

同理可以得到对于评价指标 X_{11} , 方案一隶属于各个灰类的灰色评价权向量, 从而可以得到方案一的评价指标 X_{11} 的灰色评价权矩阵 $R^{(1)}$ 。

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} r_{11}^{(1)} \\ r_{12}^{(1)} \\ r_{13}^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.386 & 0.436 & 0.178 & 0 \\ 0.386 & 0.436 & 0.178 & 0 \\ 0.359 & 0.440 & 0.301 & 0 \end{bmatrix}$$

同理可得 $R_2^{(1)}, R_3^{(1)}$ 和 $R_4^{(1)}$ 。

对方案一的一级指标 X_1 作综合评价, 其结果为 $B_1^{(1)} = A_1 \cdot R_1^{(1)} = (0.382, 0.436, 0.182, 0)$, 同理可求得 $B_2^{(1)}, B_3^{(1)}, B_4^{(1)}$ 。由此可以得到方案一的灰色权矩阵 $R^{(1)}$ 。

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} B_1^{(1)} \\ B_2^{(1)} \\ B_3^{(1)} \\ B_4^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.382 & 0.436 & 0.182 & 0 \\ 0.259 & 0.357 & 0.384 & 0 \\ 0.250 & 0.366 & 0.384 & 0 \\ 0.194 & 0.258 & 0.388 & 0.160 \end{bmatrix}$$

方案一的综合评价结果为： $B^{(1)} = A \cdot R^{(1)} = (0.298, 0.376, 0.300, 0.026)$ 。评价灰类等级向量 $C = (4, 3, 2, 1)$ ，则方案一的最终综合评价值为 $W^{(1)} = B^{(1)} C^T = 2.946$ 。同理可得方案二的综合评价价值 (2.886) 和方案三的综合评价价值 (2.907)。由此可知 3 个方案的综合评价价值排序为： $W^{(1)} > W^{(3)} > W^{(2)}$ ，故方案二为最佳方案。

4 结语

- 1) 包装的评估是针对多个对象的决策问题，灰色综合评价法正是基于这个原理建立的，所以该评估模型在包装方案评估方面有很强的适用性。
- 2) 该评估方案可以将定性的问题进行定量化处理，从而做出更加全面、整体、科学、客观的评价。定量化处理也使得评价过程更易操作。
- 3) 通过评估结果，可以比较各个方案的优缺点，从而更好地优化包装设计。

参考文献：

[1] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京：印刷工业出版社，2006.

PENG Guo-xun. Logistics Transport Package Design [M]. Beijing：Printing Industry Press, 2006.

[2] 褚笑珂. 台湾月饼包装中多元化设计风格研究[J]. 包装

工程, 2010, 31(14): 60—62.

CHU Xiao-ke. Research on Diversification Design Style of Taiwan's Moon Cake Packaging[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(14): 60—62.

[3] 吴祈宗. 系统工程[M]. 北京：北京理工大学出版社，2006.

WU Qi-zong. System Engineering [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2006.

[4] 兰爽. 灰关联分析在包装产品设计优选中的应用[J]. 包装工程, 2011, 32(11): 52—54.

LAN Shuang. Application of Grey Relational Analysis in Optimization of Design Alternatives for Packaging Products[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11): 52—54.

[5] 宋宝丰. 运输包装可靠性理论及其应用[J]. 株洲工学院学报, 2000, 14(6): 9—11.

SONG Bao-feng. Reliability Theory of Transportation Packaging and Its Application[J]. Journal of Zhu zhou Institute of Technology, 2000, 14(6): 9—11.

[6] 王志伟, 胡长鹰. 缓冲包装概率设计方法研究[J]. 包装工程, 1997, 18(6): 26—28.

WANG Zhi-wei, HU Chang-ying. On Probabilistic Design Method for Cushioning Packaging [J]. Packaging Engineering, 1997, 18(6): 26—28.

[7] 谢明辉, 李丽, 黄泽春, 等. 基于 LAC-模糊综合评价商品包装合理性评价方法研究[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 18—21.

XIE Ming-hui, LI Li, HUANG Ze-chun, et al. Study on Packaging Rationality Based on Life Cycle Assessment and Fuzzy Evaluation[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 18—21.

[8] 舒祖菊, 陈满儒, 丁毅. 模糊多目标决策算法在产品包装质量评估中的运用[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 109—110.

SHU Zu-ju, CHEN Man-ru, DING Yi. Application of Fuzzy Multi Objective Decision Making Algorithms in Packaging Quality Evaluation [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 109—110.