

# 包装总成本综合评价 AHP 模型研究

巩桂芬, 兰明, 殷科

(陕西科技大学, 西安 710021)

**摘要:** 在论述模糊数学综合评价模型基础之上,建立了包装总成本综合评价指标体系,运用模糊层次分析模型对其进行了分析与评价,从而可以使得决策者能够对包装总成本进行定量分析。通过实例验证了 AHP 模型的简便性和有效性,对包装方案的确定及优化提供了一定的参考依据。

**关键词:** 包装总成本; AHP; 综合评价

**中图分类号:** TB487; TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)03-0100-04

## Research on Comprehensive Evaluation AHP Model of Total Packaging Cost

GONG Gui-fen, LAN Ming, YIN Ke

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

**Abstract:** The fundamentals of fuzzy comprehensive evaluation mathematical model were introduced. The index system of total packaging cost comprehensive evaluation was established. The index system was analyzed and evaluated using fuzzy AHP model to get the total packaging cost quantitatively by decision-maker. The simplicity and effectiveness of the AHP model verified with an example. The purpose was to provide reference for determination and optimization of packaging solution.

**Key words:** total packaging cost; AHP; comprehensive evaluation

Saaty 在 1977 年提出了层次分析法(AHP),此方法是建立在测量模型的基础之上,将某个复杂问题分解为各个组成因素,并将这些因素按照内部关系分析,从而形成有序的阶梯层次结构。然后通过两两比较的方式确定各层次诸因素的相对重要性,根据相应的比例标度构造上下层相关因素的判断矩阵,在其通过一致性检验的同时,进行层次总排序,从而得出各因素影响权重及评价对象优劣次序,为决策者提供一定的理论依据。AHP 模型分析法的特点是在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上,利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化,从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法<sup>[1]</sup>。

在包装和物流领域,许多人认为包装物采购价格就是包装的唯一成本,从而忽视包装总成本的含义,仅仅只是通过减少包装材料成本来控制包装总成本,

渐渐失去市场核心竞争力。在分析评价包装总成本时,需要建立科学合理的评价体系,从根本上分析各影响因素,让技术人员更加清楚地掌握包装总成本结构,最终进行准确的评价与决策。笔者运用模糊层次模型(AHP),在建立包装总成本评估模型的基础上,利用层次分析法分析了复杂多变的影响因素,并确定各要素权重系数,合理给出了包装总成本模糊层次模型的评价结果,为后期的包装方案确定及优化提供的一定的理论依据。

### 1 包装总成本 AHP 模型评估

#### 1.1 包装总成本评价指标体系和层次结构划分

由于包装总成本受到多种因素影响,在评估时根据评价指标所属类型,将其划分成不同层次,即建立目标层、指标层与方案层来构成包装总成本评价层次

收稿日期: 2012-09-18

作者简介: 巩桂芬(1974-),女,河北故城人,陕西科技大学副教授,主要从事运输包装的教学与研究。

结构模型。由此将包装总成本分为包装物成本、包装使用成本及包装流通成本等三大部分,其中,包装物成本包括包装物原料采购、方案设计及制作加工成本;包装使用成本是指包装制品配送至客户端运输成本、现场打包及库存管理成本;包装流通成本则指整个运输、装卸操作过程成本及包装废弃物回收成本<sup>[2]</sup>。以此,将最优包装总成本  $A$  作为评价指标体系的最高层,即目标层;以此从包装物成本  $B_1$ 、包装使用成本  $B_2$ 、包装流通成本  $B_3$  等 3 个方面展开,建立该评价指标体系的第 2 层,即一级评价指标。在每个准则层指标下同时设定 3 个二级评价指标,作为指标体系的次准则层,构建包装总成本评价指标体系,见图 1<sup>[3]</sup>。

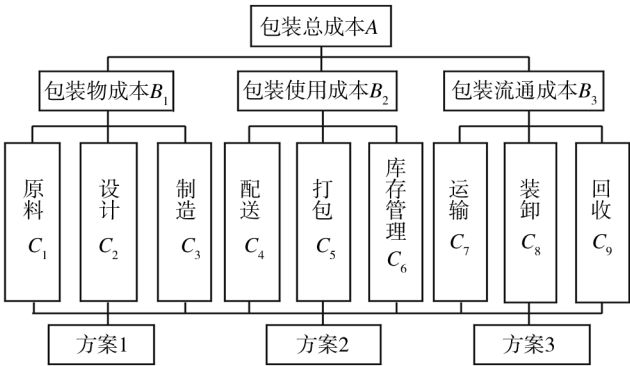


图 1 包装总成本评估层次结构

Fig. 1 Hierarchy structure of total packaging cost evaluation

1.2 构造模糊评判矩阵

在 AHP 模型分析法中,在准则  $A$  下,设有  $n$  个元素  $u_1, u_2, \dots, u_n$ ,对 2 个不同的元素  $u_i$  和  $u_j(i \neq j)$  的相对重要性进行比较,其中  $u_i$  和  $u_j$  对准则  $A$  的相对重要性分别记为  $\mu_{ij}$  和  $\mu_{ji}$ 。按照相对重要性的要求, $\mu_{ij}$  和  $\mu_{ji}$  应满足:

$$\mu_{ij} \geq 0, \mu_{ji} \geq 0, \mu_{ji} = 1/\mu_{ij} \tag{1}$$

而当元素  $\mu_{ij}$  与自身比较时是没有意义的,定义为:

$$\mu_{ii} = 1, 1 \leq i \leq n \tag{2}$$

对于元素  $u_i$  和  $u_j(i \neq j)$  相对重要性的确定,可采用专家调研与层次分析法相结合的形式来进行。首先将二级评价指标发给多位包装工程方面的专家,按照其重要性进行打分,并对其结果求平均值<sup>[4]</sup>。对于同级指标,参照 Satty 的 1-9 标度法两两进行重要性比对判断来确定相对重要性,标度表见表 1。

根据以上内容,对于同一等级评价指标,对两两

元素进行比较,构成判断矩阵:

表 1 重要性判断标度表

Tab.1 Table of importance judgment

| 标度      | 含义                 |
|---------|--------------------|
| 1       | 表示两两元素比较,两者同等重要    |
| 3       | 表示两两元素比较,前者比后者略重要  |
| 5       | 表示两两元素比较,前者比后者明显重要 |
| 7       | 表示两两元素比较,前者比后者很重要  |
| 9       | 表示两两元素比较,前者比后者极重要  |
| 2,4,6,8 | 表示两相邻的判断中值         |

$$(\mu_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & & \mu_{2n} \\ \vdots & & & \vdots \\ \mu_{n1} & \mu_{n2} & \cdots & \mu_{nn} \end{bmatrix}$$

1.3 确定各评价因素指标权重及一致性检验

采用方根法进行计算,可得到各评价因素的指标权重<sup>[4]</sup>。首先计算判断矩阵每行元素的几何平均值:

$$\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1,2,3,\dots,n} \mu_{ij}} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \tag{3}$$

对其进行归一化处理,即可得到各权重指标:

$$\omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{j=1,2,3,\dots,n} \bar{\omega}_j} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \tag{4}$$

由于包装总成本影响因素的复杂性与不同人对认识的多样想,在通过判断矩阵求得指标权重后,必须进行一致性检验。具体步骤如下:①计算判断矩

阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$ ;②计算一致性指标  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$  ( $n$  为评价指标的数目);③由表 2 查找相应的平均随机一致性指标  $R_i$ ;④计算一致性比值  $CR = CI/R_i$ 。若  $CR < 0.1$  时,满足一致性要求,否则对判断矩阵进行适当的调整<sup>[5-6]</sup>。

表 2 平均随机一致性指标  $R_i$  值

Tab.2 Value of average random consistency index  $R_i$

| $n$   | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|
| $R_i$ | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

综上所述,准则  $A$  下,包装总成本的模糊判断矩阵及相应指标权重  $\omega_{Ai}$  见表 3。

表 3  $A-u_i$  判断矩阵

Tab.3  $A-u_i$  Judgment matrix

| $A$      | $u_1$      | $u_2$      | $\cdots$ | $u_n$      | $\omega_{Ai}$ |
|----------|------------|------------|----------|------------|---------------|
| $u_1$    | $\mu_{11}$ | $\mu_{12}$ |          | $\mu_{1n}$ | $\omega_{A1}$ |
| $u_2$    | $\mu_{21}$ | $\mu_{22}$ |          | $\mu_{2n}$ | $\omega_{A2}$ |
| $\vdots$ | $\vdots$   |            |          | $\vdots$   |               |
| $u_3$    | $\mu_{n1}$ | $\mu_{n2}$ |          | $\mu_{nn}$ | $\omega_{An}$ |

1.4 模糊综合评判

根据综合判断函数  $\text{cell-best} = \operatorname{argmax}_{1 \leq j \leq n} \{V_{i=1,2,3,\dots,n}(\omega_i, r_{ij})\}$ , 进行模糊综合判断, 其中  $V$  表示去最大值的模糊运算符<sup>[7-8]</sup>。

2 实例

以某小型控制柜包装为例, 选择具有代表性的 3 种包装方案总成本作为研究对象。木箱包装(方案 1)作为现市场电器柜主流包装方案, 深得客户喜爱。随着绿色包装的发展, 瓦楞纸箱包装(方案 2)逐渐成为小型机柜包装的新宠, 其外包装材料选用瓦楞纸材

质, 高度四周采用纸护楞结构, 在经济性和环保性方面具有很大的优势, 但其堆码强度较低。方案 3 采用纸木结合形式的包装箱, 外箱板采用抗戳穿能力较强的木质胶合板或纤维板, 内部采用蜂窝纸板或瓦楞纸板结构, 与外箱粘合在一起, 此包装结合了纸箱及木箱的特性, 在满足包装箱强度要求下, 其经济性也占有一定的优势。现对此 3 种包装方案总成本运用 AHP 模型进行综合评价, 构建表 4 所示评价体系, 将其以调查问卷的形式发给多位包装领域的专家, 对其进行合理客观的打分并采用概率统计学原理进行处理, 最后对 3 种方案打分, 进行模糊综合评判。

表 4 包装总成本评价体系  
Tab.4 Evaluation system of total packaging cost

| 目标层          | 准则层          | 相对权    | 子准层        | 相对权    | 方案 1 | 方案 2 | 方案 3 |
|--------------|--------------|--------|------------|--------|------|------|------|
| 包装总成本<br>$A$ | 包装成本 $B_1$   | 0.625  | 原料 $C_1$   | 0.637  | 0.64 | 0.86 | 0.91 |
|              |              |        | 设计 $C_2$   | 0.1047 | 0.82 | 0.73 | 0.66 |
|              |              |        | 制造 $C_3$   | 0.2583 | 0.74 | 0.80 | 0.68 |
|              | 包装使用成本 $B_2$ | 0.1365 | 配送 $C_4$   | 0.3108 | 0.78 | 0.70 | 0.72 |
|              |              |        | 打包 $C_5$   | 0.1958 | 0.85 | 0.81 | 0.73 |
|              |              |        | 库存管理 $C_6$ | 0.4934 | 0.85 | 0.62 | 0.73 |
|              | 包装流通成本 $B_3$ | 0.2385 | 运输 $C_7$   | 0.6144 | 0.78 | 0.60 | 0.81 |
|              |              |        | 装卸 $C_8$   | 0.1172 | 0.84 | 0.65 | 0.77 |
|              |              |        | 回收 $C_9$   | 0.2684 | 0.66 | 0.87 | 0.80 |

2.1 确定各评价指标权重系数

以图 1 中准则层和子准则层的每一个元素作为准则, 按照重要性判断标度表对其打分, 统计多位专家结果, 根据式(3)及式(4)计算各权重系数, 并验证判断矩阵一致性, 经检验均满足要求, 见表 5—8。

表 5  $A-B$  判断矩阵  
Tab.5  $A-B$  judgment matrix

| $A$                                                                    | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $\omega_A$ |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| $B_1$                                                                  | 1     | 4     | 3     | 0.625      |
| $B_2$                                                                  | 1/4   | 1     | 1/2   | 0.1365     |
| $B_3$                                                                  | 1/3   | 2     | 1     | 0.2385     |
| $\lambda_{\max} = 3.0183, CI = 0.0092,$<br>$CR = 0.0158 < 0.1$ , 满足一致性 |       |       |       |            |

表 6  $B_1-C$  判断矩阵  
Tab.6  $B_1-C$  judgment matrix

| $B_1$                                                                  | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $\omega_{B1}$ |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| $C_1$                                                                  | 1     | 5     | 3     | 0.637         |
| $C_2$                                                                  | 1/5   | 1     | 1/3   | 0.1047        |
| $C_3$                                                                  | 1/3   | 3     | 1     | 0.2583        |
| $\lambda_{\max} = 3.0385, CI = 0.0193,$<br>$CR = 0.0332 < 0.1$ , 满足一致性 |       |       |       |               |

表 7  $B_2-C$  判断矩阵

Tab.7  $B_2-C$  judgment matrix

| $B_2$                                                                  | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $\omega_{B2}$ |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| $C_4$                                                                  | 1     | 2     | 1/2   | 0.3108        |
| $C_5$                                                                  | 1/2   | 1     | 1/2   | 0.1958        |
| $C_6$                                                                  | 2     | 2     | 1     | 0.4934        |
| $\lambda_{\max} = 3.0536, CI = 0.0268,$<br>$CR = 0.0462 < 0.1$ , 满足一致性 |       |       |       |               |

表 8  $B_3-C$  判断矩阵

Tab.8  $B_3-C$  judgment matrix

| $B_3$                                                                  | $C_7$ | $C_8$ | $C_9$ | $\omega_{B3}$ |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| $C_7$                                                                  | 1     | 4     | 3     | 0.6144        |
| $C_8$                                                                  | 1/4   | 1     | 1/3   | 0.1172        |
| $C_9$                                                                  | 1/3   | 3     | 1     | 0.2684        |
| $\lambda_{\max} = 3.0735, CI = 0.0368,$<br>$CR = 0.0634 < 0.1$ , 满足一致性 |       |       |       |               |

2.2 模糊综合评判

根据以上所得方案评分矩阵  $D$  及权重系数, 运用综合判断公式, 对包装物成本进行合成计算评价结果:

$B_1 = \dot{\omega}_{B1} \cdot D_1 = [0.637 \ 0.1047 \ 0.2583] \cdot$

$$\begin{bmatrix} 0.64 & 0.86 & 0.91 \\ 0.82 & 0.73 & 0.66 \\ 0.74 & 0.80 & 0.68 \end{bmatrix} = [0.68 \ 0.831 \ 0.824]$$

归一化处理可得:  $B_1 = [0.293 \ 0.355 \ 0.352]$

包装使用成本评价结果:

$$B_2 = [0.365 \ 0.307 \ 0.327]$$

包装流通成本评价结果:

$$B_3 = [0.338 \ 0.303 \ 0.359]$$

最后计算各方案综合评价结果。

$$\text{方案 1: } Y_1 = 0.625 \times 0.293 + 0.1365 \times 0.365 + 0.2385 \times 0.338 = 0.313$$

$$\text{方案 2: } Y_2 = 0.625 \times 0.355 + 0.1365 \times 0.307 + 0.2385 \times 0.303 = 0.336$$

$$\text{方案 3: } Y_3 = 0.625 \times 0.352 + 0.1365 \times 0.327 + 0.2385 \times 0.359 = 0.351$$

由  $A-B$  判断矩阵可以看出, 包装物成本最为重要, 其次为包装流通成本, 最后是包装使用成本, 因此在包装总成本评估及方案优化时, 应着重考虑包装物成本方面的影响。从评价结果矩阵  $B$  中可以看出, 方案 2 的包装物成本方面最优, 而在包装使用成本方面上方案 1 体现了一定的优越性, 但在包装流通成本方面, 方案 3 则略优于其它两种方案。

根据最大隶属原则, 由各方案最终评价结果可判定方案 3 包装总成本最优。由此可以看出在其机柜包装方案上, 采用纸木结合形式的包装箱其总成本更加合理, 然而这也只是包装方案确定的一方面, 最终也需要根据实际情况及包装方案运行模式综合考虑, 对其判断矩阵作适当调整, 以便在更加合理地进行实际包装总成本评价。

### 3 结语

层次分析法作为一种针对于模糊性问题进行定量分析的多准则决策方法, 具有简便有效、应用广泛等特点。依据其原理, 将包装总成本中诸多不确定因素进行量化处理, 建立了典型机柜包装总成本评价指标体系, 通过运用 AHP 模型对其进行了评价决策, 较好地分析了各因素之间的层次关系和权重系数, 更加深入、直观地反映出其内部关系, 同时根据各指标权重和最终评判结果, 对各方案包装总成本做出了综合全面的评价, 并对几种包装方案的成本评价结果进行了分析, 提出了合理的包装总成本评价方法。

### 参考文献:

- [1] STAAAY L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [2] 戴宏民, 戴佩华. 产品整体包装解决方案策划(设计)的目标、原则及方法[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2010, 27(1): 80-84.  
DAI Hong-min, DAI Pei-hua. Objective, Principle and Methods for Holistic Product Package Solution Plan Design[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2010, 27(1): 80-84.
- [3] 杨明朗, 蔡克中. 基于模糊数学综合评判法的缓冲包装设计水平的评价[J]. 包装工程, 2001, 22(5): 26-28.  
YANG Ming-lang, CAI Ke-zhong. Evaluation of Design Level of Cushioning Packaging Using Fuzzy Mathematics Comprehensive Judgment[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(5): 26-28.
- [4] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.  
DENG Xue, LI Jia-ming, ZENG Hao-jian, et al. Research on Computation Methods of AHP Wight Vector and Its Applications[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(7): 93-100.
- [5] 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应用[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 109-110.  
SHU Zu-ju, CHEN Man-ru, DING Yi. Application for Fuzzy Multi-objective Decision making Algorithms in Packaging Quality Evaluation[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 109-110.
- [6] 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.  
DING Yi, CHEN Yan, XIAO Ya-qin. Evaluation of Liquid Milk Packaging Projects Based on AHP Method[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 132-133.
- [7] 巩桂芬, 殷科. 基于模糊层次分析法的包装方案评估模型研究[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 64-67.  
GONG Gui-fen, YIN Ke. Study on Assessment Model of Packaging Solutions Based on AHP Method[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 64-67.
- [8] 湛少锋. 包装装潢设计方案综合评价 AHP 模型[J]. 包装工程, 1995, 16(3): 16-18.  
ZHAN Shao-feng. AHP Model of Comprehensive Evaluation of Packaging Decoration Scheme[J]. Packaging Engineering, 1995, 16(3): 16-18.