

基于模糊综合评价法的包装方案评估

李志强^{1,2}, 袁婷玉¹, 孙涛^{1,2}, 靳朝晖¹, 马春华³

(1.陕西科技大学, 西安 710021; 2.轻化工程国家级实验教学示范中心(陕西科技大学), 西安 710021; 3.南阳师范大学 机电工程学院, 河南 南阳 473061)

摘要: **目的** 解决包装方案的综合评价问题, 并对包装解决方案进行优选。**方法** 以转辙机包装解决方案优选为例, 依据模糊综合评价法建立高效的包装方案评估模型。首先基于 CPS 理念对转辙机设备设计 3 款包装解决方案, 利用层次分析法量化产品防护要求、包装生产成本、包装使用成本、使用后的包装流通成本、环保与安全、用户感受等 6 个 1 级指标及其对应 2 级指标的权重, 通过专家评价及语义差异法确定 2 级评价指标的评价矩阵。最终利用模糊层次分析法对转辙机包装解决方案进行综合评价, 得到 3 个方案的综合性评价结果[0.32,0.37,0.31], 确定方案 2 为优选方案。**结果** 该评价方法在转辙机包装方案综合评价中具有较好的可行性及可靠性。**结论** 该方法可对包装方案的各评价指标进行定量化分析, 确定主要的影响因素, 为包装方案的选择提供了决策依据, 并为其后续优化设计明确了方向。该模型在包装方案评估中具有较为广泛的适用性。

关键词: 包装方案设计; 模糊综合分析法; 层次分析法; 方案优选

中图分类号: TB482; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)23-0189-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.028

Packaging Solution Evaluation Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

LI Zhi-qiang^{1,2}, YUAN Ting-yu¹, SUN Tao^{1,2}, JIN Zhao-hui¹, MA Chun-hua³

(1.Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2.National Demonstration Center for Experimental Light Chemistry Engineering Education, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 3.College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanyang Normal University, Nanyang 473061, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problems of comprehensive evaluation and optimal selection of packaging solutions. Taking the optimal selection of packaging solutions of point machine as an example, an efficient evaluation model of packaging solutions was established based on fuzzy comprehensive evaluation method. First of all, based on the concept of the CPS of point machine equipment, three kinds of packaging solutions were designed. AHP was used to quantify the weight of the product protection requirements, packaging production cost, packaging use cost, packaging circulation cost after use, environmental protection and safety, user experience, and the weight of the six first-level indicators corresponding to the second-level indicators. The evaluation matrix of the second-level indicators was determined by expert evaluation and semantic difference method. At last, the fuzzy analytic hierarchy process was used to comprehensively evaluate the packaging solution of point machine, and the comprehensive evaluation results of the three solutions were obtained [0.32 0.37 0.31]. Determine preference was given to packaging solution ii. The evaluation method had good feasibility and reliability in the comprehensive evaluation of point machine packaging scheme. This method can quantitatively analyze the evaluation indicators of packaging scheme and determine the main influencing factors. It provides the basis for packaging

收稿日期: 2019-06-26

基金项目: 河南省自然科学基金(162300410207)

作者简介: 李志强(1976—), 男, 陕西科技大学副教授, 主要研究方向为绿色包装技术与解决方案的研究与开发。

通信作者: 张素凤(1972—), 女, 博士, 陕西科技大学教授、博导, 主要研究方向为纤维新材料与纸基复合材料的研究与开发。

scheme selection and the direction for its subsequent design. The model can be widely used in assessment of packaging scheme evaluation.

KEY WORDS: packaging solution design; fuzzy comprehensive analysis; analytic hierarchy process; optimal selection of solution

根据《关于加快我国包装产业转型发展的指导意见》中明确表示,包装产业定位为“服务型制造业”,包装产业规模逐步扩大,显著提升了国民经济和社会发展中的支撑能力,并占有举足轻重的地位^[1]。目前包装方案的设计与选择存在较大的主观性,包装方案的设计多以工程师的经验为主导,且工程师的设计能力层次不齐,导致大部分包装易发生保护不足或过度保护的现象。此外,由于客户对于包装方案的选择多以成本为主导,无法全面考虑包装方案的优劣,造成社会资源较大的浪费。笔者建议在包装方案设计时,需基于 CPS 理念对包装方案进行减量化、绿色化设计;方案在满足仓储、搬运、运输等性能要求的情况下,减少材料使用、人工成本、运输成本等,提高社会资源的利用率,使经济性能最大化^[2-3]。

工业产品包装方案的优选涉及功能、性能、经济、环境等多个方面,各方面又包含若干个影响因素,是一个多目标多层次的决策问题^[4]。文中基于包装方案的整个生命周期进行分析并结合用户感受,运用模糊综合分析法^[5-6],随后根据模糊数学将定性评价转换为定量评价,给出模糊综合评价结果,进而确定优选方案,为后期包装方案的优化提供一定理论依据。

1 建立包装方案的综合评价模型

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法,其结果清晰,且具有较强的系统性及层次性,能较好地解决由多个因素影响的包装方案优选决策问题^[7]。

模糊综合评价大致分为以下 4 个步骤。

1) 根据包装方案涉及的多种影响因素,选取合适的因素构建模糊综合评价指标 U ,其直接影响模糊综合评价的准确性。

2) 通过德菲尔法或层次分析法来确定各指标的权重,以构建权重向量 A ^[8]。

3) 确定评语集 V 对评价指标进行评价,以便构建模糊评价矩阵 R 。

4) 将模糊评判矩阵与指标的权向量进行运算,做归一化处理,得到结果向量,确定优选方案。

1.1 确定包装方案评价指标体系

确定评价对象的影响因素,将影响因素按属性及类别进行分类,每一类都定义为单一评价指标,称之为 1 级评价指标。1 级评价指标可设置下属的 2 级评价指标,2 级评价指标可设置下属的 3 级评价指标,以此类推,构造出评价指标体系 U ,其中 $U=U_1 \cup U_2 \cup \dots \cup U_p$,且 $U_i \cap U_j = \Phi$, $i, j=1, 2, \dots, p$ 。 $U_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im})$, $k, l, m, n=1, 2, 3, \dots, p$, 见图 1。

1.2 构建评价因素的权重向量

选择层次分析法确定各评价指标权重^[9-12]。由工业包装工程方面的专家根据构造好的多层次评价指标结构模型对同级矩阵因素进行两两比较,确定其相对重要性,构造成对比较矩阵 $A = (a_{ij})$ 。

$$(A_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

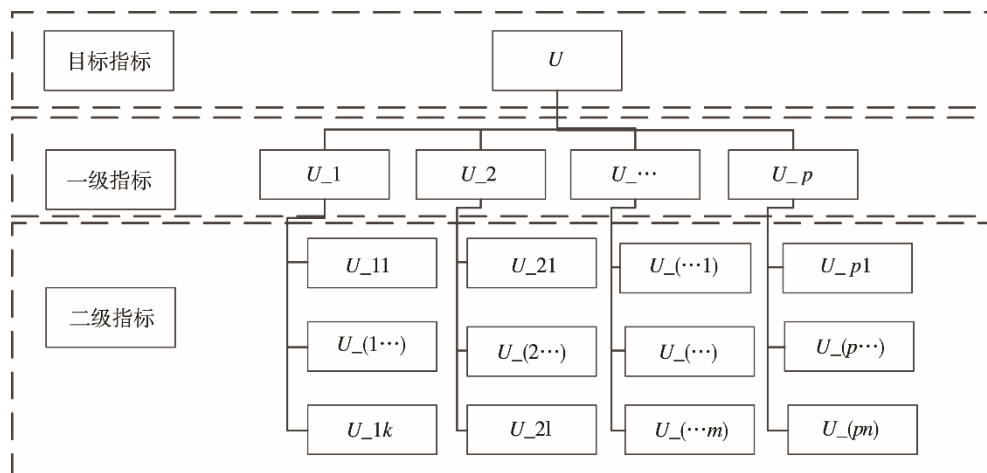


图 1 评价指标体系

Fig.1 Evaluation indicator system

由于在单一准则下各种标度法都具有一定的保序性，因此矩阵元素两两比较采用 1—9 标度法来进行标度^[13]。当 $a_{ij}=n$ ($n=1,2\dots9$)，则 $a_{ji}=1/n$ ；当 $i=j$ 时， $a_{ij}=a_{ji}=1$ ，见表 1。

表 1 评价指标重要性的判断标度
Tab.1 Evaluation indicator 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，前者略微比后者重要
5	表示两两元素比较，前者明显比后者重要
7	表示两两元素比较，前者很重要
9	表示两两元素比较，前者极重要
$2n$ ($n=1,2,3,4$)	表示两相邻的判断中值
倒数	后者与前者比较

采用和法进行计算，可得到各评价因素的权向量。将列向量进行归一化处理，求矩阵行，并作归一化处理，随后得到权重向量 W ，引入随机一致性指

表 2 平均随机一致性指标 R_1
Tab.2 Average random consistency indicators R_1

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_1	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

1.4 多因素模糊综合评判

综上所述，确定各因素权重集 W 与评判矩阵 R 后，基于评判函数模型，实现模糊综合评价。由二级指标评判结果构成模糊综合评价矩阵，结合 1 级评价指标的权向量，计算可得包装方案评价的最终结果 B 。

$$B=WR=(w_1, w_2\dots w_m)\cdot$$
$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \cdots & R_{mn} \end{bmatrix}=(b_1, b_2\dots b_m)$$

(4)

2 实例分析

文中以某品牌转辙机的包转方案优选为例，进一步阐述基于模糊综合评价进行包装方案优选的过程。

2.1 转辙机包装方案设计

基于 CPS 理念从产品包装原材料的选用、包装

标 R_1 ，见表 2。计算一致性比率 ($C_R=\frac{C_1}{R_1}$) 是否满足 $C_R<0.1$ ，进而判定矩阵 A 是否满足一致性要求，否则需要调整矩阵。最终得到评价指标的权重，确定重要性判断矩阵。

$$C_1=\frac{\lambda_{\max}(A)-n}{n-1}$$

(2)

式中： C_1 为一致性指标； $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值。

1.3 构造模糊评价矩阵

为便于对包装方案的评价指标进行综合评价，上文已构建包装方案合理性评价的 2 级评价因素集，首先选择评语集 V =(非常差、较差、差、中、好、很好、非常好)，共 7 个等级，对 3 种包装方案依据自上而下的层级结构制定专家打分表，分别对评价指标进行描述构成评价矩阵 R 。

$$R=\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \cdots & R_{mn} \end{bmatrix}$$

(3)

结构及运输仓储的设计、产品包装使用后的回收各方面考虑，为该产品制定整体包装解决方案。转辙机产品模型见图 2。该产品的重力为 1400 N，外壳为铸铁结构，具有良好的耐热性及耐寒性；其由深圳运往巴基斯坦，属于出口包装，运输形式为“海运+陆运”。要求包装可实现四层堆码需求，并具有良好的保护性。

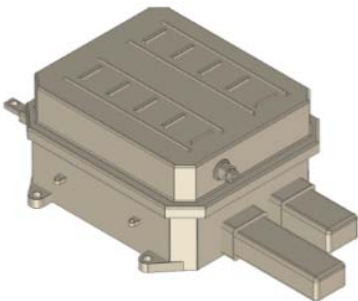


图 2 转辙机产品模型
Fig.2 Product model of point machine

3 款方案见图 3，固定方式均使用木条进行底部限位，利用打包带对其进行固定。其中方案 1 为比较常见的木箱，顶部及端板以框架结构为主，具有良好的通风性，侧板设置加强筋，可提高整箱的堆码强度，

满足包装动载需求;方案2为操作更为便捷的胶合板箱,使用插舌进行连接,盖板与侧板设置加强筋,增加胶合板箱的稳定性及抗压性,具有较强的便捷性。方案3为目前较受客户欢迎的纸围框加纸护角方案,顶盖选择0452型的瓦楞纸盖,该方案在经济性及环保性方面占有较大优势,但其抗压性能及抵抗环境变化的能力较弱。

2.2 构建模糊综合评价指标

基于模糊综合评价法对3款包装解决方案进行评价,构建模糊综合评价指标体系。结合产品包装在其生命周期中的各个环节,确定影响评判对象的各种因素,自上而下将多个因素构成若干层次,构造出模糊综合评价指标。在确认影响因素过程中,往往容易忽视客户感受的影响,因此在转辙机包装方案评价因素中将客户主观感受用定量数值的形式客观呈现^[14]。

包装方案的评价见图4,据其设计目标指标,建立1级指标集^[15-18],包括产品防护要求 U_1 、包装生产成本 U_2 、包装使用成本 U_3 、使用后的包装流通成

本 U_4 、环保与安全 U_5 、用户感受 U_6 等6个因素。其中产品防护要求 U_1 包括静载性能 U_{11} 、动载性能 U_{12} 、包装密封性能 U_{13} ;包装成本 U_2 包括包装材料成本 U_{21} 、人工成本 U_{22} 、固定成本 U_{23} 、仓储及物料管理成本 U_{24} 、设计成本 U_{25} ;包装使用成本 U_3 包括获得包装制品的配送成本 U_{31} 、包装作业成本 U_{32} 、仓储及管理成本 U_{33} 、散装托盘成本 U_{34} ;使用后的包装流通成本 U_4 包括运输成本 U_{41} 、仓储成本 U_{42} 、废弃包装物回收成本 U_{43} ;环保与安全 U_5 包括RoHs含量 U_{51} 和二氧化碳排放量 U_{52} 。综上所述,评价指标集可表示为:1级指标集 $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}$;2级指标集为 $U_1=\{U_{11}, U_{12}, U_{13}\}$, $U_2=\{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}, U_{25}\}$, $U_3=\{U_{31}, U_{32}, U_{33}\}$, $U_4=\{U_{41}, U_{42}, U_{43}\}$, $U_5=\{U_{51}, U_{52}\}$ 。

2.3 确定各指标的权重系数

利用1—9标度法对图3中1级指标和2级指标中的每一个元素进行重要性判断,统计多位专家的评价结果,并验证模糊判断矩阵的一致性,经检验,CR值均小于0.1,满足一致性检验要求。1级指标的重要性判断矩阵见式(5)。

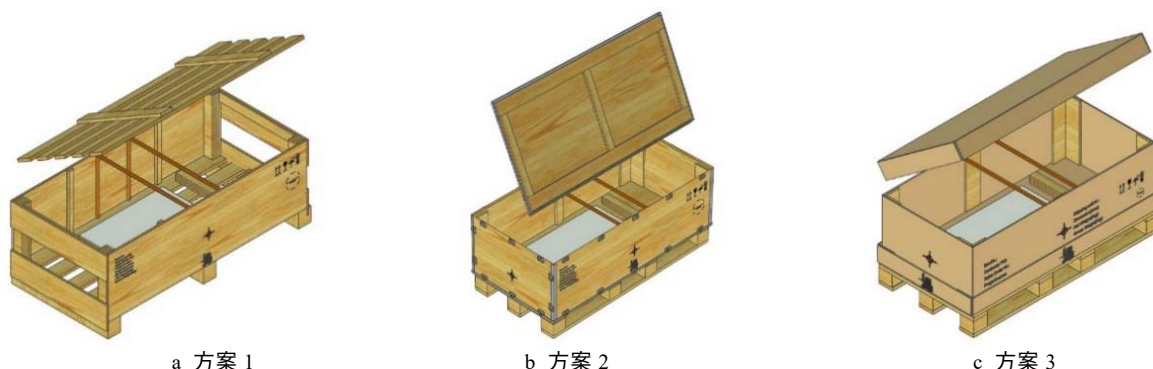


图3 各方案的展示

Fig.3 Presentation of each solution

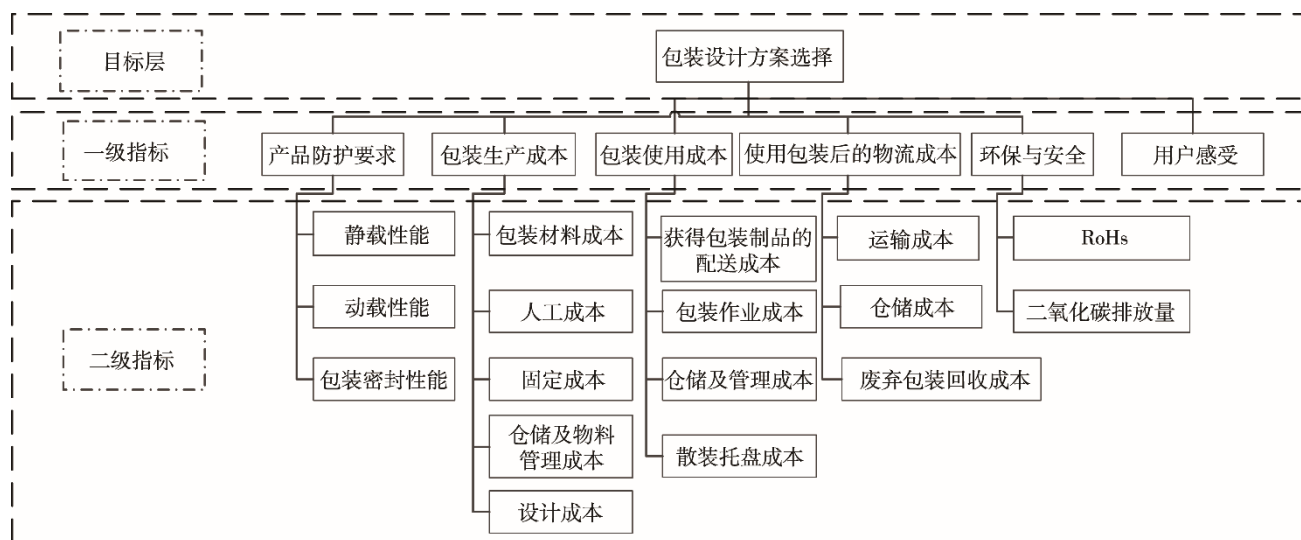


图4 包装方案评价指标

Fig.4 Evaluation indicators of packaging solution

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{6} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 3 \\ 7 & 1 & 3 & 5 & 6 & 7 \\ 6 & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 4 & 6 \\ 5 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 4 \\ 3 & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 1 & 5 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & \frac{1}{6} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

通过计算得到，1 级指标权向量矩阵 $W=[0.46$
 $0.23\ 0.14\ 0.08\ 0.05\ 0.04]$ ；2 级指标权重计算过程同一
级指标，其权向量矩阵为 $W_1=[0.39\ 0.44\ 0.17]$ ；
 $W_2=[0.37\ 0.26\ 0.12\ 0.14\ 0.10]$ ； $W_3=[0.32\ 0.36\ 0.13$
 $0.19]$ ； $W_4=[0.44\ 0.17\ 0.39]$ ； $W_5=[0.5\ 0.5]$ 。

2.4 构造模糊评价矩阵

8 位专家分别对 3 种方案的 2 级评价指标进行评
分得到评价矩阵，对其求取平均评价值并进行归一化
处理，得到 3 个方案的 U_{12} 级指标评价矩阵见式 (6)。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.34 & 0.34 & 0.32 \\ 0.34 & 0.39 & 0.27 \\ 0.34 & 0.36 & 0.30 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中 1 级指标用户感受 (U_6) 采取对 35 人进行
语义差异调研法的方式确定，采用 7 级评价等级对包
装方案进行评价，并选择 7 组词汇对各方案进行描述
性评价，-3 表示非常差、-2 表示较差、-1 表示差、
0 表示中立、1 表示好、2 表示很好、3 表示非常好。
将描述性词语转化为分值形式，更能直观展示方案综
合评比的效果。

方案 1 的语义差异评价表见表 3，方案 2 及方案
3 的模式同方案 1 一致。

各包装方案剩余评价指标的评价值见表 4，其中
 W 表示权重， $\lambda_{\max}$ 判断矩阵的最大特征值。

2.5 多因素模糊综合评判

根据 2 级评价指标的权重向量 W 与方案的评价
矩阵 R ，对包装方案 2 级评价指标进行综合评价。2
级评价指标的评价结果见式 (7—11)。

$$B_1 = W_1 R_1 = [0.39\ 0.44\ 0.17] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.34 & 0.34 & 0.32 \\ 0.34 & 0.39 & 0.27 \\ 0.34 & 0.36 & 0.30 \end{bmatrix} = [0.34\ 0.37\ 0.29] \quad (7)$$

$$B_2 = [0.315\ 0.37\ 0.315] \quad (8)$$

$$B_3 = [0.29\ 0.40\ 0.31] \quad (9)$$

$$B_4 = [0.38\ 0.34\ 0.28] \quad (10)$$

$$B_5 = [0.31\ 0.33\ 0.36] \quad (11)$$

构成 1 级评价指标的评价矩阵 R 见式 (12)。

$$R = \begin{bmatrix} 0.34 & 0.37 & 0.29 \\ 0.31 & 0.37 & 0.31 \\ 0.29 & 0.40 & 0.31 \\ 0.38 & 0.34 & 0.28 \\ 0.31 & 0.33 & 0.36 \\ 0.14 & 0.46 & 0.41 \end{bmatrix} \quad (12)$$

根据上述所得的 1 级评价指标的评价矩阵 R 及
权重向量 W ，对包装方案进行综合评判，得到综合评
价结果 B ，见式 (13)。

$$B = WR = [0.34\ 0.20\ 0.12\ 0.18\ 0.08\ 0.08] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.34 & 0.37 & 0.29 \\ 0.31 & 0.37 & 0.31 \\ 0.29 & 0.40 & 0.31 \\ 0.38 & 0.34 & 0.28 \\ 0.31 & 0.33 & 0.36 \\ 0.14 & 0.46 & 0.41 \end{bmatrix} = [0.32\ 0.3722\ 0.31] \quad (13)$$

由包装方案的判断矩阵可以发现，产品防护要求
因素最为重要，其次为包装生产成本与使用后的包装
流通成本，随后是包装使用成本，最后为用户感受以
及环保与安全，因此在进行包装方案评价及方案优化

表 3 方案 1 的语义差异评价调研汇总
Tab.3 Semantic difference evaluation form of solution 1

语义描述词汇对	选择不同语义描述程度的人数						
	3	2	1	0	-1	-2	-3
标识醒目-标识模糊	12	14	3	5	1	0	0
精致-粗糙	0	2	2	9	13	9	0
安全-危险	2	9	11	5	4	3	1
操作简洁-操作繁杂	4	3	8	6	5	4	5
高端-低端	4	4	3	8	6	7	3
轻巧-笨重	8	6	6	5	5	5	0
坚实-薄弱	1	11	9	6	3	5	0

表 4 转辙机包装方案评价体系
Tab.4 Evaluation system of point machine packaging solution

指标等级		评价指标	W	$\lambda_{\max}$	C_I	C_R	各指标的评价值		
							方案1	方案2	方案3
2级	U_1	静载性能	0.39	3.007	0.0038	0.01	0.34	0.34	0.32
		动载性能	0.44				0.34	0.39	0.27
		包装密封性能	0.17				0.34	0.36	0.30
		包装材料成本	0.37				0.35	0.31	0.34
	U_2	人工成本	0.26	5.022	0.0056	0.005	0.24	0.42	0.34
		固定成本	0.12				0.24	0.40	0.36
		仓储及物料管理成本	0.14				0.33	0.35	0.32
		设计成本	0.10				0.31	0.41	0.28
	U_3	获得包装制品的成本	0.32	4.008	0.0026	0.003	0.35	0.45	0.20
		包装作业成本	0.36				0.20	0.32	0.48
		仓储及管理成本	0.13				0.32	0.48	0.20
		散装托盘成本	0.19				0.35	0.42	0.23
	U_4	运输成本	0.44	3.007	0.0038	0.01	0.31	0.36	0.33
		仓储成本	0.17				0.35	0.45	0.2
		废弃包装物回收成本	0.39				0.48	0.28	0.24
	U_5	RoHs含量	0.50	2	0	0	0.333	0.333	0.333
		二氧化碳排放量	0.50				0.28	0.33	0.39
1级	U	产品防护要求	0.34	6.23	0.0456	0.037	0.34	0.37	0.29
		包装生产成本	0.20				0.31	0.37	0.31
		包装使用成本	0.12				0.29	0.40	0.31
		使用后的包装流通成本	0.18				0.38	0.34	0.28
		环保与安全	0.08				0.31	0.33	0.36
		用户感受	0.08				0.14	0.46	0.41

时,应着重考虑产品防护方面的影响。从评价矩阵 R 中可以看到各方案在相同评价指标上的得分,方案 2 在产品防护及包装生产成本的比较中具有一定优势;方案 3 在环保方面具有一定优势,这为包装方案选择提供了参考依据,并为其后续的优化设计提供了理论依据。

由综合评判矩阵 B 的最终评判结果可判断方案 2 包装方案最优。在转辙机包装方案选择上,胶合板箱更具有优势。此评价方式也需根据实际情况进行综合考虑,对判断矩阵及评价矩阵作适当调整,以便使包装方案评价更具有合理性。

3 结语

文中基于模糊综合评价法对由多个因素影响的包装方案优选决策问题进行了分析。依据该原理,建立了转辙机包装方案评价指标体系,确定了各因素的权重系数,明确了主要的影响因素,提出了合理可靠的包装方案优选评价方法,为包装方案的选择提供了决策依据,并为其后续的优化设计明确了方向,该模型在包装方案评估中具有较为广泛的适用性。

参考文献:

- [1] 两部委印发《关于加快我国包装产业转型升级发展的指导意见》[J]. 中国印刷, 2017(5): 9—10.
Issued by Two Ministries Guiding Opinions on Accelerating the Transformation and Development of Packaging Industry in China[J]. China Print, 2017(5): 9—10.
- [2] 李志强, 吕博. 基于 CPS 的弹药包装设计[J]. 轻工科技, 2019, 35(3): 90—93.
LI Zhi-qiang, LYU Bo. Ammunition Packaging Design Based on CPS[J]. Light Industry Science and Technology, 2019, 35(3): 90—93.
- [3] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2012: 148—150.
PENG Guo-xun. Logistics Transportation Packaging Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012: 148—150.
- [4] 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.

- [5] 秦凤贤, 朱传第. 用 LCA 方法评价牛奶包装对环境的影响[J]. 乳业科学与技术, 2006(4): 163—165.
QIN Feng-xian, ZHU Chuan-di. The Influence of Packaging of Milk on Environment Assessed by LCA[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2006(4): 163—165.
- [6] 仇大勇. 包装物流功能分析及模糊综合评价评价模型[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 101—103.
QIU Da-yong. Analysis on Package Logistics Function and Comprehensive Fuzzy Evaluation Model[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 101—103.
- [7] WU K H, WU J S, YUAN Y, et al. The Study of Informatization Investment Benefit Evaluation for Grid Enterprise Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[C]// Computational and Information Sciences (ICCIS), 2013: 359—362.
- [8] VANDE K G, VAN H E, VRIES H J, et al. Supporting Decision Making in Technology Standards Battles Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Engineering Management, 2014, 61(2): 336—348.
- [9] KHOSHI A, SHAMS G H, MAHMOUDI N. The Data on the Effective Qualifications of Teachers in Medical Sciences: an Application of Combined Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods[J]. Data in Brief, 2018, 21: 2689—2693.
- [10] IVANA R, ZUZANA M. The Analysis of AHP Method and Its Potential Use in Logistics[J]. Acta Montanistica Slovaca, 2009, 14(1): 103—112.
- [11] 周清华, 杨萍, 肖吉军, 等. 基于层次分析法的包装质量分析[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 145—150.
ZHOU Qing-hua, YANG Ping, XIAO Ji-jun, et al. Packaging Quality Analysis Base on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 145—150.
- [12] NGUYE H T, DAWAL S Z M, NUKMAN Y, et al. An Integrated Approach of Fuzzy Linguistic Preference Based AHP and Fuzzy COPRAS for Machine Tool Evaluation[J]. PLoS ONE, 2015, 10(9): 1—4.
- [13] 骆正清, 杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践, 2004(9): 51—60.
LUO Zheng-qing, YANG Shan-lin. Comparative Study on Several Scales in AHP[J]. System Engineering Theory and Practice, 2004(9): 51—60.
- [14] 刘好, 顾晓菁, 臧之筠. 包装设计效果的模糊评价研究[J]. 装饰, 2014(8): 133—134.
LIU Yu, GU Xiao-jing, ZANG Zhi-yun. The Study on Fuzzy Evaluation of Packaging Design Effect[J]. Decoration, 2014(8): 133—134.
- [15] 王瑾, 郭威, 刘金松, 等. 基于因果分析图法及层次分析法的空调工程施工质量控制[J]. 上海理工大学学报, 2013, 2(2): 116—120.
WANG Jin, GUO Wei, LIU Jin-song, et al. Quality Control of Air Conditioning Installation Based on the Methods of Analytic Hierarchy Process and Cause and Effect Diagram[J]. University of Shanghai for Science and Technology, 2013, 2(2): 116—120.
- [16] 徐锋, 纪杨建, 顾新建, 等. 基于主成分分析的产品低碳包装概念设计方法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2014, 48(11): 2009—2016.
XU Feng, JI Yang-jian, GU Xin-jian, et al. Conceptual Design Method for Low-carbon Packaging of Products Based on Principal Component Analysis[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2014, 48(11): 2009—2016.
- [17] 蔡久顺, 张执国, 师鹏, 等. 基于模糊多层次灰色法的绿色建筑设计风险评价研究[J]. 合肥工业大学学报, 2015, 38(7): 968—972.
CAI Jiu-shun, ZHANG Zhi-guo, SHI Peng, et al. Research on Risk Evaluation of Green Building Design Based on Fuzzy Multi-hierarchical Gray Method[J]. Journal of Hefei University of Technology, 2015, 38(7): 968—972.
- [18] 罗良维, 杨春燕. 基于基因可拓模块化设计的陶瓷物流包装设计研究[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(2): 11—16.
LUO Liang-wei, YANG Chun-yan. Study on Ceramic Logistics Packaging Design Based on Gene Extension Modular Design[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2015, 32(2): 11—16.