

基于多阶权重组合和 PROMETHEE II 的饮品包装 评估模型

郑峰

(重庆三峡学院, 重庆 404000)

摘要: **目的** 对多种可行的饮品包装方案进行评估, 选择出最佳方案, 从而满足消费者市场的多方位需求, 促进饮品销售, 提高饮品企业的市场占有率。**方法** 在价值工程驱动下构建饮品包装功能层次结构评估指标体系, 通过模糊群决策法求解各饮品包装方案的指标值; 使用多阶权重组合来融合赋权有效信息, 采用 PROMETHEE II 对多个饮品包装方案进行评估, 以避免决策补偿性。**结果** 对各饮品包装方案的净流量排序, 进行数据的分析与对比, 4 种饮品包装方案的优劣性排序为 $J_2 > J_4 > J_1 > J_3$, 最优方案为易拉罐包装方案 (J_2)。**结论** 通过某款果汁 4 种包装方案的评估案例, 验证了文中所提饮品包装方案评估模型的有效性, 表明该模型能够应用于饮品包装的综合评估与优选, 可为饮品包装的设计提供支持。

关键词: 饮品包装评估; 模糊群决策; 权重组合; PROMETHEE II; 价值工程驱动

中图分类号: TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)19-0171-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.19.023

Evaluation Model of Beverage Packaging via Combination of Multi-Stage Weights and PROMETHEE II

ZHENG Feng

(Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404000, China)

ABSTRACT: The work aims to evaluate a variety of feasible beverage packaging schemes and select the optimal one that meets the multi-dimensional needs of consumer market, so as to promote beverage sales and improve the market share of beverage enterprises. An evaluation index system of beverage packaging function hierarchy was established under the driving of value engineering. The index value of all beverage packaging alternatives was solved through fuzzy group decision-making method. Multi-order weights were combined to fuse the effective weighting information. PROMETHEE II was adopted to evaluate multiple beverage packaging alternatives to avoid the compensation of decision-making. By sorting the net flow of all the beverage packaging alternatives, the data were analyzed and compared. The four beverage packaging alternatives were ranked as $J_2 > J_4 > J_1 > J_3$ in terms of strengths and shorts. The pop-can beverage packaging alternative (J_2) was the optimal. Through the case studies of evaluating four kinds of fruit juice packaging alternatives, the effectiveness of the evaluation model proposed in this paper is verified. It shows that this model can be applied to the comprehensive evaluation and optimization of beverage packaging, and can provide support for the design of beverage packaging.

KEY WORDS: beverage packaging evaluation; fuzzy group decision-making; weight combination; PROMETHEE II; value engineering drive

收稿日期: 2021-01-19

基金项目: 重庆市人文社科基金 (18XKGH116)

作者简介: 郑峰 (1982—), 男, 硕士, 重庆三峡学院讲师, 主要研究方向为包装设计、环境设计等。

信息化、数字化、互联网+模式等技术的到来,使得中国逐步转向第3次消费结构。人们的消费观念也随着生活水平提高而发生很大的转变,这给饮品行业带来了新的机遇和挑战^[1-3]。从目前的市场发展来看,饮品品种不再只是单一的玻璃瓶装“汽水”,已经逐渐发展为果蔬汁饮品、茶饮品、功能型饮品、碳酸饮品、蛋白饮品等多系列产品。饮品包装也随之出现面向消费者的精细化发展趋势^[4-5]。在竞争日益激烈的市场中,随着消费者意识的提高,吸引消费者对产品的关注愈发重要。消费者对饮品的购买决策,不仅取决于饮品的风味属性或品牌印象,还取决于包装设计的效果。产品定制化、功能多元化、包装个性化在带来营销创新的同时,也为饮品行业在包装的优化选择上带来很更大的挑战。如何针对消费者的多方位需求,开展多种可行的包装方案进行评估和选择,对促进饮品销售、提高饮品企业竞争力具有重要意义。

国内外学者针对饮品包装评估和其他包装评估开展了一系列研究。Chang等^[6]对PET(Polyethylene Terephthalate)型饮品包装进行了一系列视觉评估,以探讨其特征如何影响消费者的情感反应,并比较碳酸饮料、水饮料和茶饮料等3类PET型饮品包装的特征差异,研究结果可对饮品企业开发出符合消费者情感期望的新包装提供借鉴;何冰清^[7]运用德尔菲法,提取了饮品包装设计的7项评价维度和21项评价要素,对各评价指标及其权重、排序进行详细的说明,并可据此建立一套饮品包装设计评价模式;胡雨馨等^[8]综合考虑产品与包装的功能性,进行一体化结构的包装结构设计,使得包装成为产品的有效组成部分,为消费者带来良好的交互体验效果;王宇涵等^[9]为确保食品包装的安全性、延长货架期,定性分析了食品包装要素、包装技术方法、包装工艺和流通环境等因素对食品安全的影响,建立影响食品安全的因果关系鱼骨图,进而运用关联矩阵定量分析了食品包装系统,解决了食品包装中看重设计、轻视安全性评价的问题。文中在现有研究的基础上,提出一种新的饮品包装评估模型。

价值工程^[10-11]是一种新兴的技术经济管理方法,其目的是以最低的总成本为用户提供所需产品功能,以获得最佳的综合效益,故文中基于价值工程(Value Engineering, VE)原理构建饮品包装评估体系,将饮品包装功能细分为保护产品、促进销售、提供便利。由于专家评价法具有模糊性和主观性^[12],专家对饮品包装方案在指标上的具体表现采用模糊数来表达更为合理,并据此通过群决策法求得饮品包装方案的求解指标值。在确定指标权重时,为融合多种指标赋权方法中包含的有效信息,提出一种多阶权重组合的方法。偏好顺序结构评估法II(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations II, PROMETHEE II)^[13]借助于优先函数来逐

次比较2个对象的优劣关系,能有效避免传统评估方法^[14-16]中的决策补偿性,在评估应用中具有明显优势,因此这里采用PROMETHEE II对多个饮品包装方案进行评估,得到最优的饮品包装方案。

1 价值工程驱动的饮品包装评估指标体系构建

1.1 饮品包装功能分析

包装是为在流通中保护产品、方便储存、促进销售,按一定的技术方法而采用的容器,材料和辅助物等的总称^[10]。饮品包装指通过利用合适的材料、容器、工艺、装饰、结构设计等对饮品进行容纳和装饰,以便在加工、流通、仓储、销售过程中保持饮品的质量或增加饮品的价值。价值工程从用户所需功能出发开展研究,功能分析是价值工程理论的关键。这里的功能指对象能够满足某种要求的一种属性,简单来说就是用途、效能和作用。在建立饮品包装价值评价体系时,需对饮品包装的功能指标进行分析。相对于食品包装或其他商品包装来讲,饮品包装更为注重保护产品、促进销售、提供便利的功能。从物理、生理和心理3个方面出发,结合上述关于饮品包装的定义和与其他类型包装的比较,将饮品包装功能细分为保护产品、促进销售、提供便利,这3种功能的具体内涵见图1。

1.2 饮品包装评估指标体系的构建

在采用价值工程原理对饮品包装功能开展解析的基础上,从饮品包装的价值和成本入手,确保饮品包装获得所需的必要功能的情况下,对可行的饮品包装方案进行评估,以优选出最佳的方案,能够增强产品的市场竞争能力,提高饮品企业的经济效益。这与价值工程理论的思想是一致的,因此利用价值工程原理来驱动饮品包装评估体系的构建具有可行性。

价值工程作为一项技术经济的分析方法,做到了将技术与经济的紧密结合^[10-11]。在研究过程中应按照提出问题、分析问题、解决问题的系统化思维逻辑进行。系统的思想是科学处理问题的核心,“系统”的概念也正是价值工程的指导核心。按照系统化的思维逻辑,饮品包装评估指标体系的构建过程见图2。其中,系统分析是价值工程的核心,对应到文中的饮品包装评估指标体系构建问题中主要包括功能分析、功能的细化与整理、功能与指标的关联。功能分析已在上文中完成,功能的细化与整理主要用于明确必要的功能、消除不必要的功能,为功能与指标的关联提供依据。最后构建饮品包装功能层次结构评估体系,包含3个功能维度和14个指标维度,其中保护产品维度包括5个指标,促进销售维度包括4个指标,提供便利维度包括5个指标,见表1。

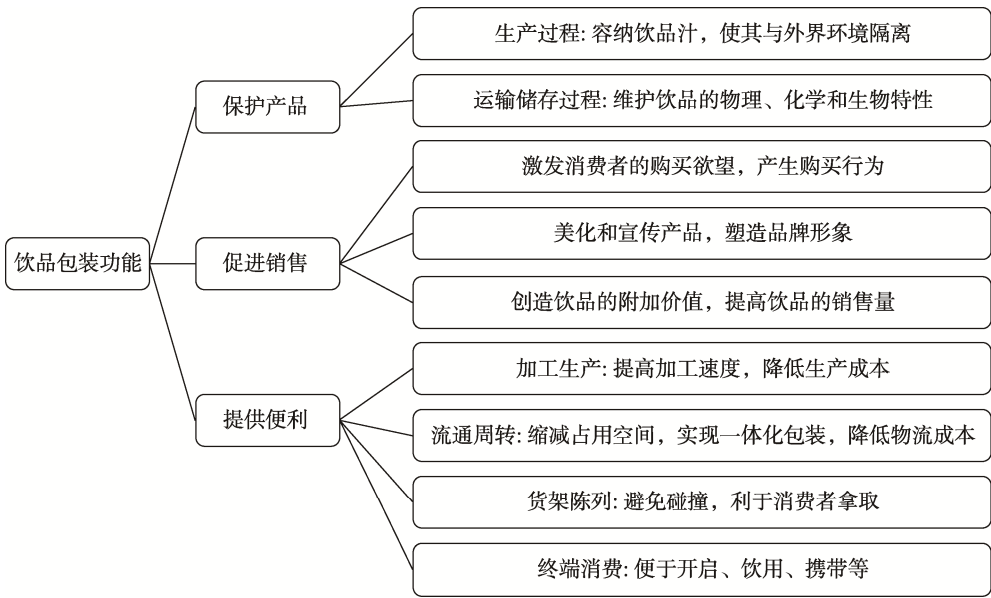


图 1 基于价值工程的饮品包装功能解析
Fig.1 Analysis of beverage packaging functions via VE

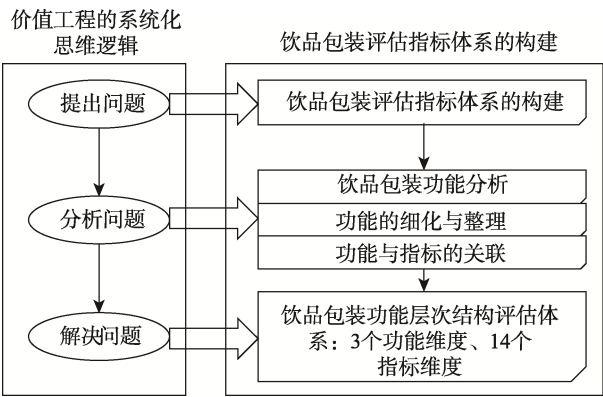


图 2 价值工程驱动的饮品包装评估指标体系构建过程
Fig.2 Construction process of evaluation index system of beverage packaging driven by VE

表 1 饮品包装功能层次结构评估指标体系 Tab.1 Evaluation index system of functional hierarchy of beverage packaging	
功能维度	指标维度
保护产品 (F ₁)	容纳性 (I ₁)
	保质性 (I ₂)
	防高温性 (I ₃)
	防冲击性 (I ₄)
	防光照性 (I ₅)
促进销售 (F ₂)	品牌营销性 (I ₆)
	产品宣传性 (I ₇)
	外观差异性 (I ₈)
	心理满足性 (I ₉)
提供便利 (F ₃)	生产便利性 (I ₁₀)
	流通便利性 (I ₁₁)
	储存便利性 (I ₁₂)
	回收便利性 (I ₁₃)
	携带便利性 (I ₁₄)

2 饮品包装评估模型

文中提出了一种基于多阶权重组合和 PROMETHEE II^[12]的饮品包装评估模型，其流程见图 3。

2.1 指标值求解

所构建的饮品包装评估体系中指标均为定性类型，指标值通常采用专家群决策法来求解。传统的专家群决策法用准确标度值表示专家对饮品包装在某一指标上的评估意见，由于专家的评估意见具有模糊不分明性，用模糊标度值来表示评估意见比准确标度值更为合理。模糊理论中常用的 2 种模糊数是梯形模糊数和三角形模糊数。梯形模糊数的隶属函数较三角模糊数更为复杂，能更好地模拟专家评估意见的不分明性^[13]，因此，文中采用梯形模糊数来表达专家对饮

品包装在某一指标上的评估意见。根据梯形模糊数的运算规则，对常用的九级标度进行模糊化处理，得到对应的梯形模糊数，见表 2。

假设有 p 个饮品包装方案和 q 位专家，根据表 2 专家 r ($1 \leq r \leq q$) 给出的饮品包装方案 s ($1 \leq s \leq p$) 在指标 I_i ($1 \leq i \leq N$) 上的梯形模糊数标度值为 $\tilde{x}_{s,i}^r = (a_{s,i}^r, b_{s,i}^r, c_{s,i}^r, d_{s,i}^r)$ 。对于饮品包装方案 s 在指标 I_i 上的指标值，群决策结果 $\tilde{x}_{s,i} = (a_{s,i}, b_{s,i}, c_{s,i}, d_{s,i})$ 通过

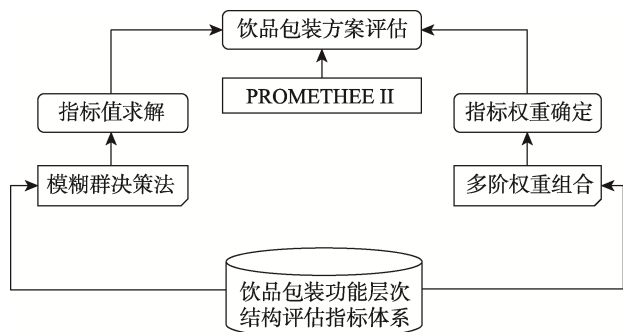


图3 饮品包装评估流程

Fig.3 Evaluation flowchart of beverage packaging

表2 九级标度法的模糊化处理

Tab.2 Fuzzification of the nine-order scaling method

评估意见	准确标度值	梯形模糊数标度值
极其好(VC1)	9	(4,17/3,9,9)
非常好(VC2)	7	(7/3,3,17/3,9)
明显好(VC3)	5	(3/2,13/7,3,4)
稍微好(VC4)	3	(1,11/9,13/7,7/3)
中等(VC5)	1	(1,1,1,1)
稍微差(VC6)	1/3	(3/7,7/13,9/11,1)
明显差(VC7)	1/5	(1/4,1/3,7/13,3/2)
非常差(VC8)	1/7	(1/9,3/17,1/3,3/7)
极其差(VC9)	1/9	(1/9,1/9,3/17,1/4)

对所有专家的梯形模糊数标度值进行算术平均求得。通过梯形模糊数的重心转换原理,可将群决策指标值 $\tilde{x}_{s,i}$ 转换为实数形式 $x_{s,i}$, 最后得到指标值矩阵 $X = [x_{s,i}]_{p \times N}$ 。

2.2 多阶权重组合

求解指标权重是饮品包装评估的关键步骤。指标权重的确定一般有3种方法:主观赋权法、客观赋权法和组合赋权法。主观赋权法一般基于专家的知识经验和经验,存在主观性;客观赋权法根据指标之间的差异程度确定权重,但往往忽视指标本身的重要性;组合赋权法由多种主客观权重组合而成,可弥补不同权重方法的不足。在饮品包装评估指标权重求解方面,为避免单一赋权方法导致评估结果的不稳定性,使指标权重设置更加合理,提出了一种多阶权重组合的方法来求解指标权重。该方法分为3个权重组合阶段,每个权重组合阶段又有多个子阶段。所提出的多阶权重组合方法的详细过程如下所述。

对于 N 个指标,假设用 h 种不同的赋权方法得到的主观权重向量为 $S^1, S^2, \dots, S^h$ 。主观权重组合阶段中包含多个子阶段,每个子阶段对应一次权重组合。以 S^1 和 S^2 的组合为例,其组合权重向量为:

$$S^{1 \circ 2} = \tau_1 S^1 + \tau_2 S^2 \quad (1)$$

式中: τ_1 和 τ_2 为与 S^1 和 S^2 对应的组合因子,满足 $\tau_1 \geq 0$, $\tau_2 \geq 0$ 和 $\tau_1 + \tau_2 = 1$; 上标圆号为2个权重的组合符号。

根据指标值矩阵, S^1 和 S^2 的贡献差异度为:

$$\xi^{1 \circ 2} = \sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^N (\tau_1 s_i^1 x_{s,i} - \tau_2 s_i^2 x_{s,i})^2 \quad (2)$$

为均衡 S^1 和 S^2 的权重贡献,构建权重组合优化模型为:

$$\begin{aligned} \min \quad & \xi^{1 \circ 2} \\ \text{s.t.} \quad & \tau_1 \geq 0, \tau_2 \geq 0, \tau_1 + \tau_2 = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

组合因子 τ_1 可解得为:

$$\tau_1 = \frac{\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^N (x_{s,i})^2 s_i^2 (s_i^1 + s_i^2)}{\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^N (x_{s,i})^2 (s_i^1 + s_i^2)} \quad (4)$$

对 $S^{1 \circ 2}$ 和 S^3 进行组合,得到的组合权重向量为 $S^{1 \circ 2 \circ 3}$ 。以此类推,可得主观权重组合向量为 $S^{1 \circ 2 \circ \dots \circ h}$ 。

同理,对于 N 个指标通过 g 种不同的赋权方法得到的客观权重向量进行组合,得到客观权重组合向量为 $O^{1 \circ 2 \circ \dots \circ h}$ 。

得到主观权重组合向量和客观权重组合向量后,同样采用权重组合优化模型对其进行总权重组合,得到总权重组合向量 T 。

$$T = \tau_{sw} S^{1 \circ 2 \circ \dots \circ h} + \tau_{ow} O^{1 \circ 2 \circ \dots \circ h} \quad (5)$$

式中: τ_{sw} 和 τ_{ow} 为主观权重组合向量和客观权重组合向量的组合因子,满足 $\tau_{sw} \geq 0$, $\tau_{ow} \geq 0$ 和 $\tau_{sw} + \tau_{ow} = 1$ 。

2.3 饮品包装的 PROMETHEE II 评估

传统的评估方法包括逼近理想解排序法 (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS) [14]、多准则妥协解排序法 (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno-senje, VIKOR) [15]、层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) [16] 和其他混合模型的多准则决策方法。这些方法在评价和决策过程中存在决策补偿效果,即单个指标的高指标值可以弥补其他指标的低指标值。在 PROMETHEE II 方法中,优先函数被用来逐次比较2个对象的优劣关系,最后确定所有对象的优劣排序,其核心思想在于“级别不低于关系”。该方法可避免决策补偿性对对象评价结果产生的影响 [13], 因此,文中在获取指标值和指标权重的基础上,采用 PROMETHEE II 方法对饮品包装进行评估,利用优先函数对饮品包装的可行方案逐一进行比较,实现饮品包装可行方案的评估。

PROMETHEE II 方法中,高斯形式的优先函数具有非线性特征,与实际决策环境更加切合,因此,文

中选择该优先函数来进行饮品包装评估。设在指标 i 上饮品包装方案 s 和 z ($1 \leq s \leq p$, $1 \leq z \leq p$ 和 $s \neq z$) 的指标值分别为 $x_{s,i}$ 和 $x_{z,i}$, 那么饮品包装 s 相对于饮品包装 z 在指标 i 上的高斯形式偏好函数 $g_i^{s,z}$ 定义为:

$$g_i^{s,z} = \begin{cases} 0 & x_{s,i} - x_{z,i} \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{(x_{s,i} - x_{z,i})^2}{2\eta^2}} & x_{s,i} - x_{z,i} > 0 \end{cases} \quad (6)$$

式中: 参数 η 的值一般取 0.2。

综合考虑所有指标和指标权重, 饮品包装 s 相对于饮品包装 z 的加权偏好度表示为 $g^{s,z} = \sum_{i=1}^N t_i g_i^{s,z}$ 。饮品包装 s 的流出量 I^s 表示 s 优于其他方案的程度, 流入量 O^s 表示 s 劣于其他方案的程度, 两者分别为 $I^s = \sum_{z=1, z \neq s}^p g_i^{s,z}$ 和 $O^s = \sum_{z=1, z \neq s}^p g_i^{z,s}$ 。进一步地, 饮品包装 s 的净流量为 $N^s = I^s - O^s$ 。

净流量是 PROMETHEE II 方法进行饮品包装方案优先关系排序的关键依据, 通过比较净流量值即可得到所有饮品包装方案的排序结果。

3 应用实例

以市面上流行的某款果汁饮品为例, 来验证文中所提出的饮品包装评估方法的有效性和可行性。其包装方案共有 4 种, 分别为无菌纸包装方案 (J_1)、易拉罐包装方案 (J_2)、玻璃瓶包装方案 (J_3) 和 PET 塑料瓶包装方案 (J_4) (图 4)。

根据所构建的饮品包装评估指标体系 (表 1), 共有 14 项评估指标, 采用专家群决策法来求解 4 种包装方案的指标值。通过市场调研等手段, 选定的专家组由 50 位专家组成, 涵盖设计工程师、成本核算人员、企业管理者、科研人员等领域。采用网络问卷

调查方法, 由专家组根据表 2 中所示的梯形模糊数标度值对 4 种包装方案在 14 项评估指标上的表现进行评估, 其中专家组给出的包装方案 J_1 在 14 项评估指标上的模糊评估结果统计见表 3, 表 3 中数字为人数。

根据表 3, 通过式 (1) 可得包装方案 J_1 在 14 项评估指标上的群决策指标值 (梯形模糊数形式)。然后, 根据式 (2) 将梯形模糊数转化为实数形式, 同样求得其他饮品包装方案在各个指标上的指标值, 见表 4。

选用的主观赋权法^[17]为复杂网络法、ANP 法和 Delphi 法, 得到的主观权重向量为: S^1, S^2, S^3 。同样, 选用的客观赋权法^[18]为熵权法、CRITIC 法和标准差法, 得到的客观权重向量为: O^1, O^2 和 O^3 。根据多阶权重组合过程, 得到的总权重组合向量为:

$$T = [0.0543, 0.0399, 0.0447, 0.1155, 0.0881, 0.0784, 0.0441, 0.0755, 0.0477, 0.0684, 0.0807, 0.0777, 0.0673, 0.1176]^T$$

综合考虑指标值和指标权重得到 4 种饮品包装方案的加权偏好度矩阵, 然后得到 4 种饮品包装方案的流出量、流入量和净流量。基于 PROMETHEE II 方法的排序原理, 对 4 种饮品包装方案的优劣性进行排序: $J_2 > J_4 > J_1 > J_3$, 最优方案为易拉罐包装方案 (J_2), 见表 5。

从评估结果来看, 易拉罐包装方案 (J_2) 为最佳方案。该方案相比其他方案, 具有以下优势: 具有优异的阻隔性能和优良的综合防护性能, 阻气性、防潮性、遮光性和保香性远远超过其他类型包装, 能为饮品汁提供优良的保护性能, 有利于长时间保持饮品质量; 具有特殊的金属光泽, 表面装饰性好, 加上后期的精美装潢印刷, 可以使饮品美观适销、提高产品价值; 方便、卫生性好, 能达到卫生安全的要求, 设置有易开装置, 携带和使用方便, 能够适应不同的气候条件, 且回收循环性较好; 力学性能优良, 可加工性



a 饮品包装方案1 (无菌纸) b 饮品包装方案2 (易拉罐) c 饮品包装方案3 (玻璃瓶) d 饮品包装方案4 (PET塑料瓶)

图 4 4 种饮品包装方案
Fig.4 Four beverage packaging alternatives

表 3 包装方案 J_1 在 14 项评估指标上的模糊评估结果
Tab.3 Fuzzy evaluation results of packaging alternative J_1 in 14 evaluation indexes

指标	极其好	非常好	明显好	稍微好	中等	稍微差	明显差	非常差	极其差
I_1	9	1	10	4	0	3	8	4	11
I_2	1	2	18	2	3	2	2	18	2
I_3	3	5	9	0	12	0	7	2	12
I_4	16	1	1	10	1	0	15	6	0
I_5	4	5	4	3	9	17	2	3	3
I_6	11	2	7	1	7	7	8	1	6
I_7	6	0	10	5	5	8	7	1	8
I_8	2	8	3	4	6	9	10	2	6
I_9	5	5	2	6	11	3	4	12	2
I_{10}	1	3	6	14	1	2	4	14	5
I_{11}	0	8	1	3	15	1	13	0	9
I_{12}	12	1	14	10	0	10	1	0	2
I_{13}	7	3	1	5	3	6	9	14	2
I_{14}	2	4	3	18	7	5	2	3	6

表 4 4 种包装方案的指标值
Tab.4 Index values of four packaging alternatives

指标	无菌纸包装方案 (J_1)	易拉罐包装方案 (J_2)	玻璃瓶包装方案 (J_3)	PET 塑料瓶包装方案 (J_4)
I_1	2.1961	2.0255	2.1072	3.0264
I_2	1.5611	1.5064	0.8943	1.3241
I_3	1.7759	1.9176	2.2512	1.4317
I_4	2.9302	3.1142	0.7282	2.2421
I_5	1.8328	2.9026	1.1938	2.6723
I_6	2.4832	0.9996	1.0241	1.9053
I_7	1.8453	1.0382	1.5762	1.2338
I_8	1.7881	2.6136	1.2298	2.6200
I_9	1.8783	1.8953	2.7181	2.0136
I_{10}	1.3996	1.7392	2.4700	2.6581
I_{11}	1.4890	2.5402	2.4403	3.3689
I_{12}	2.9626	2.1807	2.2903	1.2824
I_{13}	1.8259	1.1585	1.1925	2.3921
I_{14}	1.6903	3.6249	2.2812	0.9623

表 5 4 种饮品包装方案的流出量、流入量、净流量和
优劣排序

Tab.5 Outflow, inflow, net flow and ranking of four beverage packaging alternatives				
方案	流出量	流入量	净流量	排序
J_1	1.3419	1.2618	0.0801	3
J_2	1.3192	0.8680	0.4512	1
J_3	0.8857	1.6367	-0.7510	4
J_4	1.4365	1.2168	0.2197	2

好。这些优势也体现在通过专家群决策法得到的指标值数据(表 5)中,如易拉罐包装方案(J_2)在保质性(I_2)、防冲击性(I_4)、防光照性(I_5)、外观差异性(I_8)、携带便利性(I_{14})等指标相较于其他 3 种方案均较高。综上所述,易拉罐包装方案(J_2)是该款果汁饮品的最佳包装方案。

4 结语

饮品包装设计包含材料、结构、造型等多方面,同时涵盖了产品的静态展示功能与动态使用功能。科学、系统的评估模型能为设计者或饮品生产企业对饮品包装选择提供参考依据,鉴于此,文中以饮品包装

的功能分析作为切入点,对饮品包装相关概念进行归纳分析,在价值工程理论的驱动下,构建了饮品包装功能层次结构评估指标体系,并进一步提出了基于多阶权重组合和 PROMETHEE II 的饮品包装评估模型,使得决策者对饮品包装的评估和优选更加合理和客观,为饮品包装方案的评估提供了一种新的思路。通过构建合适的评估指标体系,文中所构建的模型也适用于食品包装和其他商品包装。此外,文中的理论方法也可为类似的多准则评估决策问题提供参考。

参考文献:

- [1] 肖宇强,戴端. 饮料包装中的时尚维度与时尚设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 109—112.
XIAO Yu-qiang, DAI Rui. Research on Fashion Dimension and Fashion Design in Beverage Packaging[J]. Food & Machinery, 2018, 34(10): 109—112.
- [2] 肖军. 液体饮料包装的塑料瓶及其市场观察[J]. 塑料包装, 2017, 27(6): 34—37.
XIAO Jun. Plastic Bottles for Liquid Beverage Packaging and Their Market Observation[J]. Plastics Packaging, 2017, 27(6): 34—37.
- [3] 宋言言,王小芳,邵治刚. 创新、环保的饮料包装设计理念及案例解析[J]. 轻工科技, 2017, 33(5): 99—100.
SONG Yan-yan, WANG Xiao-fang, SHAO Zhi-gang. Analysis of Design Concept and Cases of Innovative and Environmental-Friendly Beverage Packaging[J]. Light Industry Science and Technology, 2017, 33(5): 99—100.
- [4] ZHOU G L, GU Y F, WU Y F. A Systematic Review of the Deposit-Refund System for Beverage Packaging: Operating Mode, Key Parameter And Development Trend[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 251: 1—17.
- [5] 赵勤,简心怡. 基于购买行为下的饮料包装设计的精准量化与分析[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 178—182.
ZHAO Qin, JIAN Xin-yi. Accurate Quantification and Analysis of Beverage Packaging Design Based on Purchase Behavior[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 178—182.
- [6] CHANG H C, HUANG K L, CHEN H Y, et al. Evaluation of Packaging Form Regarding Consumers' Sentimental Response to Bottled Beverage Containers[J]. Applied System Innovation, 2018, 1(2): 231—239.
- [7] 何冰清. 关于建立饮料包装设计评价模式的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018: 15—23.
HE Bing-qing. Establishment of Evaluation Model for Beverage Packaging Design[D]. Chongqing: Southwest University, 2018: 15—23.
- [8] 胡雨馨,肖颖喆. 面向交互体验的包装与产品一体化结构设计与评价[J]. 绿色包装, 2020(8): 61—65.
HU Yu-xin, XIAO Ying-zhe. Design and Evaluation of Packaging and Product Integration Structure for Interactive Experience[J]. Green Packaging, 2020(8): 61—65.
- [9] 王宇涵,巩雪. 基于关联矩阵法的食品包装安全性评价研究[J]. 包装工程, 2020, 31(15): 170—175.
WANG Yu-han, GONG Xue. Evaluation of Food Packaging Safety Based on Correlation Matrix[J]. Packaging Engineering, 2020, 31(15): 170—175.
- [10] 胡鹏,魏雪梦. 基于价值工程的饮料包装价值评价体系[J]. 价值工程, 2019, 38(18): 33—37.
HU Peng, WEI Xue-meng. Value Evaluation System of Beverage Packages Based on Value Engineering[J]. Value Engineering, 2019, 38(18): 33—37.
- [11] 朱龄,张玲玉,冯晓青,等. 基于价值工程的高压喷雾灭火装置设计评价[J]. 机械设计, 2020, 37(4): 133—139.
ZHU Ling, ZHANG Ling-yu, FENG Xiao-qing, et al. Design Evaluation of High-Pressure Fire Extinguishing Unit Based on Value Engineering[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(4): 133—139.
- [12] AYDIN S, KAHRAMAN C, KABAK M. Development of Harmonic Aggregation Operator with Trapezoidal Pythagorean Fuzzy Numbers[J]. Soft Computing, 2020, 24(15): 11791—11803.
- [13] ZHANG H J, ZHOU Y, GAN Q H. An Extended PROMETHEE-II-Based Risk Prioritization Method for Equipment Failures in the Geothermal Power Plant[J]. International Journal of Fuzzy Systems, 2019, 2(8): 2490—2509.
- [14] PAKSOY T, PEHLIVAN N Y, KAHRAMAN C. Organizational Strategy Development in Distribution Channel Management Using Fuzzy AHP and Hierarchical Fuzzy TOPSIS[J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(3): 2822—2841.
- [15] YANG W, PANG Y. Hesitant Interval-Valued Pythagorean Fuzzy VIKOR Method[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2019, 34(5): 754—789.
- [16] KAMARUZZAMAN S N, LOU E C W, WONG P F, et al. Developing Weighting System for Refurbishment Building Assessment Scheme in Malaysia Through Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach[J]. Energy Policy, 2018, 112: 280—290.
- [17] 洪烽,曾智勇,周婉婷,等. 基于主观赋权法的控制系统优化研究[J]. 制造业自动化, 2015, 37(15): 20—21.
HONG Feng, ZENG Zhi-yong, ZHOU Wan-ting, et al. Optimization of Control System Based on the Subjective Weighting Method[J]. Manufacturing Automation, 2015, 37(15): 20—21.
- [18] 黄俊伟,张晓月. 基于客观组合赋权模型的企业专利质量评价研究——以苏州市吴中区知识密集型企业为例[J]. 科技管理研究, 2020, 40(9): 133—141.
HUANG Jun-wei, ZHANG Xiao-yue. Research on Enterprise Patents Quality Evaluation Based on Objective Combination Weighting Model: Taking the Knowledge-Intensive Enterprises in Wuzhong District of Suzhou City as an Example[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(9): 133—141.