

直播电商模式下绿色包装供应商评价与选择 ——基于模糊VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法

刘译潞

扬州大学商学院，江苏 扬州

收稿日期：2025年12月15日；录用日期：2025年12月29日；发布日期：2026年1月26日

摘要

近年来，直播电商的迅猛发展在带来巨大商业价值的同时，也因其海量包装废弃物引发了严峻的环境问题。在“双碳”战略目标下，电商平台亟需从源头筛选绿色包装供应商以推动供应链绿色转型。然而，该评价过程涉及环保、功能与用户体验等多维准则，且大量指标存在模糊性，传统依赖精确数据的评价方法面临局限。为此，本研究旨在构建一个贴合直播电商模式的绿色包装供应商综合评价体系。首先，从环保属性、功能属性与体验属性三个准则层出发，建立了包含8个定性指标的评价指标体系。进而，针对评价信息的模糊性特点，引入三角模糊数理论将专家语言评价转化为可计算的模糊信息，并结合模糊VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法构建评价模型。该模型通过计算各供应商的群体效用值、个体遗憾值及折衷评价值，能够在最大化群体效益与最小化个体遗憾之间寻求平衡，实现供应商的科学排序与择优。通过一个针对4家候选供应商的算例分析，验证了所提指标体系与决策模型的有效性与实用性。结果表明，该模型能够有效处理决策中的模糊语义信息，为直播电商平台在环保、功能、体验三类产品属性的模糊评价中提供了可操作的决策工具，有效适配场景化需求与模糊语义处理需求，对行业绿色转型具有实践指导意义。

关键词

直播电商，绿色包装供应商，模糊VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法

Evaluation and Selection of Green Packaging Suppliers in the Live-Streaming E-Commerce Model

—Based on the Fuzzy VIKOR Method

Yilu Liu

Business School, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: December 15, 2025; accepted: December 29, 2025; published: January 26, 2026

文章引用: 刘译潞. 直播电商模式下绿色包装供应商评价与选择[J]. 电子商务评论, 2026, 15(1): 172-181.
DOI: [10.12677/ecl.2026.151022](https://doi.org/10.12677/ecl.2026.151022)

Abstract

In recent years, the rapid development of live-streaming e-commerce has generated significant commercial value but also caused severe environmental problems due to the massive amount of packaging waste. Under the “Dual Carbon” strategic goals, e-commerce platforms urgently need to screen green packaging suppliers from the source to promote the green transformation of their supply chains. However, this evaluation process involves multi-dimensional criteria such as environmental protection, functionality, and user experience, with many indicators exhibiting inherent fuzziness, posing limitations for traditional evaluation methods relying on precise data. To address this, this study aims to construct a comprehensive evaluation system for green packaging suppliers tailored to the live-streaming e-commerce model. Firstly, based on three criterion layers—environmental attributes, functional attributes, and experiential attributes—an evaluation index system containing 8 qualitative indicators is established. Then, addressing the fuzziness of evaluation information, triangular fuzzy number theory is introduced to convert expert linguistic evaluations into computable fuzzy information, combined with an VIKOR (Fuzzy VIKOR) method to build an evaluation model. This model seeks a balance between maximizing group utility and minimizing individual regret by calculating each supplier's group utility value, individual regret value, and compromise evaluation value, enabling scientific ranking and selection of suppliers. An example analysis involving four candidate suppliers verifies the effectiveness and practicality of the proposed index system and decision-making model. The results show that the model can effectively handle fuzzy semantic information in decision-making, providing an operable decision tool for live-streaming e-commerce platforms to select suppliers under complex multi-objective conditions, offering practical guidance for the industry's green transformation.

Keywords

Live-Streaming E-Commerce, Green Packaging Supplier, Fuzzy VIKOR (Fuzzy VIKOR) Method

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来，直播电商带来快递业务量的井喷式增长，其包装废弃物引发的“白色污染”问题日益严峻。在“双碳”目标指引下，电商平台面临巨大的环保压力，从源头筛选合规的绿色包装供应商已成为行业绿色转型的关键一步。在当前背景下，如何科学筛选绿色包装供应商成为核心难题。这一评价过程涉及“拆包体验”、“设计创新性”及“碳足迹”等多维指标，其中大量指标存在内在模糊性，难以用精确数值刻画，而依赖精确数据的传统评价方法在此面临局限。为此，本研究旨在构建一个贴合直播电商模式的绿色包装供应商综合评价体系，并通过引入三角模糊数与模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法，有效处理决策中的模糊语义信息，为平台在环保与商业利益之间做出科学权衡提供可操作的决策工具。

2. 文献综述与评价方法选择

2.1. 直播电商的兴起与绿色包装评价的必要性

近年来，直播电商凭借其可触性、交互性和强大的营销能力，已成为电商行业发展的新趋势，市场规模突破万亿，对供应链各环节产生了深远影响。然而，其繁荣景象背后，海量包装废弃物带来的环境

压力日益成为不容忽视的隐忧。我国在《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》中明确提出“双碳”目标并大力推进“无废城市”建设，在此背景下，推动包装绿色转型已成为行业可持续发展的必然要求。传统模式下，包装主要被视为成本环节，其环境属性未得到足够重视；而今，将绿色包装纳入供应链管理核心议程，既是企业履行环境责任的表现，也是适应国家绿色低碳政策导向的战略需要。因此，针对直播电商业态特征，构建科学有效的绿色包装供应商评价体系，具有显著的现实紧迫性。本文旨在梳理相关领域的研究脉络，明确现有研究的进展与不足，从而为本研究的开展奠定基础。

2.2. 绿色包装评价指标体系的研究现状

在评价指标体系的构建上，学术界已从早期关注环境、资源等单一维度，逐步发展为涵盖全生命周期的综合视角。早期的研究，如周凯等(2018)建立的包含环境、资源、能源、功能、经济五个方面的评价体系，为后续研究提供了重要的框架性参考。此后，学者们不断深化和拓展这一体系[1]。孙俊军等(2022)从企业实践层面印证了全生命周期管理的重要性，其提出的发展模式涵盖了从绿色设计、绿色采购到绿色制造和循环回收的完整链条。值得注意的是，研究的焦点正从“物”向“人”延伸[2]。施琦等(2023)的创新性研究将“用户体验感”纳入评价指标，认为包装的感官体验与情感共鸣是影响消费者接纳绿色产品关键[3]。这一观点极大地拓展了评价体系的边界，使其更贴合市场终端的需求。这些研究进一步证实，一个健全的绿色包装评价体系必须是多维度、多层次的，这为本研究构建供应商评价模型提供了坚实的理论依据。

2.3. 绿色包装评价方法的演进

在评价方法论的演进上，绿色包装评价方法经历了从依赖主观判断到主客观融合的演进。初期普遍采用的层次分析法(AHP)因假设指标相互独立，难以刻画系统内部复杂的关联关系。为此，学者们致力于优化赋权方法以提升科学性，如付自由等(2021)和王会颖等(2023) [4] [5]提出的改进模糊层次分析法，通过结合专家权重系数与熵权法进行主客观综合赋权，有效降低了权重确定的主观随意性。此后，对评价中模糊性的处理成为重点，徐丽等(2019) [6]应用的模糊综合评价法为处理定性指标的模糊性提供了有效工具，而李娜等(2019) [7]将 AHP 与信息熵结合求取综合权重的思路，则进一步强化了主客观信息平衡的取向。现有方法在权重确定和模糊处理上已趋成熟，但在处理多项冲突性准则的妥协求解方面尚有不足。因此，本研究引入模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法，它不仅能利用模糊数学处理不确定性，更以其独特的折衷排序逻辑，在最大化群体效益与最小化个体遗憾之间寻求平衡，特别适用于需在成本、绿色度、效率等多目标间权衡的供应商选择问题，是对现有方法的重要补充和优化。

2.4. 直播电商供应链特性与现有研究的不足

直播电商供应链呈现“开箱传播导向”“订单短周期高波动”的特性，与传统电商差异显著，但现有绿色包装评价研究未能适配这些特性，核心不足体现在三方面。

其一，直播电商“开箱即传播”的特点让包装体验属性成为关键，可现有研究对这类定性指标的模糊处理缺乏针对性。李洁等研究发现电商直播的产品信息展示形式直接影响消费者购买意愿[8]，而包装作为视觉信息载体，其拆包便利性、品牌展示度是信息传递的重要部分，现有评价却多以简单定性描述为主，无法精准捕捉这类指标的模糊语义差异。

其二，直播电商订单短周期、高波动对包装功能属性提出动态需求，现有研究却基于传统电商静态场景构建评价体系。张文霓指出传统电商包装存在过度包装问题，防护方式固化[9]，完全未考虑直播电商“爆单式”订单的仓储分拣需求，功能属性评价缺乏动态调整逻辑。

其三，直播电商的互动性放大了绿色包装的品牌叙事价值，现有评价视角与方法却难以适配。张启尧等证实直播带货互动性影响消费者绿色品牌价值共创意愿[10]，包装环保属性是主播宣传的重要支撑，但王芳等仅从工业端用三角模糊数评价低碳包装碳排数据[11]，未结合直播场景下消费者的环保认知优化语义转换，导致环保属性评价与消费端认知脱节。

2.5. 本文研究定位与核心内容

梳理现有研究发现，当前绿色包装供应商评价多针对传统电商或制造业场景，未适配直播电商高周转、开箱传播、爆单仓储的独特需求，且对体验属性关注不足，评价方法的场景化适配与稳健性也有待提升。

本文核心定位是构建贴合直播场景的产品属性导向型评价体系，助力平台精准筛选供应商。研究核心围绕三方面展开：一是通过“文献梳理 + 德尔菲法”确定环保、功能、体验三大维度 8 项指标，明确量化标准；二是采用熵值法赋权，结合模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法构建评价模型；三是通过算例验证模型有效性，补充参数 v 的敏感性分析，同时给出供应商分类管理建议，为平台绿色供应链优化提供支持。

3. 绿色包装评价指标体系构建与数据处理

本研究采用“文献梳理 + 德尔菲法”两步法开发评价指标体系，确保指标与直播电商产品属性评价需求高度契合，具体流程如下：

第一步，初始指标池构建：通过系统梳理绿色包装评价、电商包装体验等领域的核心文献，提取环保、功能、体验三大维度的候选指标，结合天猫、抖音等头部直播电商平台的绿色包装采购标准，初步形成包含 10 个指标的初始指标池。

Table 1. Comprehensive evaluation index system for high-resilience suppliers in fresh e-commerce
表 1. 生鲜电商行业高韧性供应商评价指标体系表

准则层	指标编号	指标名称	指标定义与内涵说明
环保属性	E1	材料绿色度	主材与辅材符合 GB/T 38727-2020，可降解材料占比 $\geq 50\%$ ，低 VOCs 无异味，适配直播环保叙事传播
	E2	碳足迹水平	参考 ISO 14067，单位体积排放 $\leq 5\text{kg CO}_2\text{e}$ ，可通过直播强化品牌环保形象。
	E3	回收便利性	单一材质为主，易分类投递，后端处理通过率 $\geq 80\%$ ，提升直播环保宣传可信度。
功能属性[12]	F1	运输保护性	适配直播高周转物流，商品破损率 $\leq 0.5\%$ ，抵御分拣挤压碰撞。
	F2	仓储适配型	包装在结构、工艺或材料应用上的创新程度，以及对减量化、循环化的贡献。设计创新型：结构/材料创新，单套重量较传统减 $\geq 10\%$ ，适配直播开箱视觉展示。
	F3	设计创新型	结构/材料创新，单套重量较传统减 $\geq 10\%$ ，适配直播开箱视觉展示。
体验属性 [13]	X1	拆包便利性	无需工具，30 秒内安全开启，提升直播开箱流畅性与观赏性。
	X2	品牌展示度	视觉契合品牌调性，清晰呈现 Logo 与卖点，激发社交分享率 $\geq 5\%$ ，强化直播品牌传播。

第二步，指标筛选与修正：邀请 5 位专家(2 位包装工程学者、3 位直播电商平台采购负责人)进行两轮德尔菲法筛选：第一轮专家对初始指标的“重要性”(1~5 分)、“可操作性”(1~5 分)进行打分，删除重

要性得分 <3.5 分的 2 个指标，分别为“政策合规性”、“循环利用率”，原因是“政策合规性”为准入门槛而非差异化评价指标，“循环利用率”受后端回收体系影响较大，难以单独评价供应商能力；第二轮专家对剩余 8 个指标的定义与内涵进行讨论，修正“设计创新性”“品牌展示度”的表述，最终确定包含 3 个准则层、8 个定性指标的评价体系，确保指标既覆盖产品核心属性，又适配直播电商场景的评价需求，具体指标体系如表 1 所示。

环保属性是绿色包装的根本要求，“材料绿色度”(E1)是源头基础，“碳足迹水平”(E2)是气候影响核心，“回收便利性”(E3)关乎末端资源化效率，三者构成环保闭环。

功能属性确保商业实用性，“运输保护性”(F1)影响售后与满意度，“仓储适配性”(F2)关系运营效率与成本，“设计创新性”(F3)体现环保与功能协同潜力。

体验属性契合直播电商特性，“拆包便利性”(X1)直接影响用户体验，“品牌展示度”(X2)将包装转化为营销工具与品牌资产，优秀开箱体验可激发分享，带来二次流量。

在评价过程中，需要对专家使用的模糊评价值进行定量转化，依据 Rouhani 等(2012) [14]所示的方法将不同模糊语言变量转换成表 2 所示的三角模糊数。

Table 2. Conversion table of linguistic variables and triangular fuzzy numbers

表 2. 语言变量与三角模糊数转换表

语言变量	三角模糊数
很低	(0.0, 0.0, 0.2)
低	(0.0, 0.2, 0.4)
一般	(0.2, 0.4, 0.6)
高	(0.4, 0.6, 0.8)
很高	(0.6, 0.8, 1.0)
极高	(0.8, 1.0, 1.0)

在后续决策中，依照沈平康等(2014) [15]给出的方法直接对转换后的三角模糊数进行计算。设 $\tilde{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ 和 $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ 为两个三角模糊数，涉及到三角模糊数的相关运算定义如下：

任意两个三角模糊数间的距离：

$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{(\alpha_1 - b_1)^2 + (\alpha_2 - b_2)^2 + (\alpha_3 - b_3)^2} \quad (1)$$

将三角模糊数进行去模糊化的公式为[16]：

$$M(\tilde{A}) = \frac{\alpha_1 + 2\alpha_2 + \alpha_3}{4} \quad (2)$$

三角模糊数 $\tilde{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ 的标准差为：

$$\sigma(\tilde{A}) = \frac{1}{18} (\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - \alpha_1\alpha_2 - \alpha_1\alpha_3 - \alpha_2\alpha_3) \quad (3)$$

4. 基于模糊 VIKOR 的绿色包装供应商选择模型

本文采用的模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法，基于三角模糊数理论处理定性指标的模糊性，核心逻辑遵循 VIKOR 方法的原始框架，未对核心算法进行修改，仅针对直播电商绿色包装产品属性的模糊评价特点，优化了语义转换与数据处理流程。

为应对直播电商环境下绿色包装供应商评价信息模糊、指标间存在冲突的决策难题，本研究构建了基于模糊 VIKOR 方法的评价模型。该模型通过将模糊语言转化为可计算的三角模糊数，并寻求群体效益与个体遗憾之间的最优平衡，以实现供应商的科学排序与择优。具体建模步骤如下。

步骤 1：基于表 1 所建立的绿色包装供应商评价指标体系，邀请由企业采购经理、供应链专家及资深产品运营组成的评审小组，对备选供应商在各定性指标上的表现进行评价。专家无需给出精确数值，而是依据统一的语言变量集进行判断。由此，汇集所有专家的评价意见，形成初始的专家语言评价矩阵 $X = [x_{ij}]_{p \times q}$ ，其中， p 表示参与评估的供应商总数， q 为评价指标总数，矩阵元素 x_{ij} 代表第 i 家供应商在第 j 项指标上获得的语言评价值。

步骤 2：为便于量化计算，需将语言评价信息转化为三角模糊数。本研究采用表 2 所示的对应关系，将步骤 1 得到的语言评价矩阵 X 系统性地转化为三角模糊数决策矩阵 $Y = [y_{ij}]_{p \times q}$ ，其中，每个元素 $y_{ij} = (\alpha_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 是一个三角模糊数，其三个端点值分别对应评价信息的保守估计、最可能值和乐观估计。

步骤 3：确定每个指标下的正理想解和负理想解 y_i^+ 和 y_i^- 。

步骤 4：采用熵值法确定各评价指标的权重。首先，对去模糊化后的评价矩阵进行归一化处理，得到指标 C_{ij} 的投影集 P_{ij} ：

$$P_{ij} = \frac{M(\tilde{y}_{ij})}{\sum_{i=1}^m (\tilde{y}_{ij})} \quad (4)$$

P_{ij} 的熵 E_j 的计算公式：

$$E_j = -\left(\frac{1}{\ln m} \right) \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (5)$$

由此可以得出指标 C_{ij} 的权重 w_i 为：

$$w_j = (1 - E_j) / \sum_{i=1}^8 (1 - E_j) \quad (6)$$

本研究采用熵值法确定指标权重，该方法对本研究的适配性主要体现在：其一，研究指标均为定性指标，熵值法的客观赋权特性可规避主观赋权的经验偏差；其二，三角模糊数去模糊化后的数据集满足熵值法的计算条件，且权重结果与行业认知匹配，因此单一熵值法在本研究中具备适用性与合理性。

步骤 5：群体效用值(S_i)：反映供应商在所有指标上与理想解的综合差距，值越小越优。

$$S_i = \sum_{j=1}^8 w_j D(y_j^+, y_{ij}) / D(y_j^+, y_j^-) \quad (7)$$

个体遗憾值(R_i)：衡量供应商在最差指标上的遗憾程度，值越小越好。

$$R_i = \max_j \{w_j D(y_j^+, y_{ij}) / D(y_j^+, y_j^-)\}, \quad j \in \{1, 2, \dots, 8\} \quad (8)$$

综合 S_i 与 R_i ，计算折衷评价值 Q_i ：

$$Q_i = v(S_i - S^-) / (S^+ - S^-) + (1 - v)(R_i - R^-) / (R^+ - R^-) \quad (9)$$

其中， $S^+ = \max_i \{S_i\}$ ， $S^- = \min_i \{S_i\}$ ， $R^+ = \max_i \{R_i\}$ ， $R^- = \min_i \{R_i\}$ ，式中， v 为决策系数，用于平衡群体效用与个体遗憾在决策中的重要性。 $v > 0.5$ 表明决策更倾向于达成整体共识； $v < 0.5$ 则表示更关注避免个别指标的严重短板， $v = 0.5$ 表示均衡考虑，后续计算取 $v = 0.5$ 。

步骤 6：根据 Q_i 值由小到大对供应商进行排序，令排名第一和第二的供应商分别为 K1 与 K2。为确认 K1 是否为稳定最优解，需验证以下条件：

条件 1(可接受优势): $Q(K_2) - Q(K_1) \geq \frac{1}{p-1}$, 其中 p 为供应商总数。此条件确保最优方案具备足够领先优势。

条件 2(决策稳定性): 供应商 K_1 在 S_i 或 R_i 排序中也应位列第一, 以保证评估结果在不同维度下的一致性。

判定规则如下: 若同时满足条件 1 与条件 2, 则 K_1 为唯一最优解。若仅条件 2 不满足, 则 K_1 与 K_2 共同作为折衷解集。若条件 1 不满足, 则依次纳入后续供应商, 直至满足 $Q(K_2) - Q(K_1) \geq \frac{1}{p-1}$ 的最大 m 为止, 此时 K_1, K_2, \dots, K_m 均为近似最优解。

5. 算例分析

5.1. 数据收集与模型计算

为验证本文提出的绿色包装供应商评价模型的实际效果, 特邀请某知名直播电商平台的供应链管理团队, 对其合作的 4 家候选绿色包装供应商(记为 K_1, K_2, K_3, K_4)进行综合评价。该平台近年来业务量快速增长, 随之产生的包装废弃物问题日益突出, 亟需在保障用户体验的前提下, 筛选出兼具环保优势与商业可行性的包装合作伙伴, 以推动其绿色供应链战略的落地。

本次参与评价的供应商背景如下: K_1 是一家专注于可降解新材料研发的创新企业; K_2 在包装结构轻量化和运输防护方面具有传统优势; K_3 是一家提供全生命周期循环解决方案的综合性供应商; K_4 则以成本控制和快速响应见长。评价小组由平台运营、采购、物流及可持续发展部门的 5 位专家组成, 通过集中讨论的方式, 为各供应商在表 1 所列指标上达成一致的语言评价。基于此, 应用本文构建的模糊 VIKOR 方法展开以下计算与分析。

第一步, 基于专家评价的结果, 构成出示评价矩阵 $X = [x_{ij}]_{4 \times 8}$ 。

Table 3. Initial evaluation table for green packaging suppliers in live-streaming e-commerce
表 3. 直播电商绿色包装供应商初始评价表

	E1	E2	E3	F1	F2	F3	X1	X2
K1	极高	很高	高	一般	低	高	一般	低
K2	一般	一般	低	极高	很高	一般	高	一般
K3	高	高	很高	高	高	高	很高	高
K4	低	一般	很低	很高	很高	一般	一般	很高

第二步, 将表 3 的模糊语言定量转换后形成表 4。

Table 4. Triangular fuzzy number decision matrix
表 4. 三角模糊数决策矩阵

	E1	E2	E3	F1
K1	(0.8, 1.0, 1.0)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.2, 0.4, 0.6)
K2	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.0, 0.2, 0.4)	(0.8, 1.0, 1.0)
K3	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)
K4	(0.0, 0.2, 0.4)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.0, 0.0, 0.2)	(0.6, 0.8, 1.0)

续表

	F2	F3	X1	X2
K1	(0.0, 0.2, 0.4)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.0, 0.2, 0.4)
K2	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.2, 0.4, 0.6)
K3	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)
K4	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.6, 0.8, 1.0)

第三步，求出各指标的正、负理想解，见表 5。

Table 5. Positive and negative ideal solutions for each indicator

表 5. 各指标正、负理想解

	E1	E2	E3	F1
y_j^+	(0.8, 1.0, 1.0)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.8, 1.0, 1.0)
y_j^-	(0.0, 0.2, 0.4)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.0, 0.0, 0.2)	(0.2, 0.4, 0.6)
	F2	F3	X1	X2
y_j^+	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.6, 0.8, 1.0)	(0.6, 0.8, 1.0)
y_j^-	(0.0, 0.2, 0.4)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.0, 0.2, 0.4)

第四步，根据上述公式，计算各指标权重。

$$W_j = (0.1754, 0.0526, 0.3860, 0.0526, 0.1288, 0.0175, 0.0526, 0.1404)。$$

第五步，根据公式(7), (8), (9)，计算 S_i , R_i , Q_i ，结果见表 6。

Table 6. Supplier S_i , R_i , Q_i values and ranking results

表 6. 供应商 S_i , R_i , Q_i 的数值及排序结果

	S_i	R_i	Q_i	排名
K1	0.47	0.14	0.35	2
K2	0.63	0.31	0.80	3
K3	0.23	0.08	0.00	1
K4	0.70	0.39	1.00	4

第六步，依据折衷评价函数 Q_i 计算结果，按 Q_i 值由小到大对 4 家供应商进行排序，结果为：K3 > K1 > K2 > K4，其中排名第一的供应商为 K3，排名第二的供应商为 K1。依据上述两个条件验证最优解。

$$\text{条件 1: } Q(K1) - Q(K3) = 0.35 - 0 = 0.35 > \frac{1}{(4-1)} \approx 0.333, \text{ 满足条件一可接受优势条件。}$$

条件 2：分别考察排名第一的供应商 K3 在群体效用值 S_i 与个体遗憾值 R_i 维度的排序结果，在 S_i 维度中 K3 以 0.2300 的数值位列第一，在 R_i 维度中 K3 以 0.0822 的数值位列第一，说明 K3 在不同评价维度下均表现最优，满足决策稳定性条件。

排名第一的供应商 K3 同时满足可接受优势与决策稳定性两项验证条件，根据判定规则，K3 为本次供应商评价中的唯一最优解。

5.2. 敏感性分析

为检验决策系数 v 对评价结果的影响，验证结论的稳健性，本文选取 $v = 0.3$ (侧重规避个体指标短

板)、 $v=0.5$ (基准值, 均衡考虑)、 $v=0.7$ (侧重最大化整体效益)三个典型值, 基于已有指标权重与供应商评价数据, 计算各供应商的折衷评价值 Q , 对比排序结果如下表 7 所示:

Table 7. Ranking results of suppliers under different v values.

表 7. 不同 v 值下供应商排序结果

值	供应商(Q 值)	排序(由小到大)	最优供应商
0.3	K3 (0.000), K1 (0.288), K2 (0.781), K4 (1.000)	K3 > K1 > K2 > K4	K3
0.5	K3 (0.000), K1 (0.350), K2 (0.800), K4 (1.000)	K3 > K1 > K2 > K4	K3
0.7	K3 (0.000), K1 (0.411), K2 (0.819), K4 (1.000)	K3 > K1 > K2 > K4	K3

敏感性分析结果显示, 当决策系数 v 在 0.3~0.7 的合理区间内变动时, 4 家供应商的排序结果保持完全一致, 最优供应商始终为 K3。尽管不同 v 值下 K1、K2 的 Q 值略有波动, 但未改变相对排序, 且 K3 的 Q 值始终为 0, 保持绝对优势。这表明本研究构建的模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR) 模型对关键参数 v 的变化不敏感, 评价结论具有良好的稳健性, 可为直播电商平台绿色包装供应商选择提供可靠决策依据。

5.3. 结果分析与讨论

算例分析验证了本文构建的模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR) 模型及指标体系的有效性, 供应商 K3 以最优的群体效用值与个体遗憾值位列第一, 核心原因在于其实现了环保、功能与体验属性的多维均衡, 这也契合直播电商对绿色包装“合规 + 实用 + 传播”的三重核心需求。

从各供应商表现来看, K3 在“材料绿色度”“回收便利性”等环保指标及“拆包便利性”“品牌展示度”等体验指标上均接近理想解, 体现出全生命周期绿色管理与场景化适配能力; K1 虽环保属性突出, 但“仓储适配性”“运输保护性”难以满足直播电商“爆单式”分拣与高周转物流需求; K2 在功能属性上优势明显, 却因环保属性短板难以适配平台绿色转型政策; K4 则在多数指标上表现平平, 缺乏核心竞争力。这一结果清晰表明, 直播电商场景下, 绿色包装供应商的核心竞争力不在于单一维度的极致表现, 而在于多属性的协同均衡——环保是合规底线, 功能是实用基础, 体验是传播增值, 三者缺一不可。

基于上述评价结果, 结合直播电商的业务特性, 为平台方提供以下战略性供应商管理建议:

对于 K3 这类综合优势型供应商, 平台可与其签订长期战略合作协议。平台应主动开放直播场景专属数据支持, 具体包括爆款产品的开箱反馈数据、消费者评价中的包装相关关键词、不同品类产品的包装使用场景差异等信息, 通过双方协同优化包装的环保叙事设计与开箱体验细节, 平台既能够将 K3 打造为行业内绿色包装的标杆企业, 也可推动双方联合共创的产品属性标准, 成为直播电商领域的参考规范。

对于 K1 这类环保属性表现强势但功能存在短板的供应商, 平台可提供针对性场景化指导。平台需向其共享直播电商仓储分拣的标准化要求, 协助 K1 优化包装尺寸与堆码稳定性; 同时, 平台应联合合作品牌共同输出包装视觉设计规范, 助力 K1 提升包装的品牌展示效果, 使其能够精准匹配低碳主题直播、环保品牌合作等细分场景, 成为平台在差异化竞争中的重要补充力量。

对于 K2 这类功能导向型供应商, 平台可将其定位为高周转、重货产品的专项合作方。考虑到其环保属性不足的问题, 平台需建立绿色转型倒逼机制, 明确制定环保改进时间表, 例如要求 K2 在 6 个月内将包装中可降解材料的占比提升至 50% 以上。此举既能让平台充分发挥 K2 的功能优势, 又能有效推动 K2 开展绿色转型工作, 最终实现平台短期业务需求与长期环保目标的平衡。

对于 K4 这类综合表现不佳的供应商, 平台可设立 3 个月的观察期。观察期内, 平台需聚焦材料绿色度与拆包便利性两大关键指标, 为 K4 制定明确的改进阈值。若 K4 在观察期结束后仍未达到行业平均水

平，平台应及时启动供应商淘汰流程，避免因 K4 的包装问题引发商品破损、环保投诉等情况，进而影响平台的直播口碑与品牌形象。

通过上述分类管理策略，平台可构建“标杆引领、潜力提升、功能适配、弱势淘汰”的动态供应商生态，既保障当前业务的包装适配需求，又推动供应链整体绿色转型，最终实现商业价值与环境价值的双赢。

6. 结论与展望

本研究构建了直播电商绿色包装供应商评价指标体系，涵盖环保、功能与体验三大属性，并结合三角模糊数与模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法建立综合评价模型。算例分析验证了模型在量化供应商多维表现与支持科学决策方面的有效性。主要结论包括：首先，评价体系需兼顾动态协同与用户体验等软性指标，体现“环保为底线、功能为支撑、体验为增值”的分层逻辑，以适应直播电商的业务特点。其次，模糊 VIKOR (Fuzzy VIKOR)方法通过平衡群体效用与个体遗憾，有效处理指标冲突，适用于需同时满足环保、效率与体验的复杂决策。

建议供应商筛选应重视全生命周期环保绩效，并加强协同创新能力评估，如定制化设计提升品牌展示、优化结构改善使用体验。管理者可依托本模型开展动态评估，推动绿色供应链持续优化。未来研究可深入探讨权重动态调整机制，或通过实证数据验证并修正指标体系，进一步提升模型的适用性与精准度。

参考文献

- [1] 周凯, 孙宏悦, 姜辉, 等. 基于粗糙集理论和 TOPSIS 的绿色包装评价方法[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 142-146.
- [2] 孙俊军, 鄂玉萍, 田亚利. 基于产品全生命周期的纸包装绿色生态发展模式[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 259-265.
- [3] 施琦, 阮榕. 基于 ISM-ANP 的绿色包装灰色评价模型研究[J]. 包装工程, 2023, 44(8): 201-207.
- [4] 付自由, 兰建义, 王放. 改进模糊层次分析法在绿色包装评价中的应用[J]. 包装工程, 2021, 42(1): 230-236.
- [5] 王会颖, 邓方江. 基于模糊层次分析法的农产品跨境电商物流模式选择[J]. 物流技术, 2023, 42(5): 79-83.
- [6] 徐丽, 王昕怡, 管雪松, 等. 模糊综合评价法在绿色快递包装中的应用[J]. 包装工程, 2019, 40(23): 180-188.
- [7] 李娜, 李小东. 基于 AHP-熵权的绿色包装评价指标重要度分析[J]. 包装工程, 2019, 40(15): 144-149.
- [8] 李洁, 赵惠, 刘昕. 电商直播产品信息与主播特性对消费者购买意愿的影响——基于扎根理论方法的研究[J]. 商场现代化, 2025(20): 6-9.
- [9] 张文霓. 电商绿色快递包装解决方案[J]. 大众标准化, 2021(3): 104-106.
- [10] 张启尧, 杨鹏, 孙习祥. 直播带货互动性对消费者绿色品牌价值共创意愿的影响[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2025, 35(5): 124-134.
- [11] 王芳, 陈华喜. 基于三角模糊层次分析法的产品低碳包装水平的评价[J]. 襄樊学院学报, 2012, 33(2): 12-16.
- [12] 苏建宁, 李鹤岐, 李奋强. 基于知识的绿色包装评价体系[J]. 包装工程, 2003(01): 44-46.
- [13] 于前凤. 基于网络分析法(ANP)的产品包装绿色度评价体系研究[M]. 上海: 华东理工大学, 2024.
- [14] Rouhani, S., Ghazanfari, M. and Jafari, M. (2012) Evaluation Model of Business Intelligence for Enterprise Systems Using Fuzzy Topsis. *Expert Systems with Applications*, **39**, 3764-3771. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.074>
- [15] 沈平康, 江文奇. 基于 FVIKOR 的企业竞争情报评价及应用[J]. 情报杂志, 2014, 33(9): 22-26, 88.
- [16] Aghajani Bazzazi, A., Osanloo, M. and Karimi, B. (2011) Deriving Preference Order of Open Pit Mines Equipment through MADM Methods: Application of Modified VIKOR Method. *Expert Systems with Applications*, **38**, 2550-2556. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.043>