

区块链低空经济赋能电商机制路径研究

柯佳鑫

扬州大学商学院，江苏 扬州

收稿日期：2025年12月22日；录用日期：2026年1月22日；发布日期：2026年2月2日

摘要

在电商平台不断发展的背景下，生鲜电商呈现出损耗高、时效差、信任弱、成本高的痛点问题。本文引入区块链与低空经济双技术框架，运用模糊层次分析法(FAHP)构建“目标 - 准则 - 指标”评价模型，以无锡阳山水蜜桃为例，从流通效率、成本效益、市场信任3个维度拆解出9个指标进行计算分析。据此提炼出区块链和低空经济协同赋能的机制和协同路径，为生鲜电商平台数字化升级提供依据。

关键词

区块链，低空经济，生鲜电商，FAHP，消费

Research on the Mechanism and Path of Blockchain and Low-Altitude Economy Empowering E-Commerce

Jixin Ke

Business School of Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: December 22, 2025; accepted: January 22, 2026; published: February 2, 2026

Abstract

Against the backdrop of the continuous development of e-commerce platforms, fresh produce e-commerce generally faces the pain points of high loss rates, poor timeliness, weak trust, and high costs. This study introduces a dual-technology framework of blockchain and low-altitude economy, and applies the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to construct a “goal-criterion-indicator” evaluation model. Taking Wuxi Yangshan honey peaches as an example, it decomposes 9 indicators from three dimensions—circulation efficiency, cost-effectiveness, and market trust—for calculation and analysis. Based on this, the mechanism and collaborative paths of the synergistic empowerment

of blockchain and low-altitude economy are extracted, providing a basis for the digital upgrading of fresh produce e-commerce platforms.

Keywords

Blockchain, Low-Altitude Economy, Fresh Produce E-Commerce, FAHP, Consumption

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

互联网技术的日新月异让电商行业呈现出爆发式增长态势，消费者购物习惯已逐渐从线下实体转向线上平台，电商平台凭借便捷性、丰富的商品选择以及高效的配送服务极大地改变了销售格局。同时，随着生活质量的提高，人们对生鲜食品的品质、安全尤为重视。但消费者日益多元化和个性化的消费需求使得生鲜电商平台发展面临运输效率、用户体验和供应链管理等多重挑战。对此区块链和低空经济新技术为电商优化提供新路径。

国家到地方的政策体系为区块链和低空经济赋能电商发展提供全方位支持。近年来，为响应《2025年中央一号文件》鼓励农业数字化转型的号召，同时顺应科技发展，区块链和低空经济在农业和电商消费领域运用研究丰富。

国内外众多学者对电商平台优化、区块链和低空经济的各领域运用展开研究。Steve 等探讨了如何利用物联网和区块链技术构建安全的分布式共享经济应用，并举例说明其在物联网架构中的实现[1]。李文康等(2025)提出“低空经济 + 智慧物流”模式，认为其突破传统运输局限，重塑物流网络格局，驱动物流行业高质量发展[2]。刘会静等(2024)对生鲜电商的模式演变过程和特征进行了分析，从内部需求力、外部供给力两方面对其驱动机制进行了探讨，为生鲜电商模式的合理化和可持续发展提供了对策与建议[3]。杨子扬(2024)探讨了区块链在生鲜电商平台的发展运用，为行业发展提供新思路[4]。陈涵等(2023)基于透明、可追溯的交易生态系统模式探讨了区块链在供应链金融中的深入应用[5]。

此外，随着无人机的不断发展，其在智慧农业领域也得到广泛应用，在农产品运输领域的创新应用实例众多。湖北秭归脐橙以低空货运展现出科技助农的场面，无人机物流运输使得脐橙从采到运更快更稳，保障品质，破除了山地果园运输难题[6]。地处山区的南安蓬华脐橙凭借无人机运输从果园直达物流网点，突破传统山区运输方式成本较高、效率低下的限制，从山区迈向更为广阔的市场[7]。这些真实案例展示出无人机物流在农业领域成本和效率方面的双重作用。

基于调查研究，认为区块链与低空经济的协同机制能够弥补现有生鲜电商部分缺陷，增强产品竞争力，实现电商行业高质量发展。本研究以无锡阳山水蜜桃为例，通过文献阅读、专家调查构建区块链和低空经济协同赋能电商评价指标体系，采用模糊层次分析法拆解技术赋能的核心逻辑和路径，为区块链和低空经济协同赋能电商技术落地提供科学依据。

2. 研究方法

2.1. 研究方法概述

随着数字经济和实体经济的融合发展，区块链的可溯源性、低空经济的高效性为解决生鲜电商痛点

问题提供了新路径。但区块链和低空经济对生鲜电商的协同赋能机制尚未明确，且赋能路径缺乏量化，难以发现最优路径。对此，本文采用模糊层次分析法(FAHP)进行计算分析。该方法[8]将模糊数学“隶属度”概念和层次分析法(AHP)相结合，把定性指标转化为定量数据，兼顾全面性的同时降低主观偏差，弥补了传统层次分析法的局限。

2.2. 研究步骤

2.2.1. 建立层次指标体系

根据期望问题目标，将分析汇总的全部影响因素系统拆解成三个层次，目标层(A)：决策的总目标；准则层(B)：影响总目标的核心维度；指标层(C)：每个准则下的具体评价指标。

2.2.2. 建立模糊互补矩阵

根据收集到的专家对同层级中两元素的相对重要程度评价的信息进行比较，并将其按照 0.1~0.9 数量标度表量化得到模糊判断矩阵 R ，如表 1 所示。矩阵形式为

$$R = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Table 1. Numerical scale of 0.1 to 0.9

表 1. 0.1~0.9 数量标度

标度	定义	说明
0.5	同等重要	两元素相比较，同等重要
0.6	稍微重要	两元素相比较，一元素比另一元素稍微重要
0.7	明显重要	两元素相比较，一元素比另一元素明显重要
0.8	重要得多	两元素相比较，一元素比另一元素重要得多
0.9	极端重要	两元素相比较，一元素比另一元素极端重要
0.1、0.2、0.3、0.4	反比较	若元素 a_i 与元素 a_j 相比较得到判断 R_{ij} ，则元素 a_j 与元素 a_i 相比较得到的判断为 $R_{ji} = 1 - R_{ij}$

2.2.3. 计算模糊权重

根据模糊互补判断矩阵计算各层次指标因素的相对权重，并进行归一化处理，计算公式如下， W_i 表示权重， n 为阶数。

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1, W_i \geq 0 (i \in n) \quad (2)$$

2.2.4. 模糊一致性检验

计算特征矩阵为一致性检验打下基础， W_i 或 W_j 表示第 i 或 j 个指标的权重值。

$$W_{ij} = \frac{W_i}{W_i + W_j} \quad (3)$$

通过相容性 CR 指标[9]对模糊互补矩阵进行模糊一致性检验, $CR < 0.1$ 则认为通过模糊一致性检验, 反之则不通过, 计算公式如下:

$$CR = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |a_{ij} + W_{ji} - 1| \quad (4)$$

2.2.5. 计算综合权重和层次总排序

计算指标层因素相对于目标层的绝对权重, 并进行总排序。计算公式如下:

$$W_m^1 = W_m^{m-1} \times W_{m-1}^{m-2} \times \cdots \times W_3^2 \times W_2^1 \quad (5)$$

式中 m 表示第 m 层。

3. 实证研究

3.1. 评价体系构建

近年来, 我国生鲜电商市场规模持续增长, 2024 年生鲜电商市场规模达 7367.9 亿元, 渗透率达 14.9% [10], 但生鲜产品损耗率极高。无锡阳山水蜜桃作为典型的高附加值生鲜产品, 种植规模大、产业规模大且前期电商销售极其可观, 但其在淘宝电商平台的销售额反倒呈下降趋势[11], 归咎核心制约因素在于其特殊的物理属性与传统电商模式的不匹配——无锡阳山水蜜桃果皮薄易腐烂, 传统物流配送容易导致果实挤压变质; 且市场监管不严, 良莠不齐导致假冒众多, 消费者难以验证水蜜桃的品质与产地信息, 难以判断是否正宗, 其市场和品牌信任存在危机。

基于文献梳理与实地调研, 本文以“流通效率、成本效益、用户信任”3 个维度为准则指标, 每个准则层指标下细分 3 个指标构成指标层, 形成完整的评价指标体系, 见表 2。构建指标层次结果如下:

- (1) 流通服务范围: 在商品交易和流通过程中, 主体能够为商品流转提供的最大服务覆盖范围。
- (2) 低空配送时效提升率: 相较于传统地面运输, 无人机等低空设备在配送商品全流程时间上缩短的比例。配送时效与配送时间成负相关。
- (3) 配送准确率: 成功按照约定条件完成商品配送的订单占总配送订单的百分比, 反映配送的精准性和可靠性。准确率越高, 消费者越满意。
- (4) 物流配送成本: 商品在物流运输全流程中, 主要包括分拣、运输、装配等环节所需要消耗的人力、物力等产生的费用。
- (5) 物流损耗: 商品在物流运输各环节因发生损伤、变质、丢失或腐烂等所产生的损失。产品物流损耗越小, 服务质量和服务水平越高。
- (6) 运输灵活性: 相比于传统物流运输方式, 对复杂地形、订单变更、路线调整等情况的灵活适应能力和响应调整能力。
- (7) 正品品质保障: 确保商品在交易全流程中的正品属性, 无假冒、损坏、变质等影响品质的问题, 保障最终质量。
- (8) 信息安全性[12]: 在电商交易的过程中, 对交易全流程数据安全的保护能力, 能够保障订单信息、客户隐私、商业机密等数据的不可泄漏、不可篡改和不可丢失。
- (9) 过程可溯源性: 市场各主体对电商销售全过程信息数据的可追溯程度, 通过技术手段可以追踪商品从生产、加工、运输、销售等全过程各环节的信息, 实现全流程信息透明。

Table 2. Construction of evaluation hierarchical indicators for blockchain and low-altitude economy empowering fresh e-commerce
表 2. 区块链低空经济赋能生鲜电商评价层次指标构建

目标层	准则层	指标层
区块链与低空经济协同赋能生鲜电商路径(A)	成本效益(B2)	流通范围扩展(C1)
		流通效率(B1)
		低空配送时效提升率(C2)
		配送准确率(C3)
		物流配送成本(C4)
		物流损耗(C5)
		运输灵活性(C6)
		正品品质保障(C7)
		信息安全性(C8)
		过程可溯源性(C9)

3.2. 构建模糊互补判断矩阵

针对调查目标通过专家调查法收集初始评价结果，通过 0.1~0.9 数量标度量化定性数据。本文邀请 10 位跨领域专家组建专家小组参与 FAHP 评价，其中包括农业经济领域、电子商务领域、物流供应链领域专家，以及无锡阳山水蜜桃种植户，样本兼具学术研究和产业实践性。综合各专家评价数据形成各层的模糊互补判断矩阵 R 如下。

目标层 A 下准则层 B 的模糊判断矩阵为

$$R_A = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.40 & 0.50 \\ 0.60 & 0.50 & 0.60 \\ 0.50 & 0.40 & 0.50 \end{bmatrix}$$

准则层 B 下指标层 C 的模糊判断矩阵如下所示

$$R_{B1} = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.32 & 0.42 \\ 0.68 & 0.50 & 0.58 \\ 0.58 & 0.42 & 0.50 \end{bmatrix}; R_{B2} = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.72 & 0.80 \\ 0.28 & 0.50 & 0.60 \\ 0.20 & 0.40 & 0.50 \end{bmatrix}; R_{B3} = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.62 & 0.42 \\ 0.38 & 0.50 & 0.32 \\ 0.58 & 0.68 & 0.50 \end{bmatrix}$$

3.3. 计算模糊权重

按照公式(1)、(2)分别计算出相对权重，计算结果如下，准则层(B)对目标层(A)的权重 $W_A = (0.317, 0.367, 0.317)$ ；指标层(C)对准则层(B)的权重 $W_{B1} = (0.290, 0.377, 0.333)$ ， $W_{B2} = (0.420, 0.313, 0.267)$ ， $W_{B3} = (0.340, 0.283, 0.377)$ 。

3.4. 模糊一致性检验

计算出各对应特征矩阵后，根据公式(3)、(4)依次计算分析判断矩阵的相容性指标 CR 值并进行一致性检验。**表 3** 结果显示各模糊互补判断矩阵均通过一致性检验。

Table 3. Results of consistency test for indicators of blockchain and low-altitude economy empowering fresh e-commerce
表 3. 区块链低空经济赋能生鲜电商指标一致性检验结果

各层模糊判断矩阵	CR 值	是否通过检验($CR < 0.1$)
R_A	0.028	通过
R_{B1}	0.047	通过
R_{B2}	0.088	通过
R_{B3}	0.053	通过

3.5. 确定指标权重及总排序

将指标层(C)各影响因素按照式(5)计算得出其综合权重，并针对得到的综合权重进行最终排序，结果如表 4 所示。

Table 4. Weights and total ranking of indicators of each layer for blockchain and low-altitude economy empowering fresh e-commerce

表 4. 区块链低空经济赋能生鲜电商各层指标权重及总排序

目标层 A	准则层 B	准则层绝对权重	准则层排序	指标层 C	指标层 C 相对权重	指标层 C 综合权重	总排序
区块链与低空经济协同赋能生鲜电商路径(A)	流通效率($B1$)	0.317	2	流通范围扩展($C1$)	0.290	0.092	8
				低空配送时效提升($C2$)	0.377	0.120	2
				配送准确率($C3$)	0.333	0.106	6
	成本效益($B2$)	0.367	1	物流配送成本($C4$)	0.420	0.154	1
				物流损耗($C5$)	0.313	0.115	4
				运输灵活性($C6$)	0.267	0.098	7
	市场信任($B3$)	0.317	2	正品品质保障($C7$)	0.340	0.108	5
				信息安全性($C8$)	0.283	0.090	9
				过程可溯源性($C9$)	0.377	0.120	2

4. 机制和路径研究

4.1. 区块链和低空经济概况

区块链实质上是基于分布式账本的一种去中心技术，具有不可篡改、点对点、可溯源等优势，这使得交易过程中的数据信息更加完整和安全。区块链在电商平台的实践上也取得一定进展。低空经济是一种依托无人机等小型飞行器辐射带动低空领域发展的综合性经济形态，主要运用于应急救援、物流配送等多方面，展现出强大发展潜力。

然而，现有研究大多局限于电商平台、区块链、低空经济的单一组合，少有考虑区块链和低空经济协同互补赋能电商平台优化的分析研究。本文系统分析区块链与低空经济的协同机制，探索其在生鲜电商平台的落地路径，为行业高质量发展提供理论参考。

4.2. 关键赋能路径分析

根据实证结果显示，区块链和低空经济协同赋能的关键赋能路径首先在于二者赋能电商平台带来成本导向的物流提升。低空经济的无人机配送可通过直线飞行减少中转，突破地形限制，规避交通拥堵，进而提高物流效率，可以压缩从仓储到终端消费者的“最后一公里”的配送成本，同时低空配送和可配备温控系统的加持，一定程度上可以减少中转过程中发生的挤压碰撞，减少变质造成的损耗，在物流成本上实现路径优化。

其次，“高效+信任”是双重价值赋能路径的有力体现。低空物流有效地解决了生鲜电商的痛点问题——时效性。无人机配送具有周转时间短、灵活性强的特点，能够大幅缩短运输和交付时间，这为生鲜产品“保质锁鲜”的同时也提升了消费者的体验。再者，区块链技术为低空物流提供了信息记录和智能调控，从源头生产、加工、运输到交付，全流程数据上链可溯源。让消费者既能感受到“快”，又能对品牌“可信”，二者形成的有效闭环形成了区块链和低空经济协同赋能生鲜电商的关键路径。

区块链和低空经济的结合能够为生鲜电商带来“降本”与“增效”，“高效”与“信任”的双赢。其成功的路径在于行业的融合互助。

4.3. 经济与技术可行性讨论

区块链和低空经济的双重驱动赋能能够为生鲜农产品电商带来一定程度上成本的降低，但需要客观正视的是，当前无人机运输正处于发展阶段，区块链和低空经济协同赋能模式仍存在经济与技术可行性瓶颈。

在无人机运输技术发展初期，其创新应用面临极多不确定情况，低空经济需配套低空起降枢纽，同时无人机设备运维、空域申请以及保险等方面都存在着众多的隐性成本，同时也制约了其目前在物流运输领域的规模化推广。在此情形下，无人机运输虽然能够通过减少中转、降低损耗对冲部分成本，却依旧面临着其他方面高额的隐性成本。

但在特定高端场景中，例如针对阳山水蜜桃礼盒定制、高端生鲜紧急订单以及偏远地区高端食材配送等需求，消费者对时效和品质敏感度远高于价格时，依托区块链溯源和低空配送高效优势可以打造差异化高端服务，形成市场竞争力。且就未来发展而言，随着无人机技术升级迭代、低空经济政策不断完善以及规模化运营的实现，运维成本将逐步分摊，该模式仍然有望从高端应用场景下沉至其他生鲜农产品领域，实现进一步降本增效。

5. 总结与建议

本文以无锡阳山水蜜桃为实证切入点，探讨区块链和低空经济在生鲜电商的协同效应，发现区块链和低空经济协同赋能对生鲜电商的影响因素，采用模糊层次分析法(FAHP)计算各权重并分析结果，进行影响机制和路径研究。基于上述分析，本文对区块链和低空经济协同赋能生鲜电商提出以下建议：

- (1) 构建成本优化协同机制。利用区块链技术实现供应链各环节成本透明化，可以识别和尽量避免冗余成本。同时建立基于区块链的共享配送平台，提高低空设备利用率。
- (2) 打造全链条溯源体系。对生鲜食品进行区块链数字身份储存，记录商品从产到销的全流程信息数据。同时在低空配送设备上安装物联网传感器，实时上传温度湿度、位置等数据至区块链，向消费者开放溯源通道，提升消费市场信任度。
- (3) 优化低空配送时效管理。基于区块链技术构建分布式智能调控系统，实现订单和资源的最佳配置。同时在产区和消费集中区建设低空配送枢纽，提高配送效率。
- (4) 强化技术迭代和政策协同。针对区块链和无人机运输进行技术迭代升级，聚焦低成本化、轻量化

研发，降低技术应用成本。政策层面针对无人机购置、基础设施配备等给予补贴，鼓励产业联动，破除现实困境。

在未来技术的不断完善和规模化推广下，区块链和低空经济在电商行业的协同发展可有效解决生鲜电商面临的成本高、信任度低、效率差等痛点问题，同时实现行业协同高质量发展，促进消费升级，极具发展前景和市场潜力。

基金项目

扬州大学科创基金项目“区块链 + 低空经济”赋能特色农产品电商机制和路径研究——以阳山水蜜桃为例(XCX20250949)。

参考文献

- [1] Huckle, S., Bhattacharya, R., White, M. and Beloff, N. (2016) Internet of Things, Blockchain and Shared Economy Applications. *Procedia Computer Science*, **98**, 461-466. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.074>
- [2] 李文康, 陈柳钦. “低空经济 + 智慧物流”: 驱动物流行业新发展[J]. 中国发展观察, 2025(6): 74-80.
- [3] 刘会静, 胡冰川. 生鲜电商模式的演变历程、特征及驱动机制[J]. 农业农村部管理干部学院学报, 2023, 14(3): 16-24.
- [4] 杨子扬. 区块链在生鲜电商行业的管理运用——基于淘鲜达的实例研究[J]. 时代经贸, 2024, 21(12): 45-48.
- [5] 陈涵, 詹江, 杨小兰. 区块链在供应链金融中的应用研究——基于价格透明的应收账款融资模式探讨[J]. 价格理论与实践, 2023(11): 209-213, 216.
- [6] 孟佩佩. 秧归脐橙乘无人机“飞”出大山[N]. 中国青年报, 2024-12-19(007).
- [7] 陈灵, 王宇静, 魏晓芳. “橙坐”无人机低空经济与农业携手向“新” [N]. 泉州晚报, 2024-11-23(003).
- [8] 姬东朝, 宋笔锋, 喻天翔. 模糊层次分析法及其在设计方案选优中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2006(11): 1692-1694, 1755.
- [9] 陈华友, 赵佳宝. 模糊判断矩阵的相容性研究[J]. 运筹与管理, 2004, 13(1): 44-47.
- [10] 黄婉茜, 余婷, 刘康乐, 等. 新零售背景下生鲜电商运营模式分析——以潜江小龙虾为例[J]. 商场现代化, 2025(15): 71-73.
- [11] 李祖宇. 短视频+阳山水蜜桃电商营销策略[J]. 合作经济与科技, 2024(20): 61-63.
- [12] 韩璇, 袁勇, 王飞跃. 区块链安全问题: 研究现状与展望[J]. 自动化学报, 2019, 45(1): 206-225.