

# 杭州市“低空经济”发展现状与优化路径的研究

## ——基于杭州市问卷调查的实证分析

戴辰祎, 蒋红云, 金巧巧, 项浩南, 夏宁骋

绍兴文理学院数理信息学院, 浙江 绍兴

收稿日期: 2025年11月25日; 录用日期: 2025年12月16日; 发布日期: 2025年12月29日

### 摘要

“低空经济”具备产业链条长、业态丰富、跨部门跨层级等特点, 被明确列为国家战略性新兴产业。该研究旨在全面分析杭州市“低空经济”的发展现状, 并探寻其未来的优化路径。研究采用了多方法融合的实证分析框架。首先, 通过CiteSpace对现有文献进行可视化分析, 梳理了研究热点与趋势。核心部分基于在杭州市收集的931份有效问卷数据, 综合运用了网络文本挖掘、关联规则、随机森林模型、结构方程模型(SEM)等多种统计与机器学习方法。研究发现, 杭州“低空经济”在城市管理、物流配送等领域已取得初步成效, 但在公众认知度、普惠应用、技术与管理挑战方面仍存在不足。研究结果表明, 公众的认知情况与满意度是影响其未来发展期望的关键因素。最后, 论文基于实证分析结果, 从完善产业链、建立风险防范机制、创新宣传与降低成本等方面提出了针对性的优化建议。

### 关键词

低空经济, 战略性新兴资源, 随机森林模型, 普惠应用, 结构方程模型

# Research on the Current Situation and Optimization Path of the “Low-Altitude Economy” in Hangzhou

—An Empirical Analysis Based on a Questionnaire Survey in Hangzhou City

Chenyi Dai, Hongyun Jiang, Qiaoqiao Jin, Haonan Xiang, Ningcheng Xia

College of Mathematic and Information Science, Shaoxing University, Shaoxing Zhejiang

Received: November 25, 2025; accepted: December 16, 2025; published: December 29, 2025

文章引用: 戴辰祎, 蒋红云, 金巧巧, 项浩南, 夏宁骋. 杭州市“低空经济”发展现状与优化路径的研究[J]. 统计学与应用, 2025, 14(12): 371-384. DOI: 10.12677/sa.2025.1412372

## Abstract

The “low-altitude economy” is characterized by its long industrial chain, diverse business forms, and cross-sector and cross-level operations, and has been explicitly listed as a national strategic emerging industry. This study aims to comprehensively analyze the current development status of the “low-altitude economy” in Hangzhou and explore its future optimization path. The research adopts an empirical analysis framework that integrates multiple methods. Firstly, through visual analysis of existing literature using CiteSpace, research hotspots and trends are sorted out. The core part is based on 931 valid questionnaire data collected in Hangzhou, and comprehensively utilizes various statistical and machine learning methods such as network text mining, association rules, random forest models, and structural equation modeling (SEM). The study finds that Hangzhou’s “low-altitude economy” has achieved initial results in urban management, logistics and distribution, but still has deficiencies in public awareness, inclusive application, and technical and management challenges. The research results indicate that public awareness and satisfaction are key factors affecting their future development expectations. Finally, based on the empirical analysis results, the paper proposes targeted optimization suggestions from aspects such as improving the industrial chain, establishing risk prevention mechanisms, innovating publicity, and reducing costs.

## Keywords

**Low-Altitude Economy, Strategic Emerging Resources, Random Forest Model, Inclusive Application, Structural Equation Model**

---

Copyright © 2025 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

“低空经济”是以低空飞行活动为核心，以无人驾驶飞行、低空智联网等技术组成的新质生产力与空域、市场等要素相互作用，带动低空基础设施、运营和飞行保障等领域发展的综合形态。是人类继开拓陆地、海洋、近地轨道后，向立体空间生产力的空间革命。通过人工智能、绿色能源等技术，将城市天际线转化为生产要素流通的新坐标系，重构城市运行的本质。

张开睿等人(2025)提出“低空经济”是依托民用航空飞行器低空飞行活动而广泛辐射交通、物流、医疗、农业等各行业的新型经济模式，对于推动产业聚集与产业协同发展具有深远的战略意义[1]。早期研究将“低空经济”狭义界定为无人机产业生态，中期扩展至3000米以下空域开发的经济活动集合，新近学术共识则升维至“数字技术驱动的立体空间生产要素重组范式”。其本质突破体现为三重变革：飞行载体智能化重构移动逻辑，空域属性资源化释放空间价值，治理模式数字化，重塑运行规则。标志着人类文明从平面拓荒迈向立体空间开发。

龙添安等人(2025)提出，低空物流作为利用无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)等低空飞行器执行货物运输和投递的新型物流方式，成为“低空经济”中承载城市管理、服务民生与应急服务的重要场景，其基础设施构建需求尤为迫切。我国批准开展“无人机低空物流体系建设”试点，在17个试验区和3个试验基地推进场景应用探索，推动低空物流在安全监管、平台调度与运行流程等方面形成可复制路径。近年来，低空物流系统通过构建灵活、高效的三维配送网络，突破了传统物流在地理阻隔与时间响应方

面的限制,展现出运力分层、服务多样化的价值[2]。

兰旭东(2025)提出“低空经济”的高质量发展需要多维发力,推动“低空经济”成为我国经济发展的新引擎[3]。同时他还提出我国“低空经济”产业链条的诸多环节面临“木桶效应”。总而言之,有四大矛盾:物理空间承载能力与市场需求间的时空错配、技术标准碎片化与产业协同诉求的价值鸿沟、管制空域开放尺度与安全保障红线的动态平衡、新兴业态商业逻辑与传统监管范式的制度摩擦[3]。

## 2. 问卷设计与数据搜集

### 2.1. 问卷设计

#### 1) 第一模块——个人基本信息

本模块收集参与者个人基本信息,深入分析其收入水平和个人消费习惯的关联性,得出杭州市民在低空服务的参与现状。

#### 2) 第二模块——低空经济发展现状及机遇

该部分聚焦于低空经济的发展现状,评估现有服务,剖析行业中遇到的问题。并对比不同因素对用户选择的影响,识别影响公众使用低空服务的主要因素,为后续改进提供依据,见表1。

**Table 1.** Survey project design for development status and opportunities

**表 1.** 发展现状及机遇调查项目设计

调研模块	题项设计
	对低空经济的了解程度
“低空经济”发展现状及机遇	通过哪些渠道了解低空经济
	使用过的低空经济服务
	使用意向与影响因素

#### 3) 第三模块——市民对低空经济发展的看法及满意度

第三模块调查市民对低空经济的看法和满意度,见表2。

**Table 2.** Survey project design for views on development status and satisfaction

**表 2.** 发展现状看法及满意度调查项目设计

调研模块	题项设计
	对低空飞行器安全性的信心
市民对“低空经济”发展现状的看法及满意度	政府对低空经济的重视程度
	低空经济服务水平
	低空经济普及度
	影响低空经济发展的因素

#### 4) 第四模块——市民对低空经济未来发展的展望及期望度

第四模块调查市民对低空经济未来发展的展望和期望度,见表3。

**Table 3.** Survey project design for future development prospects and expectation levels

**表 3.** 未来发展前景及期望度调查项目设计

调研模块	题项设计
市民对“低空经济”未来发展的展望及期望度	低空经济未来发展方向

续表

低空经济可能带来弊端
最期待的落地应用场景
政府在促进低空经济发展方面采取的措施
低空经济发展期望度

## 2.2. 数据搜集

本研究采用网络与实地相结合的方式进行问卷调查, 问卷发放和回收具体情况见表 4。

**Table 4.** Questionnaire recovery situation

**表 4.** 问卷回收情况

发放份数	回收份数	回收率	有效份数	有效回收率
1000	951	95.1%	931	93.1%

## 2.3. 信效度检验

采用 SPSS 进行信度分析, 得到整体信度系数如表 5 所示。其 Cronbach's Alpha 系数为 0.807, 表明信度较好。为确保测量可靠性, 再次检验。结果显示, Cronbach's Alpha 系数均大于 0.8。表明整体可靠, 其问卷信度佳。

**Table 5.** Reliability statistics of the overall scale

**表 5.** 整体量表可靠性统计

Cronbach's Alpha	基于标准化项的 Cronbach's Alpha	项数
0.789	0.807	14

对有效问卷进行效度分析, 得到问卷整体效度系数见表 6; 问卷的 KMO 值为 0.806 大于 0.8, 说明可以进行因子分析; 且 Bartlett 球形检验的 P 值小于 0.05, 因此适合进行探索性因子分析。

**Table 6.** KMO and Bartlett's test

**表 6.** KMO 和巴特利特检验

KMO 和 Bartlett 的检验		
取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.806
近似卡方		5329.486
Bartlett 的球形度检验	df	71
	Sig	0.000

综上所述, 信度和效度检验均通过, 符合预期设想。因此, 问卷结构合理, 可以作为标准问卷使用, 且收集的数据合理, 具有可靠性和有效性。

### 3. 实证分析结果

### 3.1. 基于网络数据的初步分析

### 3.1.1. 基于文本挖掘的网络数据分析

首先在百度搜索中以“低空经济”为关键词进行搜索，然后利用网络爬虫爬取前二十条网址，对爬取的文本数据进行词云分析和词频统计，探究人们对低空经济关注的情况和需求，其词云图见图1。



**Figure 1.** Visualization of Web Crawler data for “low-altitude economy”  
**图 1.** “低空经济”网络爬虫数据可视化图

选取爬取内容词条频率排名前 10 的字词，制成词频统计表见表 7。

**Table 7.** Word frequency statistics table of Web Crawler data  
**表7.** 网络爬虫词频统计表

排名	词条	词频	排名	词条	词频
1	低空	286	6	建设	108
2	经济	183	7	无人机	94
3	空域	162	8	管理	77
4	发展	142	9	融合	64
5	产业	116	10	运营	47

在爬取得到的有关“低空经济”的新闻报道、杂志记录中，出现频率最多的词是“低空”，词频达到286次，其次是“经济”，达到183次，频率前十的词都显示在上表中。

### 3.1.2. 基于网络搜集的网络资料分析

“低空经济”(Low-Altitude Economy)以低空飞行活动为核心,以有人或无人驾驶飞行等技术组成的新质生产力与市场相互作用,带动低空飞行器制造、低空运营和低空飞行等发展[4]。

随着EH216-S无人航空器取得全球首张适航证以及“无人飞行汽车”完成城市低空首飞测试，“低空经济”进入商业化转型关键期[5]。2024年3月工信部等四部委联合印发了《通用航空装备创新应用实

施方案(2024~2030 年)》，文件中提到“在长三角、粤港澳、成渝打造大中小微企业融通、创新要素集聚、网络协作高效的新型通用航空装备先进制造业集群”进一步为“低空经济”的发展指明了方向，未来我国通航产业规模将突破万亿元，成为重塑国土空间资源配置格局的新兴变量，在这发展趋势下，国土空间规划对传统二维平面规划提出革新要求，亟待构建三维空间治理框架体系[6]。

基于此背景，杭州市政府着眼发展新质生产力，抢抓机遇，坚持以产业发展为龙头、以科技创新为驱动、以安全发展为保障，统筹推进低空产业发展，将杭州打造成为全国“低空经济”领军城市。

### 3.2. 基于主成分分析的民众满意度分析

#### 3.2.1. 满意度因子分析

##### 1) KMO 和 Bartlett's 检验

在因子分析的初步阶段，我们对数据集执行了 KMO 和 Bartlett's 球形度测试，以验证其进行因子分析的适宜性。这些测试是针对问卷调查中关于满意度的指标进行的，测试结果见表 8：

**Table 8.** KMO and Bartlett's test

**表 8.** KMO 和 Bartlett 检验

KMO 和 Bartlett 的检验		
取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.826
近似卡方		378.756
Bartlett 的球形度检验	df	68
	Sig	0.000

通过上述检验得到 KMO 的值为  $0.826 > 0.8$ ，这一结果说明各测量变量之间存在较强相关性，因此适合进行主成分分析。同时，Bartlett's 检验统计量为 378.756，相应的显著性水平 Sig 为 0.000，远小于 0.05 的检验阈值，可拒绝原假设，认为各变量具有显著的相关性。

##### 2) 提取主成分因子

先计算十个变量之间的相关系数，然后对相关系数矩阵进行了因子载荷估计，再采用方差最大正交法对因子载荷阵进行旋转，表 9 为旋转后主因子对应特征值的方差贡献率和累计方差贡献率。

**Table 9.** Variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of eigenvalues

**表 9.** 特征值的方差贡献率和累计方差贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	总计	方差%	累积%	总计	方差%	累积%	总计	方差%	累积%
1	5.023	61.523	63.521	5.023	61.523	63.521	2.917	29.903	30.185
2	0.811	9.892	73.149	0.811	9.982	73.149	2.214	25.027	56.362
3	0.723	6.291	81.682	0.723	6.291	81.682	2.102	22.894	80.831
4	0.547	6.037	85.723						
5	0.519	5.725	87.468						
6	0.476	4.233	89.882						
7	0.332	3.429	91.315						

续表

8	0.245	2.765	96.776
9	0.212	2.346	98.737
10	0.298	2.088	100.00

### (3) 主成分因子分析

最后利用方差极大法对因子载荷矩阵进行旋转, 最后结果如表 10 所示。

**Table 10.** Rotated component matrix

**表 10.** 旋转成分矩阵

项目	1	2	3
便利性	0.897	0.295	0.298
可靠性	0.871	0.289	0.217
价格合理性	0.882	0.286	0.375
效率提升效果	0.445	0.316	0.412
整体安全性	0.539	0.379	0.634
空域管理	0.397	0.462	0.871
避免侵犯个人隐私	0.423	0.332	0.806
科普宣传和教育活动	0.435	0.707	0.376
普及度和宣传力度	0.346	0.821	0.404
发展整体状况	0.339	0.817	0.403

### 3.2.2. 径向基函数网络模型建立

#### 1) 评价模型指标的建立

利用因子分析得到的结果, 利用径向基函数网络模型[7]建立评价模型指标, 将市民满意度分为三个综合评价指标: 民族感受  $Y_1$ 、民众担忧  $Y_2$ 、民众认知  $Y_3$ 。分层如表 11 所示:

**Table 11.** Citizen satisfaction model indicators

**表 11.** 市民满意度模型指标

一级指标	二级指标	三级指标
		便利性 $X_1$
	民众感受 $Y_1$	可靠性 $X_2$
		价格合理性 $X_3$
		整体安全性 $X_4$
市民满意度 $Y$	民众担忧 $Y_2$	空域管理 $X_5$
		避免侵犯个人隐私 $X_6$
		科普宣传和教育活动 $X_7$
	民众认知 $Y_3$	普及度和宣传力度 $X_8$
		发展整体状况 $X_9$

通过对 9 个指标的一一评价, 最终得到市民满意度。

## 2) 数据处理

首先获取市民三级指标满意度分数期望值, 指标分 5 个等级: 非常不满意, 不满意, 一般满意, 比较满意, 非常满意, 对应数字分别为 1、2、3、4、5, 指标的期望值用  $X_j$  表示, 计算  $X_j$  的期望值见表 12。

**Table 12.** Expected values

**表 12.** 期望值

项目	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
均值	3.28	3.04	2.97	3.54	3.37	2.88	2.63	2.57	3.07

## 3) 评价模型网络训练

本研究中的神经网络的训练采用径向基函数(RBF)方法, 该方法基于一组部分样本数据来确定隐含层中高斯函数的中心  $c_i$ 、方差  $\sigma_i$  以及隐含层与输出层之间的连接权重  $w_{ij}$ ; 计算结果见表 13。

**Table 13.** Weights of each indicator

**表 13.** 各指标权值

项目	$w_{11}$	$w_{21}$	$w_{31}$	$w_{12}$	$w_{22}$	$w_{32}$	$w_{31}$	$w_{32}$	$w_{33}$
均值	354	281	364	315	306	379	321	337	342

## 4) 评价模型检验

模型训练阶段完成后, 初步的评价模型已经构建完成。为确保预测准确性, 需再利用剩余的样本数据作为测试集进行针对性检验, 来检验训练网络的输出值是否与期望值一致, 最后得出评价模型见表 14。

**Table 14.** Evaluation model results

**表 14.** 评价模型结果

指标	期望值	评价模型值	相对误差
便利性 $X_1$	3.28	3.3012	0.6463%
可靠性 $X_2$	3.04	3.0853	1.4901%
价格合理性 $X_3$	2.97	3.0134	1.4612%
整体安全性 $X_4$	3.54	3.5281	0.3361%
空域管理 $X_5$	3.37	3.3928	0.6765%
避免侵犯个人隐私 $X_6$	2.88	2.8296	1.7500%
科普宣传和教育活动 $X_7$	2.63	2.6739	1.6692%
普及度和宣传力度 $X_8$	2.57	2.5685	0.0583%
发展整体状况 $X_9$	3.07	3.0381	1.0390%

从表 14 可知相对误差均非常小, 说明结果均是有效的。得出结论: 评价结果偏向于“一般满意”。

运用 SPSS, 对  $Y_i$ (市民满意度结果)和  $X_j$ (各影响因素)进行双侧检验, 得出 Spearman 系数见表 15。

通过满意度分析, 可知民众感受满意度最高, 说明“低空经济”的便利性、可靠性、价格合理性得到市民的认可。后续发展必须充分考虑市民感受, 合理降低价格。在宣传上, 政府应当加大宣传教育, 推动民众参与体验。

**Table 15.** Spearman coefficients of indicators  
**表 15.** 指标 Spearman 系数

主要因素	指标	系数
民众感受 $Y_1$	便利性 $X_1$	0.857
	可靠性 $X_2$	0.743
	价格合理性 $X_3$	0.761
民众担忧 $Y_2$	整体安全性 $X_4$	0.679
	空域管理 $X_5$	0.748
	避免侵犯个人隐私 $X_6$	0.821
民众认知 $Y_3$	科普宣传和教育活动 $X_7$	0.753
	普及度和宣传力度 $X_8$	0.646
	发展整体状况 $X_9$	0.798

### 3.3. 基于随机森林模型的未来发展期望度分析

为科学识别影响市民对“低空经济”未来发展期望度的关键因素，本研究采用随机森林算法构建预测与特征重要性分析模型。该算法通过 Bootstrap 抽样和随机特征选择，有效降低过拟合风险，并具有优秀的运算效率。我们使用 Python 编码建立随机森林回归模型，将收集到的问卷数据按 80%训练集和 20% 测试集的比例划分，通过设置相应参数进行模型训练。

模型的预测效果采用均方根误差(RMSE)和决定系数( $R^2$ )进行评估。结果见表 16，RMSE 为 0.03，与满意度的取值区间相比数值较小，表明预测误差可控； $R^2$  值为 0.92，接近 1，说明模型具有优异的拟合优度。两者结合表明该随机森林模型的预测结果可靠，可用于后续分析。

**Table 16.** Model evaluation coefficient  
**表 16.** 模型评估系数

均方根误差	决定系数
0.03	0.92

模型的核心输出是各影响因素的相对重要性排序，其结果如图 2 所示。研究显示，“应用场景增加”是影响总体期望度的最重要因素，其在解释满意度变化中的贡献率最大。这表明，丰富“低空经济”的具体落地场景是提升市民信心和期望的关键抓手。其次，“政府加大投入”、“有关基础设施完善”和“政府加大宣传”等因素的重要性处于中等水平，同样对总体期望度有显著影响，在政策制定中需予以关注。相比之下，“城市竞争力提升”、“提升社会运转效率”和“普及度提高”等因素的重要性相对较低，但仍为构成“低空经济”价值感知的组成部分。

通过随机森林模型的特征重要性分析，为杭州市“低空经济”的优先发展序列提供了数据支撑。未来，相关部门应重点拓展多元化的应用场景，并协同推进基础设施建设与宣传引导，从而有效提升市民的整体期望度与发展信心。

### 3.4. 基于词云图的未来发展建议分析

在问卷中：对杭州市“低空经济”的未来发展有哪些期望和建议的回答；提取关键词得到词云图见图 3。



**Figure 2.** Distribution of the importance of characteristic variables in future development expectations  
**图 2.** 未来发展期望度的各特征变量的重要程度分布



**Figure 3.** Word cloud map of suggestions for future development  
**图 3.** 未来发展建议词云图

图中“宣传”、“普及”、“技术”和“生活幸福感”四个词汇突出，表明市民非常重视“低空经济”的质量和普及。此外，“安全”和“管理”等词汇也较显著，显示市民对低空飞行器运行时的安全性持有保留意见。他们希望政府能有效管理城市空域并保障其安全运营。因此，未来“低空经济”的发展应聚焦于这些关键领域。

### 3.5. 基于结构方程模型的未来发展路径分析

#### 3.5.1. 结构方程模型建立

本次调研，我们通过问卷发放和回收得到了市民的具体实际数据。通过建立建构方程模型来求解各模块变量与未来发展之间的影响关系。

本文共构建三个潜变量，分别为市民对“低空经济”的认知与接触情况、市民对“低空经济”满意度和市民对“低空经济”未来发展的期望度。我们采用结构方程模型，将上述潜变量进行分析，从而提出以下假设：

$H_1$ : 市民对“低空经济”认知与接触情况会显著影响“低空经济”未来发展。

$H_2$ : 市民对“低空经济”当前效果的评价显著影响“低空经济”建设现状满意度。

$H_3$ : 市民对“低空经济”建设现状满意度的评价显著影响“低空经济”未来发展。

### 3.5.2. 结构方程模型分析

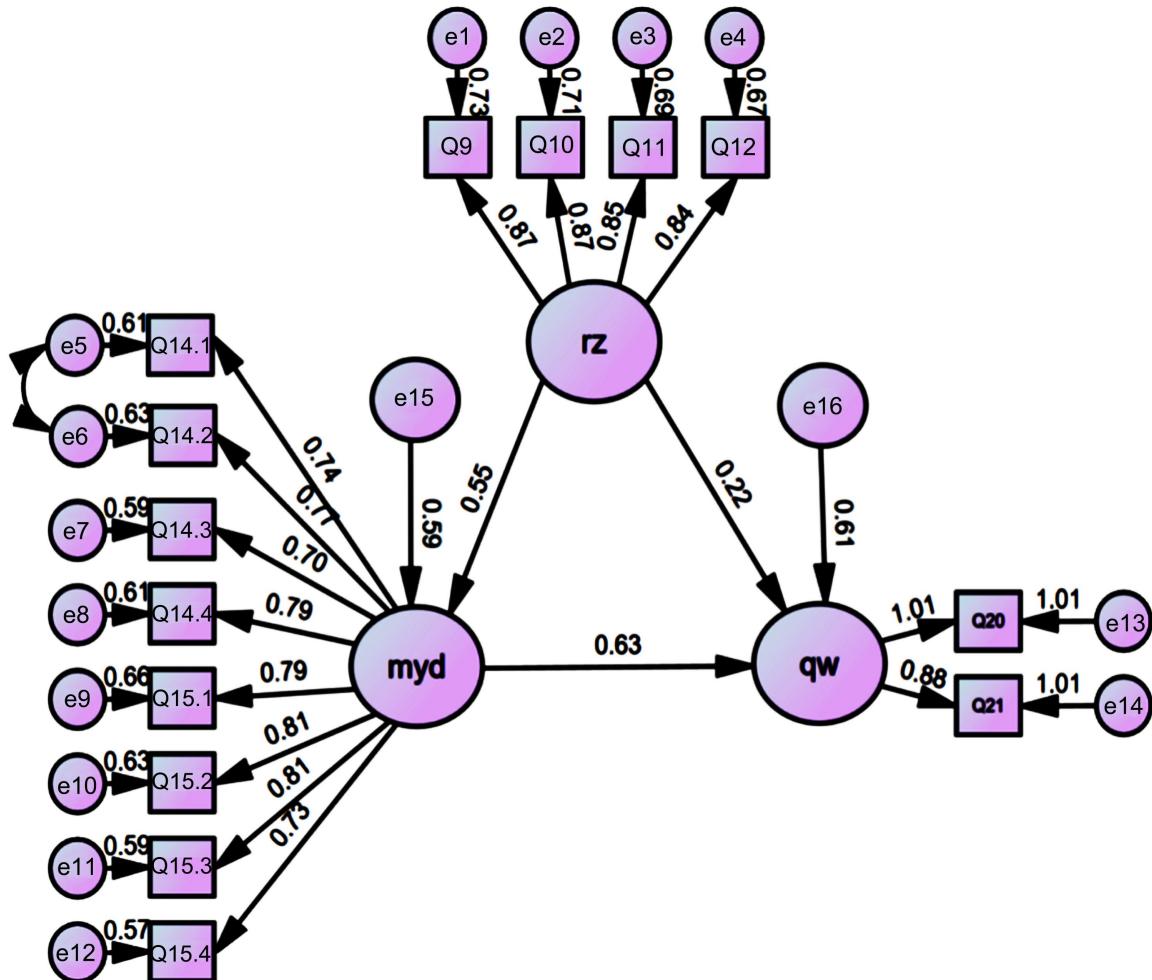
利用 AMOS 28.0 软件对结构方程模型进行检验和拟合。选择 NFI(规范拟合指数)、TLI(Tucker-Lewis 指数)、CFI(比较拟合指数)和 RMSES(近似误差均方根)这四个拟合指标来判断。

从表 17 可知模型拟合参数值均大于 0.9, 满足评价标准, 绝对拟合指数 RMSEA 值为  $0.024 < 0.05$ , 说明该结构方程模型的拟合程度很好, 具有研究意义。模型中各路径的标准化效应系数如图 4 所示:

Table 17. Model fitting parameters

表 17. 模型拟合参数

NFI	TLI	CFI	RMSEA
0.933	0.945	0.949	0.024



注:  $rz$  代表认知情况,  $myd$  代表发展满意度,  $qw$  代表未来发展期望,  $Q21$  等表示各题项。

Figure 4. Path diagram of the structural model for future development influencing factors

图 4. 未来发展影响因素结构模型路径

### (一) 直接效应

得出各潜变量之间的路径分析和假设检验结果, P 值表示 CR 的统计检验相伴概率, 见表 18:

**Table 18.** Model path coefficients and hypothesis testing results

**表 18.** 模型路径系数和假设检验结果

假设	路径	未标准化路径系数	标准化路径系数	P 值	显著性	假设是否成立
$H_1$	$qw \leftarrow rz$	0.289	0.221	$1.489 \times 10^{-6}$	***	成立
$H_2$	$myd \leftarrow rz$	0.474	0.546	$8.763 \times 10^{-21}$	***	成立
$H_3$	$qw \leftarrow myd$	0.915	0.628	$3.289 \times 10^{-31}$	***	成立

注: \*\*\*表示  $P < 0.001$ , 该路径显著。

由此可知  $H_1$  假设成立, 认知与接触情况会显著地直接影响未来发展, 其标准化后的路径系数为  $0.221 > 0$ , 成正向关系;  $H_2$  假设成立, 当前效果评价会显著地直接影响满意度, 其标准化后的路径系数为  $0.546$ , 也成正向关系;  $H_3$  假设成立, 满意度会显著的直接影响未来发展, 其标准化后的路径系数为  $0.628$ , 也成正向关系。未来发展受两条路径直接作用, 但满意度与未来发展的标准化后的路径系数更大, 说明居民的满意度对“低空经济”未来发展有更大的促进作用。

### (二) 间接效应

由表 19 可知, 满意度作为中介变量, 其路径为效果评价→满意度→未来发展, 表中所有效应的显著性均小于 0.05, 都存在显著影响, 因此可以看出满意度在现状评价对未来发展的作用中起到了部分中介作用。由此可知, 满意度除了会直接影响未来发展, 现状评价还会通过影响满意度间接影响未来发展。观测变量与潜变量的参数估计见表 20。

**Table 19.** Mediation effect test table

**表 19.** 中介效应检测表

路径	效应	SE	S.E.	P	95% CI	
					LB	UB
	总效应	0.567	0.106	0.004	0.395	0.778
效果评价→满意度→未来发展	直接效应	0.215	0.074	0.004	0.119	0.349
	间接效应	0.347	0.067	0.003	0.264	0.493

**Table 20.** Parameter estimates of observed variables and latent variables

**表 20.** 观测变量与潜变量的参数估计

路径关系	未标准化后的路径系数	标准化后的路径系数	P 值	显著性
$Q9 \leftarrow rz$	1	0.873		
$Q10 \leftarrow rz$	0.991	0.869	$2.3827 \times 10^{-95}$	**
$Q11 \leftarrow rz$	0.979	0.849	$1.8802 \times 10^{-80}$	***
$Q12 \leftarrow rz$	0.969	0.843	$3.2692 \times 10^{-88}$	**
$Q14.1 \leftarrow myd$	1	0.741		
$Q14.2 \leftarrow myd$	0.986	0.770	$1.5472 \times 10^{-46}$	***

续表

Q14.3 ← myd	1.007	0.703	$2.0852 \times 10^{-39}$	***
Q14.4 ← myd	1.134	0.792	$8.0603 \times 10^{-48}$	**
Q15.1 ← myd	0.998	0.787	$1.7698 \times 10^{-46}$	***
Q15.2 ← myd	1.089	0.798	$8.0967 \times 10^{-47}$	**
Q15.3 ← myd	1.057	0.814	$3.6716 \times 10^{-51}$	**
Q15.4 ← myd	1.028	0.730	$6.4580 \times 10^{-43}$	***
Q20 ← qw	1	1.002		
Q21 ← qw	0.967	0.883	$3.6713 \times 10^{-51}$	***

注: \*\*\*表示在 0.001 的置信水平下显著, \*\*表示在 0.01 的置信水平下显著, \*表示在 0.05 的置信水平下显著。

### 1) 居民对“低空经济”认知与接触情况模块

在“低空经济”的发展现状中, 均显示正相关。其中 Q9(了解程度)和 Q11(“低空经济”服务类型)的载荷系数最高, 分别为 0.873 和 0.849, 表明这两个指标在总体认知中占有较大权重。主要根据这两点, 可知当前大多数人仍不太了解低空经济, 未来仍需宣传, 并落实好“低空经济”的服务。

### 2) 居民对“低空经济”发展现状的效果看法及满意度模块

在对“低空经济”的满意度评估中, 均显示正相关。其中 Q15.1 和 Q15.2 的载荷系数最高, 分别为 0.787 和 0.798, 表明这两项的影响最大。服务的可靠性和便利性尤为重要, 希望能更加为居民考虑。同时, 居民期待通过培训和宣传了解低空经济。为提升满意度, 应保证服务的省时省力, 并加强宣传。

### 3) 对“低空经济”未来发展的展望及期望度模块

我们关注两个问题: Q20(“低空经济”发展的措施)和 Q21(未来发展的潜力)。这两个问题的路径系数分别为 1.002 和 0.883, 表明它们与未来发展正相关。

## 4. 实证分析结论

### 4.1. 结论

#### 4.1.1. 多领域融合应用初显成效

杭州市“低空经济”在政策支持和技术推动下, 已初步形成多领域融合的应用生态, 被灵活应用于各种场景。无人机物流、巡检已实现落地, 成效显著; “低空经济”提供的“分钟级的即配服务”、一键直达的便利化服务带来全新的突破性的体验。

#### 4.1.2. 市民体验与认识度

在“低空经济”服务便利性方面, 使用过低空服务的市民对无人机配送的“高效性”“点对点直达”等优势满意度较高, 尤其在紧急医疗物资配送中, 82%的市民认可其效率提升; 在安全可靠性方面, 84.08%的市民关注在“安全性”上, 表达对低空飞行器故障风险等问题的担忧。从认识度来看, 超 55.48%的市民对其“完全不了解”或“不太了解”, 市民信任度与了解程度呈显著正相关, 认知度成为制约市民参与的重要因素。

### 4.2. 优化路径

#### 4.2.1. 完善“低空经济”产业链, 拓宽“低空经济”应用场景

打造完整的低空产业链对推动低空产业技术成果有效转化至关重要。杭州市政府应补全上游产业链,

加大低空产业技术研发投入，强化产学研融合发展。积极引导企业与高校、科研院所展开合作。

拓宽低空飞行活动应用场景，积极开发“低空经济+”模式，优先开发紧急医疗、社区物流等高需求应用场景。“低空经济+”模式下的系列应用可以创新经济价值，还可以有效地解决各行各业的痛点问题。

#### 4.2.2. 建立空域风险防范机制

建立“穿透式”的风险防控应对低空产业应用风险。“穿透式监管”渊源于我国金融领域的治理政策，作为风险治理的有效工具，穿透式监管发现事实的“实质”，而非过程的“形式”，达到防范重大安全风险的效果[8]。对于具有高风险的低空产业技术，社会治理者应当介入产业发展的全生命周期进行靶向监管。

#### 4.2.3. 技术创新降低商业运营成本，适度宣传提升公众意识与参与感

针对超半数市民对“低空经济”“不了解”“不信任”的现状，企业应加强技术研发，降低成本，消除民众对“价格合理性”的疑虑；政府需创新宣传方式。可通过模拟飞行、技术讲解等活动，消除“不安全”的刻板印象。最后让民众从被动转变为主动参与，真正成为“低空经济”发展的参与者与受益者。

### 致 谢

首先我们要感谢浙江省哲社科项目(项目编号：25NDJC012YBM)对本研究项目的资助和支持，没有这些支持，我们的研究工作将难以顺利开展。同时我们向所有给予指导和支持的导师及合作伙伴表示诚挚感谢，因为每个人无私的意见和帮助，使这一研究能深入并取得成果。

### 基金项目

浙江省哲社科项目(项目编号：25NDJC012YBM)。

### 参考文献

- [1] 张开睿, 钟京辰. 低空经济发展影响因素的研究综述[J]. 产业创新研究, 2025(12): 42-44.
- [2] 龙添安, 杨云龙, 王晗, 等. 低空物流数字基础设施及数字孪生应用综述[J/OL]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 1-17. <https://doi.org/10.19951/j.cnki.1672-9331.20250525001>, 2025-07-17.
- [3] 兰旭东. 低空经济高质量发展的难点、焦点与对策[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 1-9. <https://doi.org/10.14100/j.cnki.65-1039/g4.20250624.001>, 2025-07-17.
- [4] 王靓, 代婷. 基于 CiteSpace 的低空经济研究热点可视化分析[J/OL]. 物流科技, 1-9. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1373.F.20250523.1736.002>, 2025-06-01.
- [5] 廖望, 曹小曙, 袁立洋, 等. 国内外低空经济研究脉络与进展评述——基于 CiteSpace 的可视化分析[J/OL]. 热带地理, 1-17. <https://doi.org/10.13284/j.cnki>, 2025-07-10.
- [6] 郑浩楠, 郑皓, 吴沈松. 低空经济背景下国土空间低空空域规划体系、内容与方法研究[J]. 苏州科技大学学报(工程技术版), 2025, 38(2): 71-80.
- [7] 范一文. 基于径向基函数神经网络的高校图书馆用户满意度评价模型[J]. 农业图书情报学刊, 2016, 28(3): 10-13.
- [8] 梁远高, 孙嘉蔚. 平台穿透式监管: 机理、方案及政策建议[J]. 中国市场监管研究, 2024(5): 56-61.