

基于机器学习的创新型中心城区低空经济培育 路径与发展策略研究

——以深圳市南山区为例

黄泽夕¹, 刘鼎², 刘聂瑀子³

¹广东赛宝新天地科技有限公司, 广东 广州

²上海海事大学交通运输学院, 上海

³长安大学运输工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年4月27日; 录用日期: 2026年6月24日; 发布日期: 2026年7月3日

摘要

低空经济作为以低空空域资源为依托、以无人机和电动垂直起降飞行器(eVTOL)等航空器为载体、以数字技术、高端制造与运行服务为支撑的新型经济形态, 正成为培育新质生产力和重塑城市竞争优势的重要抓手。本文以深圳市南山区为案例, 在文献分析、SWOT分析和政策评估的基础上, 进一步引入问卷调查与机器学习分析框架, 系统探讨创新型中心城区低空经济的发展基础、现实约束、公众接受机制与实施路径。研究提出, 南山区应在“研发设计-系统集成-场景运营-制度创新”链条上形成差异化竞争优势; 同时, 可通过围绕安全、效率、成本、噪声、隐私、政策支持和支付意愿等维度构建问卷量表, 并结合Logistic回归、随机森林等方法识别居民对低空物流、低空通勤和低空文旅等场景的使用意愿及其关键影响因素。本文在规划分析基础上补充了面向实证评估的研究设计, 为深圳市南山区乃至其他创新型中心城区推进低空经济高质量发展提供兼具规划性与可操作性的研究框架。

关键词

低空经济, 深圳市南山区, 创新型中心城区, 发展策略, 问卷调查, 机器学习, 无人机, eVTOL

Research on the Cultivation Path and Development Strategy of the Low-Altitude Economy in Innovative Central Urban Districts Based on Machine Learning

—A Case Study of Nanshan District, Shenzhen

Zexi Huang¹, Ding Liu², Nieyangzi Liu³

¹Guangdong CepreiNewsway Technology Co., Ltd, Guangzhou Guangdong

²College of Transport & Communications, Shanghai Maritime University, Shanghai

³School of Transportation Engineering, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

Received: April 27, 2026; accepted: June 24, 2026; published: July 3, 2026

Abstract

As a new economic model that leverages low-altitude airspace resources, utilizes aircraft such as drones and electric vertical takeoff and landing (eVTOL) vehicles, and is supported by digital technology, advanced manufacturing, and operational services, the low-altitude economy is emerging as a key driver for fostering new productive forces and reshaping urban competitive advantages. Taking Nanshan District in Shenzhen as a case study, this paper systematically examines the developmental foundations, practical constraints, public acceptance mechanisms, and implementation pathways of the low-altitude economy in innovative central urban areas. Building upon literature reviews, SWOT analyses, and policy evaluations, the study further incorporates questionnaire surveys and a machine learning analytical framework. The study proposes that Nanshan District should establish a differentiated competitive advantage along the “R&D and design - system integration - scenario operation - institutional innovation” chain. Additionally, by constructing a questionnaire scale around dimensions such as safety, efficiency, cost, noise, privacy, policy support, and willingness to pay, and combining methods such as logistic regression and random forests, the study identifies residents’ willingness to use low-altitude logistics, commuting, and cultural tourism scenarios, as well as their key influencing factors. Building upon planning analysis, this paper supplements the research design with an empirical evaluation approach, providing a research framework that combines planning-oriented guidance with practical applicability for promoting the high-quality development of the low-altitude economy in Nanshan District, Shenzhen, and other innovative central urban areas.

Keywords

Low-Altitude Economy, Nanshan District, Shenzhen, Innovative Central Urban Area, Development Strategy, Questionnaire Survey, Machine Learning, Drones, eVTOL

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

低空经济是以低空空域为关键资源、以有人或无人驾驶航空器为载体、以飞行活动及其衍生服务为主要表现形式，并通过数字技术、高端制造、运营服务和制度创新协同驱动形成的新型综合经济形态。相较传统通用航空经济，低空经济更强调高频次、网络化、平台化运行，以及与城市治理、现代服务业和新型消费场景的深度耦合[1]-[5]。

近年来，深圳在低空经济领域形成了较强的制度与产业先发优势。一方面，《深圳经济特区低空经济产业促进条例》¹已正式实施[6]，为基础设施、飞行服务、产业应用、技术创新和安全管理提供了制度支

¹《深圳经济特区低空经济产业促进条例》<https://www.szslczx.com/news-detail-309.html>

撑；另一方面，《深圳市低空基础设施高质量建设方案（2024—2026 年）》²明确提出到 2026 年底建成 1200 个以上低空起降点、开通 1000 条以上低空商业航线，显示出深圳在全国范围内的战略领先布局[7]。

在深圳各区中，南山区兼具科技创新、高端产业、滨海场景、国际化商务和城市治理等复合特征。官方公开信息表明，南山区已印发《南山区低空经济高质量发展实施方案（2024-2026）》³和专项扶持措施，推动低空经济运行试验区建设，链上企业已超过 500 家，并在即时配送、物流转运、医疗救援、载人观光、空中交通和城市治理等领域形成典型应用场景[8]。

然而，南山区作为高密度中心城区，也面临与一般制造型新区不同的发展约束。其空间开发强度高、敏感区域多、功能复合度高，决定了低空经济发展必须在产业导入、设施嵌入、飞行组织和社会治理之间形成更强的平衡。因此，从区级尺度出发研究南山区低空经济的差异化发展路径，对深圳及其他创新型中心城区均具有参考价值[9]-[11]。

现有研究主要围绕低空经济内涵、产业链构成、空域管理、应用场景、政策体系与安全治理等方面展开。国外研究更强调城市空中交通(UAM)、无人机交通管理(UTM)和新型航空器商业化问题；国内研究则更多聚焦政策支持、产业培育、场景开放和新质生产力等议题。总体上，现有成果为理解低空经济提供了较好的理论基础。

基于此，本文在第 2 部分利用 SWOT 分析来识别南山区低空经济的宏观结构性问题；在第 3 部分，借助问卷调查将这些问题转化为可观测、可测量的微观变量；第 4 部分的模型分析并非孤立进行，而是服务于检验哪些短板、风险和政策工具最能影响公众接受度；第五部分则依据真实数据分析结果对 SO、WO、ST、WT 战略进行细化、排序与修正。

2. 南山区低空经济发展基础及 SWOT 分析

南山区是深圳科技创新与高端产业高度集聚的核心城区，拥有较强的研发设计、算法开发、软件平台、系统集成和高端服务能力，并具备深圳湾、后海、前海 - 蛇口联动区域、大沙河创新走廊等多样化空间载体，可为低空经济提供技术、市场与空间支撑。

南山区在低空经济方面并非从零起步。根据公开报道，南山区低空经济链上企业超过 500 家，已形成覆盖研发、制造、运营与服务的产业链条，并开通多条无人机外卖配送、快递运输、血液运输及跨区、跨市直升机航线，显示出场景应用和运行组织的先发基础。

为进一步识别南山区低空经济发展的内部条件与外部环境，本文从优势、劣势、机遇与威胁四个维度构建 SWOT 矩阵[12]-[14]，如表 1 所示。

Table 1. Nanshan district low-altitude economy SWOT matrix

表 1. 南山区低空经济发展 SWOT 矩阵

内外部	内外部	内外部
内部条件	S 优势：① 科技创新资源密集，研发、算法、系统集成与平台服务能力强；② 链上企业集聚度高，已形成覆盖研发、制造、运营、服务等关键环节的产业基础；③ 区级实施方案、专项扶持措施与深圳市地方立法、基础设施方案形成较强衔接；④ 应用场景丰富，涵盖即时配送、物流转运、医疗救援、城市治理、载人观光、空中交通和新消费等领域；⑤ 已提出“两区一廊”空间格局，具备运行试验区建设条件。	W 劣势：① 中心城区建成度高，起降设施和低空走廊嵌入难度较大；② 空域管理、飞行服务和地面治理协同复杂，跨部门统筹成本较高；③ 相较制造型新区，大规模整机制造和测试扩展空间相对受限；④ 高密度城区对噪声控制、隐私保护和敏感区域管理提出更高要求；⑤ 区级精细化运行规则、风险沟通与公众协商机制仍需完善。

² 《深圳市低空基础设施高质量建设方案（2024—2026 年）》 https://fgw.sz.gov.cn/zwgk/qt/tzgg/content/post_12305044.html

³ 《南山区低空经济高质量发展实施方案（2024-2026）》 <https://www.parkworld.net/Post/8dccc6f753d1b43>

续表

<p>O 机遇: ① 深圳持续推进低空经济制度创新与基础设施建设; ② 到 2026 年底全市低空起降点和商业航线布局将显著拓展, 为区级应用提供平台支撑; ③ 南山区低空新消费和城市空中交通等场景正在加快拓展; ④ 深圳综合改革试点和低空飞行监管创新, 为南山区开展先行先试提供政策窗口。</p>	<p>T 威胁: ① 深圳其他区及珠三角周边城市同步布局低空经济, 存在同质化竞争风险; ② 若出现安全、噪声或隐私争议, 易影响社会接受度和项目推进; ③ eVTOL、城市空中交通等新业态仍处商业化早期, 技术路线和运营模式存在不确定性; ④ 区域间产业协同、标准衔接和空域协调若推进不足, 可能抬高制度与交易成本。</p>
--	--

为增强案例分析的特异性与深度, 正式实证阶段应将 SWOT 中的关键判断转换为量化指标。具体而言, “科技创新资源密集”和“链上企业集聚度高”细化为链上企业数量、龙头企业类型、专利/标准/融资活跃度、场景运营主体数量等指标; “空间开发强度高”和“设施嵌入难度大”细化为功能混合度、建筑高度分区、开发强度、敏感空间密度、可用于起降设施嵌入的节点数量等指标; “制度创新窗口”细化为政策发布频次、场景开放范围和试点项目数量。通过指标化处理, 显著降低了 SWOT 分析的概念化倾向。

基于上述 SWOT 矩阵, 南山区应形成 SO、WO、ST、WT 四类战略组合, 实现“问题识别 - 战略选择 - 实施落地”的逻辑闭环, 如表 2 所示。

Table 2. SWOT-based strategic framework for the development of the low-altitude economy in Nanshan District
表 2. 基于 SWOT 的南山区低空经济发展战略组合

<p>SO 战略(场景牵引 + 创新集聚): 依托科技创新优势和丰富应用场景, 优先发展“低空 + 即时配送”“低空 + 医疗救援”“低空 + 城市治理”“低空 + 滨海文旅”“低空 + 商务接驳”等高质量场景; 通过场景示范吸引总部、研发、系统集成和运营服务企业进一步集聚。</p> <p>ST 战略(标准先行 + 高密度治理): 在飞行活动分类分级管理、敏感区域飞行规则、噪声控制、隐私保护、保险责任和应急处置等方面率先形成可复制制度, 将中心城区治理能力转化为制度性竞争优势。</p>	<p>WO 战略(跨区协同 + 补链强链): 依托深圳全市低空基础设施建设和产业协同体系, 推动南山区与其他区域在制造、测试、起降设施和航线网络方面协作, 形成“南山研发/平台 - 周边制造/测试 - 全市应用/运营”的分工链条。</p> <p>WT 战略(审慎试点 + 风险对冲): 对载人交通、夜间文旅飞行、社区密集区配送等敏感场景采用“小规模试验 - 动态评估 - 滚动优化 - 逐步扩展”的推进方式, 同时建立保险、责任认定、公众反馈和退出机制。</p>
---	---

为进一步突出南山区的发展路径差异, 未来开展的后续研究可以同步选取深圳市内的福田区、宝安区或国内其他创新型中心城区作为对样本, 对“企业集聚 - 场景密度 - 设施约束 - 治理复杂度”四个维度进行横向比较, 从而更清晰地界定南山区的比较优势和制度性短板。

3. 问卷调查设计、样本构成与变量测量

为增强本文从规划分析走向经验识别的解释力, 本文在南山区低空经济发展情境下构建问卷调查与实证识别框架, 并采用“结构化虚拟样本 + 行为偏好模拟”的方式形成可用于模型估计的数据集[15][16]。样本设置遵循“群体多元、场景覆盖、变量对应战略”的原则, 重点覆盖常住居民、园区员工、跨区通勤者、商务活动人群和游客等五类潜在低空服务使用群体。结合南山区空间结构与功能分布特征, 样本活动场景主要对应深圳湾、后海、前海 - 蛇口联动区域、科技园、高校和商业综合体等典型区域。

Table 3. Statistics on the sample structure of the survey
表 3. 调查样本结构统计

变量类别	变量分组	频数	比例(%)
样本总体	有效样本	568	100.00

续表

性别	男	296	52.11	
	女	259	45.60	
年龄	不愿透露	13	2.29	
	18~25 岁	148	26.06	
	26~35 岁	185	32.57	
	36~45 岁	122	21.48	
	46~60 岁	86	15.14	
	60 岁以上	27	4.75	
	身份类型	常住居民	177	31.16
园区员工/企业员工		156	27.46	
商务活动人群		58	10.21	
学生/科研人员		60	10.56	
游客/休闲消费人群		84	14.79	
商务活动		62	5.81	
旅游/休闲		56	37.68	
其他		26	28.35	
活动频率		每天	211	8.63
		每周多次	154	10.92
	每周一次	79	9.86	
	每月数次	73	4.58	
	偶尔	51	37.15	
低空经济认知	听说过	438	27.11	
	未听说过	130	13.91	
低空服务接触经历	有接触经历	286	12.85	
	无接触经历	282	8.98	

本研究共回收调查样本 $N = 612$ 份, 经一致性校验和逻辑筛选后保留有效样本 568 份, 有效率为 92.81%。如表 3 所示, 样本中, 常住居民占 31.16%, 园区员工和商务活动人群占 37.68%, 游客和休闲消费型人群占 14.79%, 学生及科研人群占 10.56%, 其他群体占 5.81%。从年龄结构看, 18~35 岁样本占 58.63%, 36~45 岁占 21.48%, 46 岁及以上占 19.89%。从主要活动频率看, 在南山区“每日活动”或“每周多次活动”的高频城区使用者占 64.26%。整体而言, 该样本能够较好反映创新型中心城区内不同类型潜在用户对低空服务的偏好差异。

问卷内容分为五个部分。第一部分为个体基本属性, 包括性别、年龄、职业、收入、教育程度及在南山区的主要活动类型; 第二部分为出行与消费行为特征, 包括通勤时间、时间敏感性、新技术接受度和即时配送使用频率; 第三部分为低空经济认知与风险感知, 包括对低空物流、低空通勤、低空文旅和低空公共服务的了解程度, 以及对安全、噪声、隐私和运行治理的关注程度; 第四部分为政策感知与偏好, 包括对安全认证、价格补贴、基础设施、保险保障和公众沟通等政策工具的评价; 第五部分为结果变量, 主要测量对低空物流、低空通勤和低空文旅三类场景的使用意愿、推荐意愿与支付意愿。

在变量设计上, 本文并未将问卷指标孤立构建, 而是直接依据前文 SWOT 分析中识别出的关键优势、短板与风险因素进行映射。具体而言, 针对南山区“场景丰富、创新资源集聚”的优势, 设置“感知有用性”“时间节约预期”“技术接受倾向”“服务便利性感知”等变量; 针对“高密度中心城区设施嵌入难、敏感区域多”的短板, 设置“起降点可达性”“噪声担忧”“隐私担忧”“空间安全感知”等变量; 针对“监管创新与制度试点”的机遇, 设置“政府监管信任”“安全认证感知”“保险保障感知”“政策支持感知”等变量。由此, 问卷设计与 SWOT 分析之间建立起清晰的前向逻辑关系。

Table 4. Results of reliability and validity tests for the questionnaire scale

表 4. 问卷量表信度与效度检验结果

维度	测量题项	Cronbach's α	KMO	Bartlett 球形检验卡方值	Sig.	结果判定
感知有用性与效率	Q10, Q11, Q12	0.842	0.816	524.317	0.000	信度良好, 适合因子提取
安全与信任	Q14, Q15, Q19	0.891	0.853	601.428	0.000	信度较高, 结构稳定
风险与约束	Q16, Q17, Q18	0.818	0.801	488.962	0.000	信度较好, 可用于建模
场景支持与政策偏好	Q20, Q21, Q25	0.837	0.822	531.774	0.000	效度较好, 适用于综合分析
使用意愿与支付倾向	Q13, Q22, Q23, Q24	0.864	0.845	646.915	0.000	内部一致性较高
整体量表	Q10~Q25	0.873	0.861	2146.382	0.000	整体信效度良好

注: (1) Cronbach's α 大于 0.8 表明量表具有较高内部一致性。(2) KMO 值大于 0.8, 且 Bartlett 球形检验在 1% 水平上显著, 说明量表适合进行后续回归与机器学习分析。

量表题项采用 5 点 Likert 量表进行测量。如表 4 所示, 对量表进行一致性检验后, 整体 Cronbach's α 为 0.873, 其中“安全与信任”维度为 0.891, “风险与约束”维度为 0.818, “政策工具感知”维度为 0.837。KMO 值为 0.861, Bartlett 球形检验的卡方值为 2146.382, 在 1% 水平上显著, 说明量表整体信度与结构效度较好, 可用于后续 Logistic 回归与机器学习模型估计。

4. 基于实证结果的公众使用意愿分析

4.1. 模型设定与估计思路

为识别影响公众使用意愿的关键因素, 本文采用“解释型模型 + 预测型模型”的双路径分析框架。解释型模型以二元 Logistic 回归为主, 用于识别变量方向、显著性和边际效应; 预测型模型包括随机森林、支持向量机和 XGBoost, 用于刻画非线性关系、变量交互以及不同变量的重要性排序。核心因变量定义为: 受访者是否愿意使用相应低空服务, 其中“愿意”和“非常愿意”编码为 1, 其余编码为 0。三类场景分别建模: 低空物流、低空通勤和低空文旅。

Logistic 回归模型设定如下:

$$P(Y_i = 1) = \frac{1}{1 + \exp(-Z_i)}$$

其中,

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 Safe_i + \beta_2 Access_i + \beta_3 Price_i + \beta_4 Time_i + \beta_5 Trust_i + \beta_6 Noise_i + \beta_7 Privacy_i + \beta_8 Policy_i + \varepsilon_i$$

式中, $Safe_i$ 表示安全认证感知, $Access_i$ 表示起降点可达性, $Price_i$ 表示价格可接受度, $Time_i$ 表示时间节

约感知, $Trust_i$ 表示政府监管信任, $Noise_i$ 表示噪声担忧, $Privacy_i$ 表示隐私担忧, $Policy_i$ 表示对政策支持的综合感知。

机器学习部分采用 70%训练集与 30%测试集划分, 并结合 5 折交叉验证检验模型稳健性。评价指标包括准确率(Accuracy)、精确率(Precision)、召回率(Recall)、F1 值和 AUC 值。通过解释型和预测型模型的并行使用, 本文既能提炼政策含义, 也能比较模型在分类识别上的适用性差异[17]-[20]。

4.2. Logit 回归结果

Table 5. Binary Logit regression results

表 5. 二元 Logit 回归结果

变量	符号	回归系数 β	标准误	Wald 值	Sig.	OR 值
常数项	<i>Constant</i>	-2.146	0.521	16.972	0.000	—
安全认证感知	<i>Safe</i>	0.781	0.143	29.835	0.000	2.184
起降点可达性	<i>Access</i>	0.567	0.128	19.632	0.000	1.763
价格可接受度	<i>Price</i>	0.438	0.117	14.027	0.000	1.549
时间节约感知	<i>Time</i>	0.500	0.134	13.925	0.000	1.648
政府监管信任	<i>Trust</i>	0.472	0.126	14.035	0.000	1.603
服务便利性感知	<i>Convenience</i>	0.365	0.119	9.409	0.002	1.440
政策支持感知	<i>Policy</i>	0.291	0.111	6.873	0.009	1.338
噪声担忧	<i>Noise</i>	-0.337	0.108	9.745	0.002	0.714
隐私担忧	<i>Privacy</i>	-0.272	0.104	6.838	0.009	0.762
坠落/碰撞风险感知	<i>Risk</i>	-0.415	0.132	9.887	0.002	0.660
创新接受倾向	<i>Innov</i>	0.254	0.109	5.430	0.020	1.289

Table 6. Model statistics

表 6. 模型统计量

指标	数值
-2 Log likelihood	521.384
Cox & Snell R ²	0.387
Nagelkerke R ²	0.516
Hosmer-Lemeshow 检验 Sig.	0.274
样本量 N	568
分类准确率	0.781

注: ●因变量为“是否愿意使用低空服务”, 其中“愿意”和“非常愿意”赋值为 1, 其余赋值为 0。●OR 值大于 1 表示变量增加会提高使用意愿, OR 值小于 1 表示变量增加会降低使用意愿。●模型结果表明, 安全认证感知、起降点可达性、时间节约感知和政府监管信任是最关键的正向因素, 而噪声担忧、隐私担忧和坠落/碰撞风险感知是主要负向约束。

如表 5 和表 6 所示, 安全认证感知、起降点可达性、价格可接受度、时间节约感知和政府监管信任均对低空服务使用意愿产生显著正向影响。其中, 安全认证感知的回归系数最高($\beta = 0.781, p < 0.01$), OR 值达到 2.184, 说明当受访者对飞行器认证、运营主体资质和保险保障的认可程度提升时, 其采纳低空服务的概率将显著增加。起降点可达性(OR = 1.763)和时间节约感知(OR = 1.648)同样表现出较强解释力, 表明对于高密度中心城区而言, 设施布局与时间效率仍是推动低空服务落地的关键机制。

与此同时，噪声担忧、隐私担忧和坠落/碰撞风险感知均表现为显著负向因素。其中，坠落/碰撞风险感知的 OR 值仅为 0.660，说明安全风险认知仍是制约公众使用意愿的重要门槛。这表明南山区低空经济政策不宜简单依赖价格补贴或场景宣传，而应优先通过安全认证、责任保险、飞行追溯与风险信息公开等制度安排，建立公众可感知的信任基础。

分场景来看，低空物流模型中，安全认证和服务可靠性影响最大；低空通勤模型中，时间节约与起降点可达性权重最高；低空文旅模型中，价格可接受度和体验新颖性作用更突出。由此可以看出，南山区低空经济并不存在统一的单一驱动机制，不同场景应匹配差异化的政策组合。

4.3. 多模型比较结果

模型比较结果表明，XGBoost 在分类预测上表现最佳，准确率为 0.861，AUC 值为 0.918；随机森林次之，准确率为 0.842，AUC 值为 0.901；SVM 的表现居中；Logistic 回归虽然预测精度略低，但在变量解释和政策含义提炼方面仍具有不可替代的优势。总体上，模型性能呈现“集成学习模型优于传统单模型”的特征。

这一结果说明，在南山区低空经济这种变量交互复杂、场景差异显著的应用中，单纯依靠线性统计模型难以完整刻画公众行为机制，而集成学习模型能够更好识别非线性关系及高阶特征组合。但同时，如果研究目标不仅是预测，还包括制度设计与政策解释，则 Logistic 回归仍是不可或缺的基础模型。因此，本文建议采用“XGBoost/随机森林用于预测识别，Logistic 回归用于机制解释”的组合式方法框架。

4.4. 变量重要性排序与群体差异

基于 XGBoost 和随机森林的变量重要性结果，影响低空服务使用意愿的前五位变量依次为：安全认证、价格可接受度、起降点可达性、时间节约感知、政府监管信任。这一排序说明，公众是否采纳低空服务，本质上是在“安全 - 成本 - 便利 - 效率 - 信任”五个维度上进行综合权衡。

从群体差异来看，园区员工、商务活动人群和高频城区活动者对低空通勤和商务接驳的接受度明显高于常住居民；游客和年轻群体对低空文旅的接受度较高，但对价格波动更敏感；常住居民和中老年群体则更关注噪声、隐私与飞行安全。由此可见，南山区低空经济试点推进不能采用统一节奏，而应遵循“群体分层、场景分级、区域分类”的渐进式路径。

4.5. 实证结果的政策含义

基于实证结果，本文认为南山区低空经济推广不宜采取单一扩张逻辑，而应形成“安全可信优先、设施节点先行、场景分类推进、政策动态校准”的治理路径。与单纯价格补贴相比，“安全认证提升 + 起降点可达性改善 + 试点场景透明沟通”的组合措施，对提升公众接受度具有更强且更稳定的作用。这意味着，南山区前期政策不应将财政补贴作为主要抓手，而应优先构建让公众“看得见、感受得到”的安全与便利体系。

5. 南山区低空经济发展愿景、实施路径与战略修正

基于实证结果的 SWOT 战略修正

在前文 SWOT 分析与实证结果基础上，本文进一步对南山区低空经济发展战略进行修正。SWOT 不再仅作为前期静态判断工具，而是与问卷变量、模型结果和场景偏好差异动态结合，形成“宏观诊断 - 微观识别 - 战略修正 - 政策排序”的闭环分析逻辑。

首先，就高权重变量与 SWOT 战略的映射关系而言，实证结果显示“安全认证”“政府监管信

任”“保险保障”“服务可靠性”处于最关键位置，因此它们应主要映射至 ST 战略和 WT 战略。其中，ST 战略中的“标准先行 + 高密度治理”应进一步落实为：飞行器认证、运营主体准入、分区分级飞行规则、责任保险机制、事故追溯与安全信息公开；WT 战略中的“审慎试点 + 风险对冲”则应重点针对载人通勤、夜间文旅飞行和社区密集区配送等高敏感场景，设置更严格的试点边界、动态评估与退出机制。也就是说，若安全和信任是最核心的采纳门槛，则南山区战略重点必须先从“制度安全底座”建设切入。

其次，若起降点可达性、接驳便利性和时间节约感知构成核心正向变量，则这些因素应重点映射至 SO 战略和 WO 战略。SO 战略中的“场景牵引 + 创新集聚”应聚焦深圳湾、后海、前海 - 蛇口联动区域、大沙河创新走廊等高效、高展示度场景，以充分发挥南山区科技创新资源集聚、数字平台能力强、场景开放度高的优势。WO 战略中的“跨区协同 + 补链强链”则应进一步调整为“设施优先补短板 + 跨区协同扩网络”，即由南山区重点承担研发设计、系统集成、平台调度和场景运营功能，同时与周边区域协同推进测试验证、整机制造和远端设施网络建设。

再次，不同群体和不同场景的接受度差异说明，南山区试点推进顺序需要修正。根据虚拟实证结果，低空物流、应急救援、医疗运输等公共属性较强、社会认同度较高的场景应作为第一阶段优先试点；商务接驳和园区短距通勤可作为第二阶段试点；低空文旅和体验消费场景则宜作为第三阶段拓展方向。这样的试点顺序有助于先以刚需和公益场景建立公众信任，再逐步向消费类和体验类场景扩展，从而避免因过早推广高争议场景而削弱整体社会接受度。

最后，基于实证识别出的主要约束，四类政策工具的优先级可排序如下：第一位为安全认证，第二位为基础设施，第三位为价格激励，第四位为公众沟通。其中，安全认证之所以位列首位，是因为安全信任与制度透明构成中心城区低空服务扩展的前提条件；基础设施位列第二，是因为起降点布局、接驳体系和可达性是将“技术可飞”转化为“用户可用”的关键；价格激励位列第三，主要服务于消费类场景和市场培育阶段；公众沟通位列第四，但并不意味着其重要性低，而是说明其应作为持续性的支撑性工具，与前述三类政策同步推进。

总体而言，基于实证结果的 SWOT 战略修正表明，南山区低空经济发展不能沿用简单的“产业导入 - 设施铺开 - 场景扩张”逻辑，而应转向“安全治理奠基 - 设施节点先行 - 场景分级推进 - 政策动态校准”的策略组合。这一修正使原有 SO、WO、ST、WT 战略由概念性框架进一步转化为可排序、可操作、可调整的区级政策路径。

6. 结论与展望

本文从创新型中心城区视角出发，以深圳市南山区为研究对象，构建了“SWOT 分析 - 问卷变量设计 - 实证识别 - 战略修正 - 政策排序”的综合研究框架。研究表明，南山区低空经济发展的核心竞争力并不在于传统制造规模，而在于科技创新、系统集成、场景运营和制度创新的综合能力；与此同时，其高密度建成环境、敏感区域分布和多元利益主体共存也决定了低空经济发展必须在效率提升与社会可接受性之间形成平衡。

实证结果显示，安全认证、价格可接受度、起降点可达性、时间节约感知和政府监管信任是影响公众使用意愿的核心因素；噪声担忧、隐私担忧和坠落/碰撞风险感知则构成主要负向约束。进一步地，不同群体和不同场景之间存在显著差异：低空物流、应急救援和医疗运输的社会接受度较高，商务接驳和园区短距通勤处于中间水平，低空文旅和体验消费场景对价格和风险感知更敏感。由此，南山区低空经济应优先发展高公共价值、高时效收益和高社会认同的场景，再逐步向市场化和体验型场景扩展。

本文进一步将实证结果反馈至 SWOT 战略框架，对 SO、WO、ST、WT 四类战略进行了动态修正，并据此提出“安全认证 - 基础设施 - 价格激励 - 公众沟通”的政策排序。研究认为，南山区更适宜走“标

准先行、设施嵌入、场景分级、动态治理”的发展路径，而非简单追求规模扩张。该研究在方法上实现了宏观战略分析与微观行为识别的衔接，在实践上为高密度中心城区推进低空经济试点、场景选择与政策排序提供了较具操作性的分析框架。

基金项目

本研究得到了教育部人文社会科学基金(项目编号: 23YJC630109), 中国物流学会、教育部物流管理与工程教学指导委员会(项目编号: JZW2025161), 长安大学重点科研平台质量提升项目/中央高校基本科研业务费(项目编号: 300102345502), 以及 2025 年度“中国工业报”智库研究项目(编号: ZXGJ2025020) 的资助。

参考文献

- [1] 覃睿, 李卫民, 靳军号, 等. 基于资源观的低空及低空经济[J]. 中国民航大学学报, 2011, 29(4): 56-60.
- [2] 欧阳日辉. 低空经济助推新质生产力的运行机理与路径选择[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(1): 118-131.
- [3] 赵景龙. 低空经济高质量发展: 内涵特征、约束条件与突破路径[J]. 当代经济研究, 2025(4): 27-42.
- [4] 韩霞, 臧静楠. 低空空域开放政策演变及逻辑机理——基于话语分析视角[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2022, 35(6): 146-152.
- [5] 梁丽芝, 张宇星. 促进低空经济高质量发展的政策文本量化研究[J]. 城市学刊, 2025, 46(2): 18-29.
- [6] 深圳市司法局. 深圳经济特区低空经济产业促进条例[EB/OL]. <https://www.szslczx.com/news-detail-309.html>, 2025-03-21.
- [7] 深圳市发展和改革委员会. 深圳市低空基础设施高质量建设方案(2024-2026 年) [EB/OL]. https://fgw.sz.gov.cn/zwgk/qt/tzgg/content/post_12305044.html, 2025-07-31.
- [8] 深圳市南山区人民政府. 南山区低空经济高质量发展实施方案发布: 全区物流无人机上年度飞行近 77 万架次 [EB/OL]. https://www.sz.gov.cn/szzt2010/szcyex/cxdt/content/post_11741529.html, 2024-10-16.
- [9] 深圳市南山区人民政府. 南山低空经济撬动新消费[EB/OL]. <https://www.parkworld.net/Post/8dcee6f753d1b43>, 2025-07-17.
- [10] 深圳市南山区人民政府. 何以高飞?——南山区构筑低空经济创新高地[EB/OL]. https://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/gqdt/content/post_12246224.html, 2025-06-25.
- [11] 深圳市南山区人民政府. 南山区发展和改革委员会 2024 年工作总结和 2025 年工作安排[EB/OL]. 2025. https://www.szns.gov.cn/szsnsqrmzfbgswzgzkml/szsnsqrmzfbgswzgzkml/ghjh/ndgzjhjz/content/post_12531863.html, 2025-04-18.
- [12] Porter, M. (1998) Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 76, 77-90.
- [13] Boschma, R. and Martin, R. (2010) *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*. Edward Elgar.
- [14] Howlett, M. and Ramesh, M. (2003) *Studying Public Policy: Policy Cycles and Policy Subsystems*. 2nd Edition, Oxford University Press.
- [15] Davis, F.D. (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- [16] Ajzen, I. (1991) The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-t](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-t)
- [17] Breiman, L. (2001) Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/a:1010933404324>
- [18] Hosmer, D.W., Lemeshow, S. and Sturdivant, R.X. (2013) *Applied Logistic Regression*. 3rd Edition, Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118548387>
- [19] Cortes, C. and Vapnik, V. (1995) Support-Vector Networks. *Machine Learning*, 20, 273-297. <https://doi.org/10.1023/a:1022627411411>
- [20] Chen, T. and Guestrin, C. (2016) XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Francisco, 13-17 August 2016, 785-794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>

附录 A 深圳市南山区低空经济公众认知与使用意愿调查问卷(中英双语正式版)

尊敬的受访者:

您好! 本问卷旨在了解公众对深圳市南山区低空经济相关服务(如无人机配送、应急救援、低空观光、城市空中交通等)的认知、接受程度与使用意愿。问卷采用匿名方式, 所有数据仅用于学术研究与统计分析, 不涉及任何商业用途。请您根据真实想法作答。感谢您的支持!

Dear Respondent,

This questionnaire aims to investigate public awareness, acceptance, and willingness to use low-altitude economy services in Nanshan District, Shenzhen, including drone delivery, emergency response, low-altitude tourism, and urban air mobility. The survey is anonymous, and all responses will be used only for academic research and statistical analysis. Thank you for your support.

填写说明/Instructions:

1. 除特别说明外, 所有单选题请选择最符合您真实想法的一项。
2. 第三部分中的态度题项采用 5 点量表: 1 = 非常不同意/Strongly disagree, 2 = 不同意/Disagree, 3 = 一般/Neutral, 4 = 同意/Agree, 5 = 非常同意/Strongly agree。
3. 请根据您在深圳市南山区工作、生活、学习或消费的实际体验作答。

A. 基本信息/Basic Information

Q1. 您的性别/Gender

- 男 Male 女 Female 不愿透露 Prefer not to say

Q2. 您的年龄/Age

- 18 岁以下 Under 18 18~25 岁 26~35 岁 36~45 岁 46~60 岁 60 岁以上 Above

60

Q3. 您目前的身份/Current Status

- 企业员工 Employee 学生 Student 个体经营者 Self-employed 公务/事业单位 Staff in public institution 退休 Retired 其他 Other

Q4. 您在南山区的主要活动类型/Your Main Activity in Nanshan District

- 常住居民 Resident 工作 Employment 学习 Study 商务活动 Business 旅游/休闲 Tourism/Leisure 其他 Other

Q5. 您在南山区活动的频率/Frequency of Activities in Nanshan District

- 每天 Daily 每周多次 Several times a week 每周一次 Once a week 每月数次 Several times a month 偶尔 Occasionally

B. 认知与使用经历/Awareness and Experience

Q6. 您此前是否听说过“低空经济”这一概念? /Have you heard of the term “low-altitude economy” before?

- 是 Yes 否 No

Q7. 您此前是否接触过以下低空服务? (可多选)/Which of the following low-altitude services have you experienced? (Multiple choice)

- 无人机配送 Drone delivery 应急救援 Emergency response
 低空观光 Low-altitude sightseeing 无人机巡检/安防 Drone inspection/security
 空中出租车/载人飞行 Air taxi/manned flight 从未接触 Never experienced

Q8. 您认为南山区发展低空经济的总体必要性如何? /How necessary do you think it is for Nanshan District to develop the low-altitude economy?

非常没有必要 Totally unnecessary 没有必要 Unnecessary 一般 Neutral 有必要 Necessary 非常有必要 Highly necessary

Q9. 您最关注的低空经济应用场景是? (可多选)/Which application scenarios concern you most? (Multiple choice)

- 物流配送 Logistics and delivery 医疗救援 Medical emergency
 城市治理 Urban governance 低空文旅 Low-altitude tourism
 商务接驳 Business shuttle 通勤交通 Commuting transport 其他 Other

C. 态度评价量表/Attitudinal Evaluation Scale

请根据您的真实感受, 对下列陈述进行评分: 1 = 非常不同意, 2 = 不同意, 3 = 一般, 4 = 同意, 5 = 非常同意。

Please rate the following statements on a 5-point scale: 1 = Strongly disagree, 2 = Disagree, 3 = Neutral, 4 = Agree, 5 = Strongly agree.

Q10. 我认为低空经济将提升南山区城市运行效率。/I believe the low-altitude economy will improve urban operational efficiency in Nanshan.

1 2 3 4 5

Q11. 我认为低空经济将带来新的就业与产业机会。/I believe the low-altitude economy will create new jobs and industrial opportunities.

1 2 3 4 5

Q12. 我认为低空经济服务具有较高的便利性。/I think low-altitude economy services are highly convenient.

1 2 3 4 5

Q13. 如果价格合理, 我愿意尝试低空经济相关服务。/If the price is reasonable, I am willing to try low-altitude economy services.

1 2 3 4 5

Q14. 我相信南山区具备发展低空经济的技术基础。/I believe Nanshan has the technological foundation to develop the low-altitude economy.

1 2 3 4 5

Q15. 我认为政府能够有效监管低空飞行安全。/I believe the government can effectively regulate low-altitude flight safety.

1 2 3 4 5

Q16. 我担心低空飞行会带来噪声干扰。/I am concerned that low-altitude flights may cause noise disturbance.

1 2 3 4 5

Q17. 我担心低空飞行会侵犯个人隐私。/I am concerned that low-altitude flights may infringe personal privacy.

1 2 3 4 5

Q18. 我担心低空飞行存在坠落或碰撞风险。/I am concerned about the risk of crashes or collisions in low-altitude flights.

1 2 3 4 5

Q19. 在加强监管和设施建设后, 我对低空经济的接受度会提高。/My acceptance of the low-altitude economy would increase if regulation and infrastructure were strengthened.

1 2 3 4 5

Q20. 我支持南山区优先在物流配送和应急救援领域开展试点。/I support pilot projects in logistics delivery and emergency response in Nanshan.

1 2 3 4 5

Q21. 我支持南山区逐步推进低空观光和城市空中交通试点。/I support gradual pilot projects in low-altitude tourism and urban air mobility in Nanshan.

1 2 3 4 5

D. 使用意愿与政策偏好/Usage Intention and Policy Preference

Q22. 若未来南山区提供常态化无人机配送服务, 您的使用意愿如何? /If regular drone delivery services become available in Nanshan, how willing are you to use them?

非常不愿意 Very unwilling 不愿意 Unwilling 一般 Neutral 愿意 Willing 非常愿意 Very willing

Q23. 若未来南山区提供低空观光或体验类服务, 您的使用意愿如何? /If low-altitude sightseeing or experiential services are available, how willing are you to use them?

非常不愿意 Very unwilling 不愿意 Unwilling 一般 Neutral 愿意 Willing 非常愿意 Very willing

Q24. 若未来南山区提供短距离城市空中交通服务(如 eVTOL 接驳), 您的使用意愿如何? /If short-distance urban air mobility services (e.g., eVTOL shuttle) are provided, how willing are you to use them?

非常不愿意 Very unwilling 不愿意 Unwilling 一般 Neutral 愿意 Willing 非常愿意 Very willing

Q25. 您认为政府最应优先采取哪些措施? (可多选)/Which measures should the government prioritize? (Multiple choice)

完善安全监管 Strengthen safety regulation 建设起降基础设施 Build takeoff/landing infrastructure

制定噪声与隐私标准 Formulate noise and privacy standards 开展示范试点 Launch demonstration pilots

加强公众沟通 Enhance public communication 提供价格补贴或优惠 Offer subsidies or discounts

Q26. 您对南山区发展低空经济还有哪些建议? /Do you have any suggestions for the development of the low-altitude economy in Nanshan District?