

居民低空经济使用意愿影响因素研究

曾佳怡, 张 宽, 王一帆, 朱孜嘉

杭州电子科技大学经济学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年12月5日; 录用日期: 2025年12月28日; 发布日期: 2026年1月7日

摘 要

低空经济作为融合低空飞行活动与产业发展的新兴经济形态, 其发展成效最终需由居民的使用体验与获得感来检验。本研究聚焦于杭州市余杭区居民, 通过分层PPS抽样方法收集了389份有效问卷, 并构建了一个包含生活便利、社会公平、隐私安全、宏观愿景、居民信心与消极因素等多个潜变量的结构方程模型。研究发现: 居民信心是驱动使用行为的最关键因素, 而宏观愿景需通过提升信心才能间接促进使用, 其直接效应并不显著。同时, 生活便利显著正向影响使用意愿, 而社会公平不仅能直接促进使用, 还是化解消极因素的最有效路径; 反之, 对隐私安全的关切则会显著加剧公众的负面担忧。最后从政府与企业两个层面提出针对性建议。

关键词

低空经济, 结构方程模型, 使用意愿

Research on Factors Influencing Residents' Usage Intention of the Low-Altitude Economy

Jiayi Zeng, Kuan Zhang, Yifan Wang, Zijia Zhu

College of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang

Received: December 5, 2025; accepted: December 28, 2025; published: January 7, 2026

Abstract

As an emerging economic paradigm that integrates low-altitude flight activities with industrial development, the low-altitude economy must ultimately be validated by residents' usage experience and sense of gain. Focusing on residents of Yuhang District in Hangzhou, this study collected 389 valid questionnaires through stratified PPS sampling and constructed a structural equation model

文章引用: 曾佳怡, 张宽, 王一帆, 朱孜嘉. 居民低空经济使用意愿影响因素研究[J]. 应用数学进展, 2026, 15(1): 61-69. DOI: 10.12677/aam.2026.151008

that incorporates latent variables such as life convenience, social equity, privacy security, macro vision, residents' confidence, and negative factors. The results show that residents' confidence is the most critical driver of usage behavior, whereas macro vision influences usage only indirectly by enhancing confidence; its direct effect is insignificant. Life convenience exerts a significant positive impact on usage intention, while social equity not only promotes usage directly but also serves as the most effective pathway to mitigate negative factors. Conversely, concerns over privacy security significantly intensify public worries. Finally, targeted recommendations are provided from both government and corporate perspectives.

Keywords

Low-Altitude Economy, Structural Equation Model, Usage Intention

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. 引言与文献综述

低空经济作为低空飞行活动与产业融合的新型经济形态，低空飞行活动涉及市民交通和生活的多个方面，因此低空经济是一项面向居民的工程，居民也是对其成果的直接检验者。因此，余杭区作为杭州市低空经济发展前线之一，在大力发展低空经济的同时，也做出了一些惠及居民的举措。低空经济在杭州市余杭区大放异彩，截至目前，余杭区已建成无人机公共起降场 2 个、起降点 62 个，开通各类无人机航线 86 条。近年来，余杭持续推进机械强农和科技强农工作，依靠无人机和机械化农业“大军”，智慧农业、农业文旅快速发展，“扔掉锄头飞起无人机”，美丽乡村成为现实。同时余杭公立医疗机构已开展多条无人机转运航线，用于运输紧急医疗物资，为患者提供更便捷、高效的医疗服务。这些举措在客观上惠及了余杭区居民，但居民对这些措施的评价以及背后的影响因素报道较少。因此，调查余杭区居民对低空经济的总体感知、影响角度，进而得出低空行业相关对策因素，对低空经济的进一步优化具有强烈的现实意义。

在此之前，就有多位学者对低空经济对居民的具体影响进行了不同角度的研究分析。在生活直接影响方面，乔莉等(2025)基于 3D 无人飞行的视角，提出低空交通服务能提供点对点的便捷出行，缩短城市间出行时间，低空交通服务节点逐步扩大和便利化，进一步吸引用户[1]。从个人隐私保护角度，杨耀广(2024)认为智能无人机已被广泛应用于城市民生服务。物理距离的缩小也使其侵权风险更具现实威胁。智能无人机强大的数据采集功能为侵害个体隐私提供了技术支撑，“智能无人机配送”必然伴随侵害个体隐私权益的情形，导致个体对“智能无人机配送”产生负面评价[2]。蒋都都(2025)基于多部门法的协同路径，指出需要强化低空飞行信息隐私的侵权预防与救济制度[3]。就居民公平性而言，张玉洁(2025)以法律的视角，指出法律对低空经济的积极影响就应当展现在两个方面：一是科学配置资源，保障效率；二是微调收益分配，实现公平[4]。豆书龙等(2025)也认为低空经济主体公平能够激发来自平民的经济潜力，经济效率与主体公平间的关系体现在低空经济发展既要看到其蕴藏的巨大经济潜力，也要关注主体间权益的平衡。中国收入分配的阶级性和区域禀赋的差异性注定低空经济发展初期难以惠及全体人民，但其发展过程中带来的负面影响更不能转嫁至平民身上[5]。

上述文献都从不同角度深入研究了市民对低空经济因素，但都聚焦于单一角度，在这些因素在市民角度的重要性顺序方面缺少有效的结论。我们在此基础上，结合居民展望低空经济与新质生产力发展的

未来愿景，并了解市民有关低空经济的信心水平，结合上述影响因素和对策检验作进一步的研究。

2. 样本收集与样本特征

根据 2024 年杭州政府网站数据，余杭区人口数为 142.2 万人。考虑到问卷包含新兴产业发展和工作生活影响内容，儿童和老年群体对问卷内容了解度相对较低，因此排除这两个群体。通过查询杭州统计年鉴数据，余杭区户籍人口中，18~59 岁占比为 57.1%。假设余杭区人口结构与户籍人口结构一致，可以估计调查总体大小 $N = 81.20$ 万人。当显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时，设定最大相对误差 $\Delta p = 0.05$ 。由于低空经济作为新兴行业，对市民了解情况研究的相关文献较少，因此假定市民的平均了解率为 50%，使得所需样本数达到最大，然后根据有限总体简单随机抽样的样本量公式，得所需的有效样本数为 384 份。

考虑到问卷内容对普通民众可能相对陌生，涉及行业相对新兴化，因此问卷的无效率可能相对其他社会调查问卷高，暂时设定问卷无效率 $r = 0.15$ ，得到最后所需的样本数为 384 份。

通过查找资料，我们发现余杭区不同区域的低空经济试点项目的覆盖密度不同，尤其是低空配送这一居民使用相对频繁的项目。因此，本次抽样采用三阶段，分层 PPS 抽样方法，通过街道 - 社区 - 配送服务点的多层次抽选，得到最终的样本单位。根据余杭区内 6 条低空配送试点线路信息的整理情况，剔除已经停运的路线后，将各街道(镇)根据是否有正常运营的配送或收货点分为试验区和非试验区。为了准确反映两区域之间的差异，总问卷量的初次分配按照这两个区域的人口比进行分配。在初次分配后在每个区域按人口比例进行 PPS 抽样抽取 2 个街道(镇)。本次抽样采取代码法，通过收集各街道(镇)人口数据，并进行累加和编码，然后可重复地生成两个从 1 到试验区/非试验区所有街道(镇)人口总数范围内的随机数，随机数对应的街道(镇)入样。由于不同街道规模差异巨大，低空经济水平也不同，这种抽样方式依据人口数量的多少决定入样的概率，确保样本分布与实际人口分布一致，减少了样本由于“抽样漂移”问题造成的代表性失衡。最终抽样结果如下表 1、表 2 和图 1 所示。

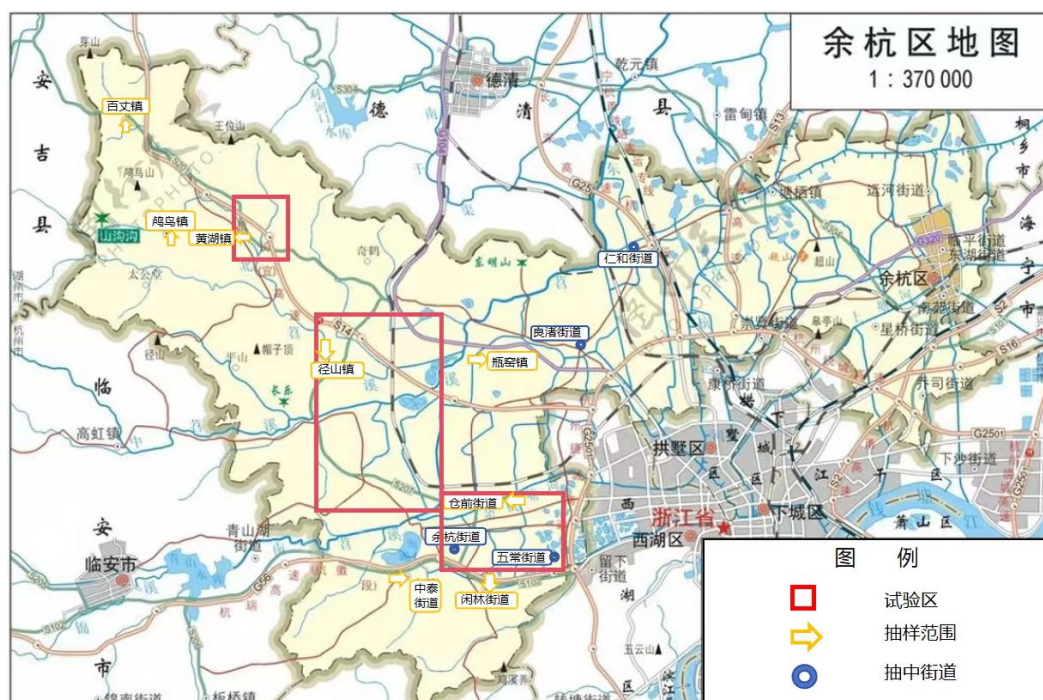


Figure 1. Overall sampling plan visualization map
图 1. 总体抽样方案可视化地图

Table 1. Pilot-area sample data information
表 1. 试验区抽样数据信息

名称	人口数/人	最小随机值	累计人口数/人 (最大随机值)
仓前街道	119,398	1	119,398
黄湖镇	15,247	119,399	134,645
径山镇	38,009	134,646	172,654
五常街道	139,801	172,655	312,455
余杭街道	157,128	312,456	469,583

Table 2. Sampling data information outside the test zone
表 2. 非试验区抽样数据信息

名称	人口数/人	最小随机值	累计人口数/人 (最大随机值)
百丈镇	9359	1	9359
良渚街道	326,157	9360	335,516
鸬鸟镇	9910	335,517	345,426
瓶窑镇	90,602	345,427	436,028
仁和街道	124,336	436,029	560,364
闲林街道	143,807	560,365	704,171
中泰街道	52,919	704,172	757,090

收集问卷共 447 份，根据问卷是否有漏填和填写是否合理来剔除无效问卷，最终获得 389 份有效样本，样本特征如下表 3 所示：

Table 3. Distribution of basic sample information
表 3. 样本基本信息分布情况

变量	占比(%)	变量	占比(%)	变量	占比(%)
性别		高中	17.5	专业技术人员	12.3
男	51.7	大专	20.1	办事人员和有关人员	13.6
女	48.3	本科及以上	41.3	生产制造、运输设备操作人员	9.3
学历		职业		国家机关、党群组织、企事业单位负责人	6.9
小学及以下	9.0	学生	14.9	农林牧渔、水利业生产人员	2.1
初中	12.1	商业、服务人员	32.6	其他从业人员	8.3

3. 结构方程的建立与求解

3.1. 基本假设与数据总述

参考乔莉[1]、杨耀广[2]、张玉洁[4]等人的研究,和《低空经济助力农民农村共同富裕:内在逻辑与创新路径》[6]等文献资料,经过整理与总结,本文将外生因子设定为居民生活便利、社会公平、隐私安全、宏观愿景,内生因子设定为低空经济使用情况、居民信心和消极因素影响。并参照文献资料确定了各个潜变量的观察变量,并提出以下的研究假设。模型的可视化结果如图2所示。

- H1: 居民生活便利的得分越高,居民越愿意使用低空经济。
- H2: 居民社会公平的得分越高,居民越愿意使用低空经济。
- H3: 居民宏观愿景的得分越高,居民越愿意使用低空经济。
- H4: 居民信心水平的得分越高,居民越愿意使用低空经济。
- H5: 低空经济负面因素会降低居民使用低空经济的水平。
- H6: 社会公平保障会降低低空经济负面因素的影响。
- H7: 居民对隐私安全的重视提升会降低低空经济负面因素的影响。
- H8: 居民的宏观愿景能够提升居民对低空经济的信心。

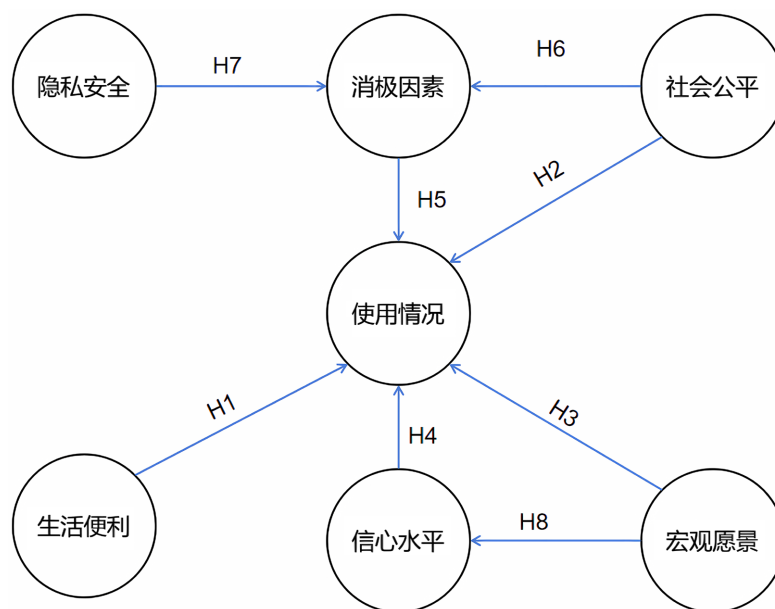


Figure 2. Conceptual model of residents' low-altitude economy adoption factors
图 2. 居民低空经济使用因素概念模型

进行信度与效度检验。结果表明模型的各项信度指标均达到可接受标准:所有构念的组合信度值均大于 0.6,且各观测变量在其对应潜变量上的因子载荷均超过 0.7,这表明测量模型具有较好的内部一致信度,观测指标能有效反映其潜变量特质。

在效度方面,模型同时具备良好的收敛效度与区分效度。所有潜变量的平均变异抽取量均大于 0.5 的标准,说明观测变量能够充分有效地提取其对应潜变量的变异,收敛效度理想。进一步通过 Fornell-Larcker 准则检验区分效度发现,各潜变量的平均变异抽取量平方根均大于该变量与其他所有潜变量之间的相关系数,这一结果为模型的区分效度提供了有力支持。

3.2. 模型求解和检验

使用 smartpls 4.0 对模型进行分析处理, 运用非参数 Bootstrap 方法进行检验, 该方法只依靠样本数据, 采用构造 5000 个样本并计算总效应系数的估计值, 得到该结构方程的路径系数如表 4 所示。图 3 是对路径系数的可视化展现。

Table 4. Path coefficient table
表 4. 路径系数表

	路径系数	标准差(STDEV)	t	P
社会公平->消极因素	-0.590	0.065	9.072	0.000
社会公平->使用情况	0.158	0.093	1.692	0.045
宏观愿景->使用情况	0.051	0.107	0.480	0.316
隐私安全->消极因素	0.182	0.066	2.761	0.003
生活便利->使用情况	0.193	0.092	2.107	0.018
宏观愿景->居民信心	0.548	0.081	6.774	0.000
居民信心->使用情况	0.602	0.093	6.466	0.000
消极因素->使用情况	-0.221	0.082	2.695	0.007

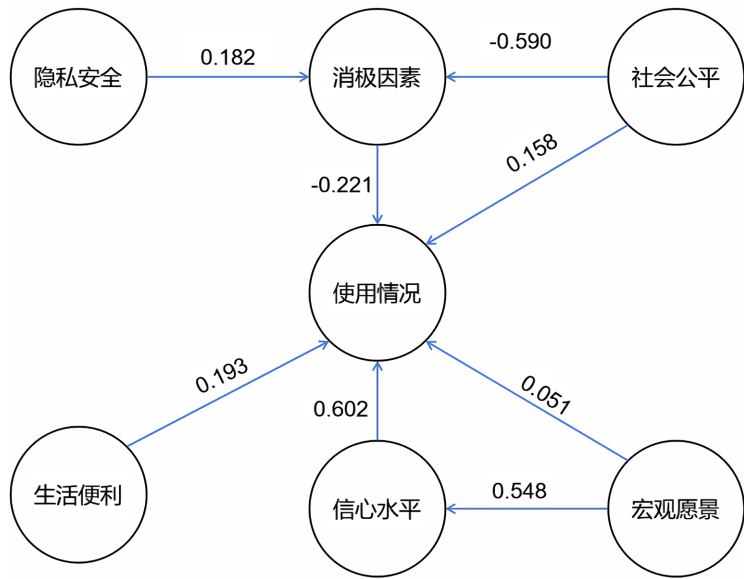


Figure 3. Structural equation path diagram
图 3. 结构方程路径图

上述各项效应中, 除了宏观愿景和使用情况之间, p 值均小于 0.05。路径系数在有关消极因素方面均为负数, 其余均为正数。说明宏观愿景和使用情况之外的效应值根据原假设的方向显著大于或小于 0。但是居民信心对于使用情况和 社会公平 都显著。由此可得, 宏观展望和使用情况直接关系是不显著的, 可能存在其他的间接因素连接。这也验证了之前除了 H3 之外所提出的假设。

对于 H3 的验证,可以考虑中介变量的影响。根据表 4 内容,居民的信心水平能够显著影响低空经济使用情况,而宏观展望也与信心水平显著,因此信心水平可能是一个良好的中介变量。继续通过 Bootstrap 法进行验证宏观展望->居民信心->使用情况的中介效应。效应系数为 0.330,标准差为 0.082 ($t = 4.047, p = 0.000$)。这表示结果是显著的,居民宏观愿景的得分越高,居民确实越愿意使用低空经济。

形成型测量模型的评估指标主要包括权重值(表明指标对构面的贡献度)、权重的显著性检验和指标的多重共线性诊断三个部分。前两项已经出现在之前的分析中,而最后一项可由组合信度和因子水平中 VIF 一栏得出。根据表 4 数据,所有单个变量的 VIF 值均小于 5,因此可认为结构模型不存在共线性问题。

接下来进行模型的效果评价(表 5):

Table 5. R-square of the mediating variable
表 5. 中介变量的 R-square 值

	R-square
居民信心	0.301

针对宏观愿景和居民使用低空经济这一个场景,之前的分析中,居民信心被选择为中间变量,能够解释此过程中居民使用意愿 30.1%的变异方差,中介变量选取具有一定的解释性和合理性。

衡量结构方程模型拟合度的常用指标是:规范卡方值(CMID/DF)、拟合度指标(GFI)、规范拟合度指标(NFI)、近似均方根误差(RMSEA)等。表 6 展示了本次研究中这些指标的数值。

Table 6. Model fit index table
表 6. 拟合度评价表

指标	指标值	要求	结论
CMID/DF	4.316	可接受: <5	可接受
GFI	0.837	可接受: >0.8	可接受
NFI	0.864	可接受: >0.8	可接受
SRMR	0.098	可接受: <0.1	可接受

根据表格内容,各项指标基本符合标准,说明模型拟合度可以接受,基本能够满足对数据的适应水平。

本节内容研究最核心的发现是:居民信心是驱动低空经济使用的关键中介桥梁,而宏观愿景必须通过提升信心才能有效促进使用行为。

我们在此基础上,具体分析以上因素的影响机制。可以得到,生活便利角度下,低空设备通过无人送餐与物流服务和建立空中快线缓解交通压力等手段,以可接受的成本节省了居民宝贵的时间资源,居民对这种高效经济方式认可,逐渐接受使用低空经济。居民的宏观愿景(如支持建设起降点、相信能创造就业)并不能直接导致使用行为(路径不显著),但它能极显著地提升居民信心。而居民信心则对使用行为有着强大且直接的正向驱动作用。这意味着,单纯描绘低空经济的发展蓝图是不够的,因为居民对低空经济的期望是实际的物质获利,这是愿景本身的提出无法直接解决的。必须将这种愿景转化为居民实实

在的信任与信心。政府和企业需要通过确保安全、保护隐私、证明便利性与公平性等措施来建立信任，信心才是将意愿转化为行为的核心引擎。此外，研究还揭示了社会公平和隐私关切的作用：公平的低空社会和法律体系通过调整收益的分配调整制度，使得平民不再是低空科技发展中的牺牲者。弱势群体对低空经济特殊需求能够被注意和解决。低空经济不再是少数人群的专属享受，从而化解弱势群体的怀疑，提升其体验感和使用忠诚度。而公众对隐私安全的重视会提升居民对低空法律和相关服务提供者对自身敏感数据非透明性操纵的怀疑，自身隐私泄露的潜在损失的重视将转化为对低空经济的负面影响。这要求管理方必须对个人信息保护在低空经济盛行的环境下产生的全新挑战做出格外关注和有效回应。

4. 结论与建议

根据本研究的实证结果，生活便利、社会公平、隐私安全、宏观愿景这四方面的相关因素对居民低空经济使用的情况和意愿具有直接或间接的影响。基于这些发现，以下是对政府和低空企业未来具体发展角度优化市民使用频率和体验感的策略建议。

一、政府层面

对于政府而言，应发挥统筹引领作用，积极构建一个安全、包容、可持续的低空经济生态。

针对社会公平对消极因素的强抑制作用($\beta = -0.590$)，实施“普惠低空”基础设施计划：在规划布局中注重区域均衡，避免资源过度集中于商业中心或科技园区，适当向老旧小区和农村地区倾斜，设置便民起降点，确保全体市民平等享受低空经济带来的便捷。这不仅能直接提升使用意愿($\beta = 0.158$)，更是从根本上预防和消解公众负面情绪、赢得广泛社会支持的最有效策略。

为应对隐私安全关切加剧公众忧虑的显著影响($\beta = 0.182$)，对于居民安全与隐私方面，健全法规与标准体系，具体的形式包括以下几点。出台地方性实施细则，在国家法律法规框架下，细化低空飞行器运行安全、噪音控制、数据采集与隐私保护等方面的地方标准和规范，厘清企业责任与用户权利的边界。建立“黑飞”预警与应急响应体系，整合公安、交通、应急管理等力量，构建无人机监控网络，实现对未经授权的飞行行为做到快速识别、精准定位和及时处置，切实保障公共安全。

鉴于宏观愿景通过显著提升居民信心($\beta = 0.548, p < 0.001$)来间接驱动使用，政府在提升居民宏观愿景以提升居民使用信心的角度，强化产业扶持与人才引进，聚焦关键核心技术攻关：设立低空经济产业补贴，重点支持在飞行控制、避障算法、电池续航、降噪技术等关键领域的研发与创新。同时加快多层次人才梯队建设：与在杭高校、职校合作，设立低空经济相关专业和实训基地，培养从研发工程师到运营维护员的复合型人才，为产业持续发展提供坚实支撑。提升宏观愿景可以直接提升居民使用信心的角度，而提升居民使用信心也可以直接提升居民低空服务使用率。

二、企业层面

对于低空经济企业，作为低空经济的实践主体，其运营行为直接影响市民的体验与评价。本研究总结以上市民调查分析结论，特此提出以下建议：

基于生活便利对使用情况的直接正向影响($\beta = 0.193, p < 0.05$)，在居民便利性角度，制定清晰明确的客户市场定位。对于一般收入群体，加快无人机行业基础设施建设和成本优化，让这个群体也能够无负担长期使用这些服务。对于更高收入群体，分析现有居民出行的特殊需求，重点发展现有交通体系无法有效满足需求的线路，在这些尚未完备的交通线路上减少居民出行时间。对于老客户，促进与传统业态融合：联合传统商铺、农场、景区等，打造“低空+”“无人机+”特色服务，如无人机采摘体验、空中观光路线等，培育新的消费增长点，提升客户忠诚度。

在提升服务公平性角度，推行“无障碍设计”：在 APP 界面、操作流程中融入语音交互、大字体、简洁图标等适老化和无障碍功能，降低使用门槛，让科技惠及更广泛人群。并通过线下相关人员现场指

导,帮助市民消除使用障碍。同时强化向特殊群体的服务创新,通过接受政府补贴等方式,开发适用于医疗急救、老年送餐、残疾人物资配送等公益性质的无人机应用,传递科技人文关怀。

直面隐私关切对消极因素的放大效应($\beta = 0.182$),在保护客户隐私方面,严守安全与隐私保护底线,践行“数据最小化”原则:严格限制非必要数据的收集,对用户数据进行匿名化处理,并运用加密技术保障数据传输与存储安全。接受政府的数据安全认证,公开数据使用政策,明确哪些数据收集范围、使用途径与保护措施,主动接受社会监督。

致 谢

本文在叶仁道和刘干老师指导下完成。

基金项目

本文受到 2024 年浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划项目(2024R407A029)的支持。

参考文献

- [1] 乔莉,霍达,顾雯嘉,等.低空经济现代化发展的路径优化研究——基于 3D 无人飞行的视角[J].科学管理研究, 2025, 43(2): 29-38.
- [2] 杨耀广.低空经济视域下隐私权益保护研究[D]:[硕士学位论文].广州:广州大学,2024.
- [3] 蒋都都.中国低空经济发展的体系化法治回应——基于多部门法的协同路径[J].湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2025, 49(1): 79-87.
- [4] 张玉洁.法政策学视角下低空经济的法治保障研究[J].交大法学, 2025(1): 101-113.
- [5] 豆书龙,张世伟,丁大增.低空经济文献综述:研究流派与学术反思[J].重庆社会科学, 2025(6): 48-65.
- [6] 樊振伟.低空经济助力农民农村共同富裕:内在逻辑与创新路径[J/OL].西北农林科技大学学报(社会科学版), 1-11. <https://link.cnki.net/urlid/61.1376.C.20251015.1359.002>, 2025-11-28.