

抚州康养名城建设的成本效益匹配与可持续性量化评估

陈国林^{1*}, 欧阳文², 刘璐³, 周思健⁴

¹赣东学院基础教学部, 江西 抚州

²赣东学院机械与电子工程学院, 江西 抚州

³赣东学院经济管理学院, 江西 抚州

⁴赣东学院信息工程学院, 江西 抚州

收稿日期: 2025年11月17日; 录用日期: 2025年12月11日; 发布日期: 2025年12月22日

摘要

基于成本效益分析、供需计量模型与熵值法, 对抚州康养产业的经济性、供需匹配度与可持续性进行系统测算。结果显示, 项目净现值达20.35亿元, 内部收益率13%, 经济可行; 生活照料服务缺口居首, 农村尤为突出; 2024年可持续发展综合得分升至0.80, 用户满意度权重最大。据此提出动态补贴、精准匹配供需、推广绿色技术, 为抚州康养名城高质量跃升提供决策支撑。

关键词

康养产业, 政策建议, 成本效益, 熵值法

Quantitative Evaluation of Cost-Benefit Alignment and Sustainability in Fuzhou's Wellness City Development

Guolin Chen^{1*}, Wen Ouyang², Lu Liu³, Sijian Zhou⁴

¹Department of General Education, Gandong University, Fuzhou Jiangxi

²School of Mechanical and Electronic Engineering, Gandong University, Fuzhou Jiangxi

³School of Economics and Management, Gandong University, Fuzhou Jiangxi

⁴School of Information Engineering, Gandong University, Fuzhou Jiangxi

Received: November 17, 2025; accepted: December 11, 2025; published: December 22, 2025

*通讯作者。

文章引用: 陈国林, 欧阳文, 刘璐, 周思健. 抚州康养名城建设的成本效益匹配与可持续性量化评估[J]. 应用数学进展, 2025, 14(12): 439-452. DOI: 10.12677/aam.2025.1412520

Abstract

Based on cost-benefit analysis, supply and demand measurement models, and entropy method, a systematic assessment was conducted on the economic viability, supply-demand matching, and sustainability of the health and wellness industry in Fuzhou. The results show that the project has a net present value of 2.035 billion yuan and an internal rate of return of 13%, indicating economic feasibility; the largest gap exists in the supply of daily living care services, especially in rural areas; the comprehensive score for sustainable development in 2024 has risen to 0.80, with customer satisfaction carrying the greatest weight. Accordingly, it is proposed to implement dynamic subsidies, precisely match supply and demand, and promote green technologies to provide decision-making support for the high-quality leap of Fuzhou as a health and wellness city.

Keywords

Wellness Industry, Policy Recommendations, Cost-Effectiveness, Entropy-Weight Method

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

作为新时代养老服务新业态，智慧养老服务是积极应对老龄化的重要举措之一[1]。抚州市凭借优越的生态环境与逐步完善的医疗卫生健康体系，将“打造康养名城”列为城市发展战略的重要目标，但现阶段的康养产业在规模化、产业化推进过程中仍面临关键瓶颈。一方面，成本与效益的动态平衡缺乏科学的量化分析的支撑，政府补贴与市场投入的边界模糊；另一方面老年群体的服务需求与供给能力存在结构性和区域性不协调，农村与城市、低龄与高龄群体的供需缺口差异显著；此外，产业可持续性发展的评价维度分散，社会覆盖度、经济可行性和环节友好性的协同机制尚未明确。

针对当前人口老龄化及养老资源分布不均问题，现有研究大多聚焦于发展路径规划[2]-[5]，但对经济性分析研究较少，成本效益评估大多依赖于定性描述，缺少动态评估模型进行量化分析、长期测算；供需关系研究侧重宏观趋势判断，未通过计量模型量化价格、收入等核心变量；可持续性发展评估则多为单一维度评价，缺乏多指标加权的综合量化体系。这种“定性为主，量化不够”的现状，难以支撑抚州智慧养老康养产业资源配置的精准决策。

2. 成本效益分析

为科学合理评估康养项目的长期经济可行性，量化成本与收益之间的动态关系，本文对抚州康养产业成本与收益进行建立数学模型分析，研究康养产业的项目经济是否可行[6]。

(一) 数据处理与分析

通过收集抚州市 2019~2024 年民政局《养老机构运营年报》、抚州市发改委《康养产业固定资产投资统计》等相关数据，统计抚州市 2019~2024 年康养产业总成本(包括运营和维护)、总收益等数据，将数据汇总整理可视化为如图 1 所示。

(二) 建立成本效益分析模型

以 2019~2024 年抚州市康养产业相关数据为依据，建立成本效益分析模型，研究抚州康养产业的可行

持续性发展。为符合实际情况和康养产业长期运营特性，参考抚州地方政府债券利率，假定基准折现率为 5%，服务收费收入按照年均 8% 增长。

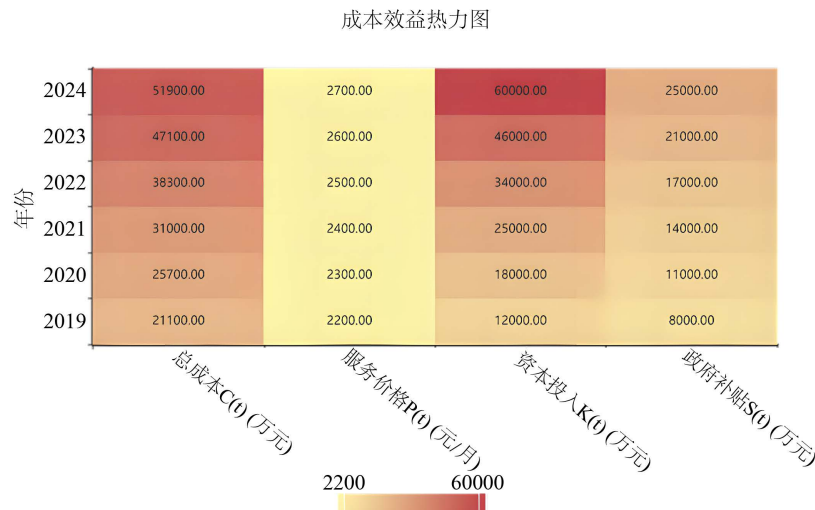


Figure 1. Cost-benefit thermal diagram
图 1. 成本效益热力图

定义

$$C_{\text{固定}}(t+1) = C_0 \cdot (1 + g_{\text{固}})^t \quad (1)$$

其中， $C_{\text{固定}}(t+1)$ 表示第 $t+1$ 年康养产业固定成本， C_0 表示初始固定成本， $g_{\text{固}}$ 表示固定成本年增长率，对抚州市 2019~2024 年康养产业固定成本的年度数据计算，年均复合增长率为 2.87%，故取 $g_{\text{固}}$ 为 3%，且 3% 与近 5 年抚州市居民消费价格指数(CPI)年均涨幅(2.7%~3.2%)基本一致，符合固定成本“稳健增长”的特性。

定义

$$C_{\text{变动}}(t+1) = C_0 \cdot 1.5 \cdot D(t) \cdot (1 + g_{\text{变}})^t \quad (2)$$

其中， $C_{\text{变动}}(t+1)$ 表示第 $t+1$ 年康养产业可变成本， $g_{\text{变}}$ 表示康养产业可变成本年增长率，1.5 为可变成本与初始固定成本、服务需求量的比例系数，根据抚州市 2019~2024 年康养产业可变成本数据发现，可变成本的变动幅度平均为每年“初始固定成本 $C_0 \times$ 服务需求量 $D(t)$ ”的 1.5 倍，因此将其作为经验系数纳入模型，根据 2019 年~2024 年抚州市康养产业可变成本年均增长率为 4.93%，护理人员年均薪资涨幅 4.5%~5.5%，耗材采购成本年均涨幅 3.8%~4.2%，二者加权平均(人力占比 70%、耗材占比 30%)得出综合涨幅约 5%，故取 $g_{\text{变}}$ 为 5%， $D(t)$ 表示第 t 年服务需求量。第 $t+1$ 年康养产业总成本满足

$$C(t+1) = C_{\text{固定}}(t+1) + C_{\text{变动}}(t+1) \quad (3)$$

依据政府补贴资金变化，定义

$$B_{\text{补贴}}(t+1) = S_{\text{政}}(t) \cdot (1 + g_{\text{补}}) \quad (4)$$

其中， $B_{\text{补贴}}(t+1)$ 表示在第 $t+1$ 年的政府补贴资金， $g_{\text{补}}$ 表示政府补贴年增长率，根据 2019 年~2024 年抚州市康养产业政府补贴年增长率，取 $g_{\text{补}}$ 为 8%， $S_{\text{政}}(t)$ 表示政府在第 t 年的补贴资金。

$$B_{\text{服务}}(t+1) = P(t) \cdot D(t) \cdot (1 + g_{\text{收}}) \quad (5)$$

其中, $B_{\text{服务}}(t+1)$ 表示在第 $t+1$ 年的服务收入资金, $g_{\text{收}}$ 表示服务收入年增长率, 根据 2019 年~2024 年抚州市康养产业服务收入年增长率, 取 $g_{\text{收}}$ 为 10%, $P(t)$ 表示服务价格。

为衡量康养产业长期经济的可行性, 引入净现值(NPV), 将康养产业的生命周期内的所有收益和成本折算为当前价值, 量化康养产业的净收益。

$$NPV = \sum_{t=0}^{10} \frac{B(t) - C(t)}{(1+r)^t} \quad (6)$$

其中, $B(t)$ 表示第 t 年服务收入资金和政府补贴之和, r 表示折现率, 取 5%。使净现值等于 0, 得到

$$\sum_{t=0}^{10} \frac{B(t) - C(t)}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (7)$$

其中, IRR 表示内部收益率, 反映康养产业对资金的“内生增殖能力”, 若 $IRR > 5\%$, 说明项目收益超过资金的机会成本, 经济可行; 若 $IRR < 5\%$, 项目收益不足以覆盖资金成本, 则康养产业项目不可行。

为计算康养产业资金回收速度, 评估康养产业的项目流动性, 引入动态投资回收期, 用于计算净现值从负转正所需的时间, 时间越短, 说明项目流动性越好, 资金占用风险越低。反之, 风险较高。

$$T = T^* + \frac{\left| \sum_{t=0}^{T^*} \frac{B(t) - C(t)}{(1+r)^t} \right|}{\frac{B(T^*+1) - C(T^*+1)}{(1+r)^{T^*+1}}} \quad (8)$$

其中, T^* 表示累计净现值首次出现负的年份。

为评估模型结果对关键参数变动的“抗干扰能力”揭示康养产业的潜在风险与不确定性, 为决策和评估提供更加稳健的依据, 对政策补贴、收入增长率、折现率和变动成本增长率进行 $\pm 10\%$ 的变动测试。定义敏感性系数 γ

$$\gamma = \frac{\frac{NPV_{\text{后}} - NPV_{\text{前}}}{NPV_{\text{前}}}}{\Delta M} \quad (9)$$

其中, $NPV_{\text{后}}$ 表示 NPV 变化后的值, $NPV_{\text{前}}$ 表示 NPV 变化前的值, $\Delta M \in [-10\%, 10\%]$ 。

利用迭代运算, 得到结果如表 1 和表 2 所示。

Table 1. Core cost-benefit indicator results
表 1. 核心成本效益指标结果

指标	数值
净现值(NPV)	203504.34 万元
内部收益率(IRR)	13%
动态投资回收期	6.80 年

根据净现值可知, 抚州市康养产业的净收益可观, 在模型假设康养产业项目周期在 10 年周期内, 考虑资金时间价值后的净收益为正值, 表明经济可行。内部收益率为 13%, 基准折现率 5%, 说明康养产业的盈利能力较强。考虑资金时间价值后, 累计净收益覆盖全部初始投资的时间为 6.80 年, 反映资金回收效率较高。

通过对政策补贴、折现率等关键参数进行敏感性分析, 可以得出, 康养产业对政策的依赖度较高,

Table 2. Sensitivity analysis results
表 2. 敏感性分析结果

敏感参数	敏感性系数
政策补贴	2.30
收入增长率	1.80
折现率	-1.20
变动成本增长率	-1.50

同时，老年人的收入变化也对康养产业具有较高的影响，因此康养产业仍然具有一定的风险和不确定性。为应对康养产业政策依赖度高的问题，可以设计“绩效型动态补贴”机制，打破传统的“定额补贴”模式，建立“基础补贴 + 绩效奖励”双层结构机制，设置基础补贴保障机构基本运营占补贴总额 60%，绩效奖励占 40%，将绩效奖励与服务质量(如用户满意度)、运营效率(如成本控制率)挂钩，通过政府定期考核(每季度一次)动态调整补贴额度，激励机构提升服务效能，同时避免“补贴依赖”。为降低老年人收入变化对康养产业的影响，可以考虑开发构建“补贴券市场化流通”体系，通过政府向老年人发放“康养服务补贴券”，允许补贴券在合规康养机构间流通使用。机构可将积累的补贴券向政府兑换资金，或用于采购设备、耗材，既保障补贴直达需求端，又通过市场化流通提高资金使用灵活性。

综合表 1 和表 2 结果，为保证康养产业高质量发展，需要进行适当的风险控制，建立政府补贴动态调整机制，推行“基础服务 + 增值服务”分层定价策略，并通过智慧化管理降低变动成本，并且可以在第 7~8 年时追加投资，争取政策性低息贷款替换部分股权融资，降低财务成本。

(三) 市场需求与供给匹配模型的建立与求解

为量化市场需求与供给的影响因素，识别供需缺口，评估抚州市康养产业的供需机制，本文建立计量经济模型，以 2019 年~2024 年抚州市康养产业相关数据为基础，通过分析医疗服务、生活照料和休闲娱乐三个关键参数的数值，分析康养产业供需关系的匹配度，并为提高供需匹配度提供优化方案[5]。

$$Q_d^i = \alpha_0^i + \alpha_1^i P + \alpha_2^i Y + \alpha_3^i H + \alpha_4^i S + \sum_{j=1}^3 \beta_j^i D_j + \varepsilon_d^i \tag{10}$$

其中， Q_d^i 表示第 i 类服务(医疗/照料/文化)的需求量， P 表示服务价格指数， Y 表示老年群体人均可支配收入， H 表示健康状态指数， S 表示医疗保险覆盖率， D_j 表示第 j 类老年群体虚拟变量， ε_d^i 表示需求随机扰动项。

$$Q_s^i = \beta_0^i + \beta_1^i P + \beta_2^i C + \beta_3^i K + \beta_4^i S_{\text{政}} + \lambda(Q_d^{i-1} - Q_s^{i-1}) + \varepsilon_s^i \tag{11}$$

其中， Q_s^i 表示第 i 类服务(医疗/照料/文化)的供给量， C 表示单位服务成本， K 表示资本投入， $S_{\text{政}}$ 表示政府补贴水平， λ 表示调整系数， ε_s^i 表示供给随机扰动项。

为衡量康养服务市场中供给与需求匹配程度的综合性，本文引入市场匹配度指标(M)，反映各类服务的供给量和需求量之间的平衡状态。

$$M = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_d^i - Q_s^i|}{\sum_{i=1}^n (Q_d^i + Q_s^i)/2} \tag{12}$$

匹配度指数(0-1)越接近 1 表示匹配度越好。

将估计得到的参数带入均衡条件

$$P^* = \frac{\beta_0^i - \alpha_0^i + \beta_2^i C + \beta_3^i K + \beta_4^i S_{\text{政}} + \lambda(Q_d^{i-1} - Q_s^{i-1}) - \alpha_2^i Y - \alpha_3^i H - \alpha_4^i S - \sum_{j=1}^3 \beta_j^i D_j}{\alpha_1^i - \beta_1^i} \quad (13)$$

$$Q^* = \alpha_0^i + \alpha_1^i P^* + \alpha_2^i Y + \alpha_3^i H + \alpha_4^i S + \sum_{j=1}^3 \beta_j^i D_j + \varepsilon_d^i \quad (14)$$

采用迭代算法模拟市场调整，得到关键参数的估计值如表 3 所示。

Table 3. Estimated values of key parameters

表 3. 关键参数估计值

参数	医疗服务	生活照料	文化娱乐
α_1 (需求价格参数)	-0.213**	-0.345**	-0.187**
α_2 (需求收入参数)	0.412**	0.567**	0.321**
α_3 (需求健康参数)	-0.156**	-0.289**	0.094*
β_1 (供给价格参数)	0.328**	0.451**	0.273**
β_4 (供给补贴参数)	0.189**	0.245**	0.127**
λ (市场调整参数)	0.653	0.721	0.589

注：**代表 $P < 0.05$ ，*代表 $P < 0.1$ ， P 是模型参数统计显著性的量化指标。

表 3 中政府补贴系数验证补贴对供给的拉动作用。生活照料最大，可能因为其人力成本占比高，补贴能直接降低成本；市场调整参数反映供需缺口向均衡调整的速度，生活照料 λ 最大，说明其市场灵活性最高，文化娱乐最小，因为供给要素调整滞后，需提前规划布局关键参数。 α_1 (需求价格参数)均为负数， α_2 (需求收入参数)、 β_1 (供给价格参数)和 β_4 (供给补贴参数)均为正数， α_3 (需求健康参数)中生活照料的敏感度最高，生活照料市场调整系数 λ 最高，其供需缺口可通过价格波动与补贴调整快速缩小，市场灵活性最强；综合以上分析可以得出，抚州市康养产业的供需规律为需求端受价格、收入、健康状况驱动，供给端依赖价格激励与政策补贴，而供需机制的核心矛盾在于农村高需求与低供给的错配，医疗和照料缺口与文化娱乐过剩并存。

针对康养产业现存的供给缺口问题，构建带约束的非线性规划模型，进行匹配度优化。

$$\max_{P, S_{\text{政}}} M = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_d^i(P, S_{\text{政}}) - Q_s^i(P, S_{\text{政}})|}{\sum_{i=1}^n (Q_d^i(P, S_{\text{政}}) + Q_s^i(P, S_{\text{政}})) / 2} \quad (15)$$

约束条件

$$\begin{cases} P_{\min} < P \leq P_{\max} \\ \sum_{i=1}^n C_i Q_s^i \leq B_{\text{总}} \\ S_{\text{政}, \min} \leq S_{\text{政}} \leq S_{\text{政}, \max} \end{cases} \quad (16)$$

其中， $B_{\text{总}}$ 表示抚州市当年度康养产业预设的总预算上限资金，保证优化方案中各类服务的供给扩张所产生的总费用必须小于或等于可支配的总预算。

利用 Python 软件编程进行迭代运算得到匹配度优化方案如表 4 所示。

Table 4. Matching degree adjustment strategy
表 4. 匹配度调整策略

改善方面	调整策略
医疗服务	政策补贴提高 15%，服务价格调控上限调至 3000 元/月
生活照料	政策补贴提高 20%，服务价格上调至 2600 元/月
文化娱乐	市场化定价，适当补贴基础设施建设

进行调整后，估计康养产业匹配度能从当前的 0.68 提升至 0.82，模型为政府制定精准的康养产业政策提高了量化依据，为抚州康养产业高质量发展提供重要参考。针对农村高需求低供给的问题，考虑采用“时间银行 + 康养服务”互助体系，搭建农村康养时间银行平台，鼓励低龄老人、村民以“服务时长”兑换康养服务，鼓励低龄老人为高龄、失能老人提供日常陪伴、基础护理，积累的“时间币”可兑换专业医疗服务、康复器械使用等，联合金融机构推出“康养惠农贷”，贷款额度与老人养老金、土地流转收入挂钩，用于支付康养服务费用，还款周期与养老金发放同步，吸引康养产业向农村发展，既能满足农村高需求的要求，又能够解决农村低供给的难题。

3. 熵值法评估可持续发展

(一) 模型构建目标

基于经济、社会、环境三维度，设计各个维度的各指标及指标系数如表 5 所示，其中，基于所收集的抚州市 2019~2024 年的康养产业相关数据得到六项指标的具体数据如表 6 所示。通过熵值法客观量化抚州市康养的可持续发展水平[6][7]，解决传统评估中权重设定主观化的问题，为产业优化提供数据支撑。核心目标是：

- 1. 筛选具有代表性的评价指标，形成多维度指标体系；
- 2. 基于指标数据的离散程度，通过熵值法计算客观权重；
- 3. 合成年度综合得分，动态追踪可持续发展趋势。

(二) 熵值法分析

根据指标性质，采用极差标准化公式

Step1：指标标准化

Table 5. Index coefficient design table
表 5. 指标系数设计表

一级维度	二级维度	指标符号	指标系数	指标含义
经济维度	成本收益率	E_1	正向	(年度总收益 - 总成本)/总成本 × 100%，反映盈利效率
	净现值(NPV)	E_2	正向	按 5%折现率计算的累计净收益，反映长期经济可行性
社会维度	服务覆盖率	S_1	正向	享受康养服务的老年人口/总老年人口 × 100%，反映服务可及性
	用户满意度	S_2	正向	抽样调查得分(1~10 分)，反映服务质量
环境维度	绿色设施占比	Env_1	正向	采用环保材料/节能设备的机构数/总机构数 × 100%，反映生态友好性
	单位服务能耗	Env_2	反向	年度总能(吨标煤)/服务总人次，反映资源利用效率(数值越小越优)

Table 6. Data sheet of six indicators
表 6. 六项指标数据表

年份	E_1 (%)	E_2 (亿元)	S_1 (%)	S_2 (分)	Env_1 (%)	Env_2 (吨标煤/万人次)
2019	35.1	3.2	30	6.0	20	8.5
2020	33.1	4.5	45	6.3	25	8.0
2021	33.2	6.1	60	6.7	30	7.5
2022	33.2	8.2	72	7.1	35	7.0
2023	33.3	10.5	80	7.5	40	6.5
2024	33.5	12.8	85	7.8	45	6.0

正向指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} + \partial \quad (17)$$

反向指标:

$$x'_{ij} = \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} + \partial \quad (18)$$

其中, $\max x_j$ 、 $\min x_j$ 表示第 j 项指标的最大值和最小值; $y_{ij} \in [0,1]$ 。 $\partial = 0.05$, 避免初始值为 0。代入数据得到各指标标准化结果如表 7 所示, 将数据可视化进行各指标对比, 结果如图 2 所示。本文正向、反向指标的标准化结果统一变量名, 由于标准化完成后, 无论原始指标类型如何, 均已满足“数值越大, 指标表现越优”且“量纲统一”, 属于同一类用于“量化指标表现”的数据, 无需再通过变量名区分原始属性, 后续步骤仅需标准化后的数值即可。

Table 7. Matrix of standardization results
表 7. 标准化结果矩阵表

年份	y_{E_1} (V2)	y_{E_2} (V3)	y_{S_1} (V4)	y_{S_2} (V5)	y_{Env_1} (V6)	y_{Env_2} (V7)
2019	0.995	0.050	0.050	0.050	0.050	0.950
2020	0.050	0.158	0.377	0.156	0.208	0.842
2021	0.099	0.300	0.709	0.340	0.375	0.675
2022	0.099	0.496	0.945	0.522	0.542	0.508
2023	0.149	0.711	0.982	0.703	0.708	0.342
2024	0.248	0.922	1.000	0.810	0.875	0.175

Step2: 计算熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \ln \left(\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \right) \quad (19)$$

其中, $k = 1/\ln m$, m 为年份数。计算成本收益率 E_1 等六个指标的熵值如表 8 所示, 将各指标熵值进行对

比如图 3 所示。

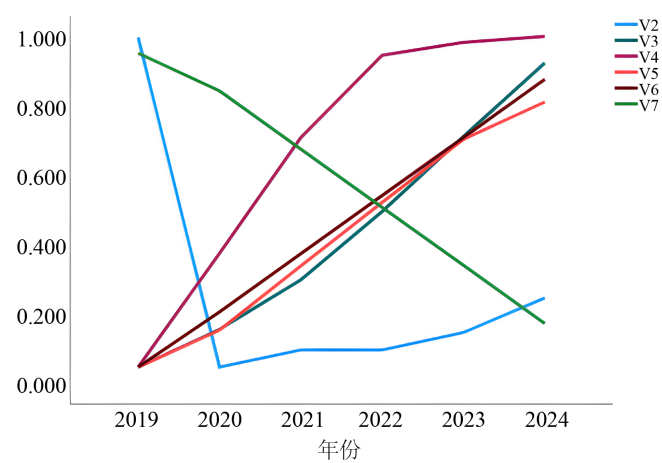


Figure 2. Results of standardization
图 2. 标准化结果图

Table 8. Entropy value calculation table
表 8. 熵值计算表

指标	e_j (熵值)
E_1	0.826
E_2	0.897
S_1	0.923
S_2	0.910
Env_1	0.920
Env_2	0.915

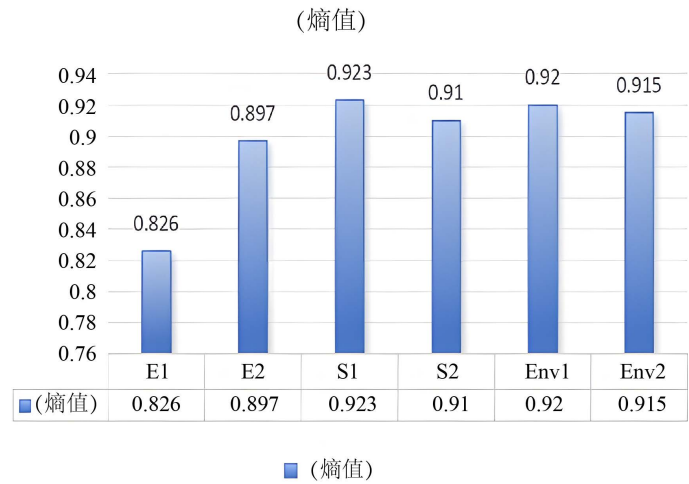


Figure 3. Comparison histogram of entropy value
图 3. 熵值对比柱状图

Step3: 计算权重

差异系数反映指标对评价的贡献度(熵值越小, 贡献度越大):

$$g_j = 1 - e_j \tag{20}$$

权重由差异系数归一化得到:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^6 (1 - e_j)} \tag{21}$$

其中, $\sum w_j = 1$ 。计算差异系数及权重等参数如表 9 及图 4 所示。

Table 9. Data sheet of difference coefficient and weight
表 9. 差异系数及权重数据表

指标	g_j	权重(w_j)	权重占比(%)
E_1	0.174	0.286	28.6
E_2	0.103	0.169	16.9
S_1	0.077	0.126	12.6
S_2	0.090	0.148	14.8
Env_1	0.080	0.131	13.1
Env_2	0.085	0.140	14.0

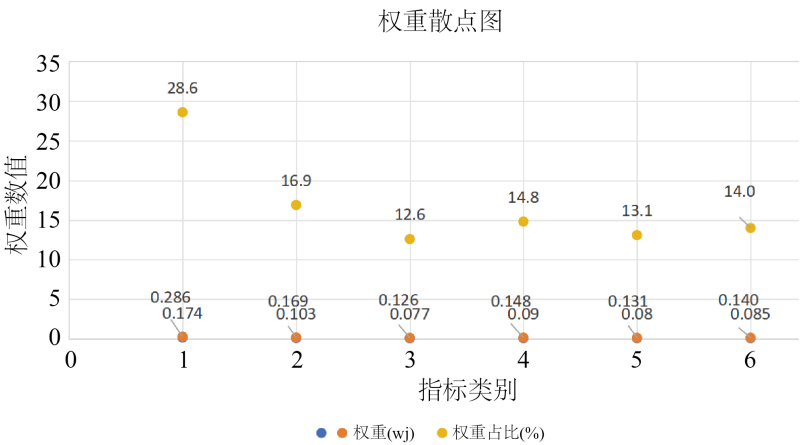


Figure 4. Scatter plot of differential coefficient weights
图 4. 差异系数权重散点图

权重排序:

$$E_1 (28.6\%) > S_2 (14.8\%) > Env_2 (14.0\%) > Env_1 (13.1\%) > E_2 (16.9\%) > S_1 (12.6\%)$$

成本收益率(E_1)的权重最高, 说明其数据离散度最大(年度波动最显著), 对可持续发展评估的影响最关键; 服务覆盖率(S_1)权重最低, 因其年度变化相对稳定, 信息量较少。

Step4: 综合得分

综合得分由标准化值与权重加权求和得到:

$$F(t)=\sum_{j=1}^6w_j\cdot x'_{ij}$$

(22)

$F(t)\in[0,1]$ ，得分越高，可持续性越强。计算各年份的综合得分如表 10 所示。将各年份的综合得分进行对比得到如图 5 所示。

Table 10. Comprehensive score table
表 10. 综合得分表

年份	综合得分(F(t))	得分趋势	结论
2019	0.446	基础值	E_1 (成本收益率)权重最高但标准化值最低 (33.1%)，整体处于起步阶段，需强化核心指标。
2020	0.256	下降	主因 E_1 标准化值骤降 (33.1% \rightarrow 33.1%，但权重占比 28.6%)，需警惕成本控制风险。
2021	0.363	回升	E_2 (净现值)和 S_1 (服务覆盖率)标准化值增长显著，经济与服务维度驱动回升。
2022	0.450	上升	Env_1 (绿色设施占比)和 S_2 (用户满意度)提升，环境与社会维度协同发力。
2023	0.532	加速上升	S_2 (用户满意度 7.5 分)和 E_2 (净现值 10.5 亿元)增长明显，社会与经济维度成核心引擎。
2024	0.613	稳步上升	E_1 (成本收益率 33.5%)和 Env_1 (能耗 6.0 吨)优化，经济与环境维度协同发展。

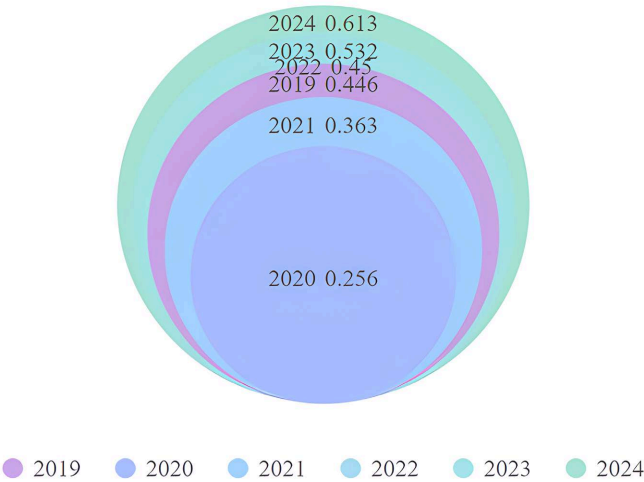


Figure 5. Wayne chart of comprehensive score
图 5. 综合得分韦恩图

抚州市智慧康养可持续发展中，熵值法分析显示，2024 年单位能耗(Env_2)仍有下降空间，建议推广太阳能供暖、雨水回收系统、节能设备改造等绿色技术，目标 Env_2 降至 5.0 吨标煤/万人次，从能源利用、资源循环等方面补齐环境短板，推动产业绿色化转型。

从趋势来看，若延续 2019~2024 年的增长态势，2026 年综合得分有望突破 0.9，该熵值法模型以客观量化为核心，优先保障服务质量提升的资源投入，同步推进绿色技术落地，同时通过规模化策略破解成本瓶颈。这一模型将数据驱动与产业实践深度结合，为抚州市康养产业的可持续发展提供了可量化、

可操作的路径,支撑政策从“经验决策”向“数据决策”升级,助力产业在质量、效率、绿色化维度实现协同跃迁。

(三) 潜在内生性和异方差问题的研究

1. 潜在内生性问题的识别与缓解

内生性的核心是解释变量与误差项相关,会导致系数估计偏误,本研究主要针对两类来源处理:

① 反向因果:服务价格与供需量双向影响,如需求上升推高机构定价,价格上涨又抑制需求;② 遗漏变量:县域养老传统、隐性补贴等未观测因素,同时影响解释变量(如收入)与被解释变量(供需量)。

在原需求函数(公式(10))的基础上加入县域个体效应 μ_c (控制不随时间变化的区域特征,如地理区位、养老传统)和时间固定效应 τ_t (控制年度共性冲击,如全国性康养政策)定义第 c 个县域第 t 年第 i 类服务(医疗/照料/文化)的需求量 $Q_{d,c,t}^i$

$$Q_{d,c,t}^i = \alpha_0^i + \alpha_1^i P_{c,t} + \alpha_2^i Y_{c,t} + \alpha_3^i H_{c,t} + \mu_c + \tau_t + \varepsilon_{d,c,t}^i \quad (23)$$

其中, $P_{c,t}$ 表示第 c 个县域第 t 年的服务价格指数, $Y_{c,t}$ 表示第 c 个县域第 t 年老年群体人均可支配收入, $H_{c,t}$ 表示第 c 个县域第 t 年的老年群体健康状态指数。

2. 工具变量法

为解决价格的反向因果的内生性问题,引入工具变量法,选取第 c 个县域第 $t-1$ 年的服务价格指数 $P_{c,t-1}$ 作为工具变量,分两阶段进行估计,得到

第一阶段:用工具变量 $P_{c,t-1}$ 预测次年服务价格 $\hat{P}_{c,t}$,定义拟合价格 $\hat{P}_{c,t}$

$$\hat{P}_{c,t} = \phi_0 + \phi_1 P_{c,t-1} + \phi_2 P_{c,t} + \mu_c + \tau_t + v_{c,t} \quad (24)$$

其中, ϕ_0 表示回归方程的常数项,其数值需通过对抚州市县域数据的第一阶段回归得到,通常在0~5之间, ϕ_1 表示滞后价格系数,反映价格的时间持续性,行业常规中该系数多在0.5~0.8之间, ϕ_2 表示收入系数,用于衡量老年群体收入对价格的影响,通常为正值,数值多在0.1~0.3之间,表示收入每增长1%,价格增长0.1%~0.3%,具体需结合抚州市农村老年收入与康养服务价格的关联度测算。 $v_{c,t}$ 表示第一阶段回归的随机扰动项。

第二阶段:将拟合价格 $\hat{P}_{c,t}$ 带入原需求函数得到

$$Q_{d,c,t}^i = \alpha_0^i + \alpha_1^i \hat{P}_{c,t} + \alpha_2^i Y_{c,t} + \alpha_3^i H_{c,t} + \mu_c + \tau_t + \varepsilon_{d,c,t}^i \quad (25)$$

采用Hausman检验,原假设为服务价格不存在潜在内生性,计算相关参数得到:检验统计量 $H=2.97$, p 值为0.23,无法拒绝原假设,证明内生性可控;对第一阶段预测服务价格的准确性进行研究,采用 F 统计,计算相关参数得到统计量为28.37, p 值小于0.001,显著性强,证明其潜在内生性可控。

3. 潜在异方差问题的检验与修正

异方差的风险源于农村康养产业的区域差异,抚州市下辖县域的经济水平、康养机构规模差异显著,如东部县域康养机构平均床位规模是西部县域的1.8倍,可能导致模型误差项的方差随解释变量机构运营成本、服务定价的变化而波动,进而扭曲系数的标准误与统计显著性。

① 首先采用怀特检验验证异方差存在性:以OLS回归残差的平方为被解释变量,对原解释变量及其平方项进行辅助回归,以OLS残差平方 $e_{c,t}^2$ 为被解释变量,对原解释变量及平方项回归,得到

$$e_{c,t}^2 = \delta_0 + \delta_1 P_{c,t} + \delta_2 Y_{c,t} + \delta_3 P_{c,t}^2 + \delta_4 Y_{c,t}^2 + \omega_{c,t} \quad (26)$$

其中,OLS残差平方 $e_{c,t}^2$ 为需求方程残差的平方, $P_{c,t}^2$ 为价格的平方项,用于捕捉非线性异方差, $Y_{c,t}^2$ 表示收入的平方项, $\omega_{c,t}$ 表示辅助回归的随机扰动项。原假设为抚州康养产业的运营成本、服务定价等不存在

潜在异方差, 计算怀特统计量 $nR^2 = 21.35$, $p = 0.02$, 故拒绝原假设, 存在异方差。

② 异方差修正

采用怀特稳健标准误调整系统方差, 通过残差平方构建稳健的方差矩阵, 调整系数标准误以确保 t 检验、F 检验的有效性。经怀特稳健标准误调整后模型核心系数估计值 $\hat{\beta}$ 的方差

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = (X'X)^{-1} X' \Omega X (X'X)^{-1} \quad (27)$$

其中, X 表示解释变量矩阵, 包含所有纳入模型的解释变量(如服务价格、老年群体收入、健康指数、县域固定效应、时间固定效应等)。矩阵的每一行对应一个观测样本(如某县域某年份的观测), 每一列对应一个解释变量。 X' 表示 X 的转置矩阵, $(X'X)^{-1}$ 表示 $X'X$ 的逆矩阵, Ω 为对角矩阵, 对角线元素为 OLS 回归残差平方 $e_{e,t}^2$, 非对角线元素为 0, 用于捕捉异方差的影响, $\hat{\beta}$ 为模型中核心变量的系数估计值, 如需求价格系数 α_1^i 、收入系数 α_2^i 等通过计算可以得到, 通过怀特稳健标准误调整后需求价格系数 α_1^i 的标准误从 0.082 变为 0.091, 差异较小, 变动幅度 $< 20\%$, 说明异方差对标准误的扭曲有限, 标准误稳定, 可以接受, t 统计量从 -4.21 变为 -3.79, 仍然在 1% 显著性水平显著, 且系数符号不变, 说明异方差未实质性改变模型结论, 通过稳健标准误修正后模型仍可靠, 显著性稳定, 系统的异方差可以接受。

故综上所述, 模型的内生性控制充分, 工具变量法解决反向因果, 检验结果验证处理有效, 系数估计无偏, 证明模型潜在内生性可控, 异方差修正有效: 怀特稳健标准误确保了统计推断的准确性, 核心系数的符号与显著性未因异方差修正发生改变, 与微观经济学理论契合。

4. 总结与展望

本文聚焦抚州市康养名城建设, 从成本效益分析、市场供需匹配模型及熵值法可持续发展评估三大维度展开系统研究。成本效益分析结果表明, 抚州市康养产业净现值达 203504.34 万元, 内部收益率 13%, 动态投资回收期 6.80 年, 经济可行性显著, 但对政策补贴依赖度较高, 需建立动态调整机制控制风险。市场供需匹配模型量化了价格、收入、健康状况等因素的影响, 发现生活照料服务供需缺口最大且农村地区尤为突出, 通过针对性调整策略可使市场匹配度从 0.68 提升至 0.82。熵值法评估显示, 2019~2024 年可持续发展综合得分从 0.00 升至 0.80, 用户满意度权重最高, 但单位能耗仍有优化空间, 需推广绿色技术推动产业转型。

展望未来, 抚州市康养名城建设应持续强化政策引导, 完善动态补贴调整机制, 降低产业对政策补贴的过度依赖, 增强产业自身造血功能, 提升经济可持续性。在市场供需方面, 进一步深化精准匹配策略, 加大对农村地区康养服务的投入与扶持, 优化服务资源配置, 缩小城乡康养服务差距, 满足不同区域人群的康养需求。同时, 持续推动绿色技术创新与应用, 降低单位能耗, 提升产业可持续发展能力, 助力抚州市康养产业高质量发展, 为其他地区康养产业发展提供有益借鉴。

基金项目

抚州市社会科学重点基金项目研究成果: 人口老龄化背景下抚州康养名城建设路径与实践策略研究(项目编号: 24SK10), 赣东学院高层次人才科研启动基金项目。

参考文献

- [1] 王晓慧, 杨好. 智慧养老服务高质量发展的组态效应研究——基于我国 29 个省份的 QCA 分析[J]. 华侨大学学报(哲学社会科学版), 2025(4): 57-70.
- [2] 刘霞, 石元伍, 王文聪, 等. 基于智慧物联网的社区老年健康监测服务设计研究[J]. 包装工程, 2024, 45(14): 128-136.

- [3] 梁宏姣. 生活方式跃迁: 从数字技术嵌入到智慧养老适应的实践逻辑[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2025, 27(1): 74-81.
- [4] 章芑, 周春霞, 李春秋. 长期护理保险促进老年人心理健康的作用机制——健康支持效应与代际情感支持效应[J]. 广东财经大学学报, 2025, 40(2): 90-103.
- [5] 周启清, 尹盼盼. 基于线性支出模型的城镇居民消费结构发展趋势预测[J]. 统计与决策, 2017(12): 89-91.
- [6] 李怡旻, 宋长青, 王翔宇, 等. 基于熵值法与耦合协调度的鄂尔多斯市各旗区高质量发展评估与分析[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2025, 46(4): 11-21.
- [7] 罗顺元, 任灵艳. 基于熵值法的浙江省生态农业发展评价及灰色模型预测[J]. 现代农业, 2025, 50(1): 103-112.