

模糊综合评价法在武陵山区老年人生活质量量化研究中的应用

李林涛, 魏雪丹*

吉首大学数学与统计学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2025年3月2日; 录用日期: 2025年3月21日; 发布日期: 2025年4月2日

摘要

本研究聚焦武陵山区老年人生活质量问题, 基于模糊综合评价法与层次分析法, 确定慢性病发病率、身体活动能力等13项评价指标, 构建模型并求解。研究结果显示, 该地区老年人生活质量处于“一般”水平, 健康和经济因素对其生活质量影响显著。本研究为相关部门制定提升老年人生活质量的政策提供了数据支撑, 同时也验证了模糊综合评价法在本研究中的适用性, 为后续研究提供了参考。

关键词

模糊综合评价, 层次分析法, 隶属函数

Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Quantitative Study of Quality of Life of the Elderly in Wuling Mountain Area

Lintao Li, Xuedan Wei*

College of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou Hunan

Received: Mar. 2nd, 2025; accepted: Mar. 21st, 2025; published: Apr. 2nd, 2025

Abstract

This study focused on the quality of life of the elderly in Wuling Mountain area. Based on the fuzzy

*通讯作者。

文章引用: 李林涛, 魏雪丹. 模糊综合评价法在武陵山区老年人生活质量量化研究中的应用[J]. 统计学与应用, 2025, 14(4): 69-75. DOI: 10.12677/sa.2025.144090

comprehensive evaluation method and analytic hierarchy process, 13 evaluation indicators such as the incidence of chronic diseases and physical activity ability were determined, and the model was constructed and solved. The results of the study showed that the quality of life of the elderly in the region was at an “average” level, and health and economic factors had a significant impact on their quality of life. This study provides data support for relevant departments to formulate policies to improve the quality of life of the elderly, and also validates the applicability of fuzzy comprehensive evaluation method in this study, providing reference for subsequent research.

Keywords

Fuzzy Comprehensive Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Membership Function

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

武陵山区地处中国西南部,拥有丰富的自然资源和多样的人文景观,具备独特的发展优势。然而,当前该区域面临着人口老龄化加剧、经济发展不均衡以及基础设施滞后等诸多挑战。乡村振兴战略的实施,为武陵山区带来了新的发展契机,农村居民生活质量得到显著改善,生活满意度也有所提升。但与此同时,青年劳动力大量外出务工,致使农村空巢现象和留守儿童教育问题日益凸显。这些问题不仅给老年人的日常生活带来诸多不便,还加重了他们的心理负担,凸显了农村发展过程中的复杂性与艰巨性。在此背景下,对武陵山区老年人生活质量进行综合评估,并探索有效的提升策略,成为一项亟待解决的社会学研究课题。

众多学者从不同角度、运用多种方法对老年人生活质量展开了深入研究。杨小芝、郭嘉林、孙静及张菁[1]的研究表明,健康维护和生活环境是决定老年人生活质量的核心要素。胡歆瑀[2]运用健康生态学模型,对中老年慢性病患者生活质量进行了探讨。张文武、周子杰和陆梓璇[3]细致剖析了老年人日常生活自理能力、慢性疾病及心理健康等影响因素。庄季乔[4]则对老年人赡养对农村家庭创业的抑制效应进行了实证检验。已有研究通过定性方法揭示了影响老年人生活质量的多维度因素,而本研究进一步运用模糊综合评价法对这些因素进行定量分析,旨在精确量化各因素对老年人生活质量的具体影响,将定性分析结果转化为定量指标,从而为制定提升老年人生活质量的科学策略和具体措施提供数据支持。

2. 模糊综合评价法

2.1. 数据来源

本研究采用问卷调查法收集数据。问卷设计综合参考了相关学术文献,并充分征求了领域专家的建议,涵盖慢性病发病率、身体活动能力、心理健康状况、医疗可及性、经济自主性、收入水平、社区参与度、生活成本、家庭支持度、社会交往网络、居住条件、环境安全性、交通便捷性等13项指标。调查在湘、鄂、渝、黔四省交界地区开展,共向1016名60岁及以上的老年人发放问卷,其中城镇男性347名、女性279名,农村男性63名、女性127名。数据录入和分析借助SPSS软件进行,并对数据进行清洗和校验,以此保障数据处理的严谨性和可靠性。

2.2. 确定评价因素集

通过广泛查阅相关参考文献,并紧密结合武陵山区老年人的实际生活状况,选取慢性病发病率、身

体活动能力、心理健康状况、就医便利性、经济独立性、收入水平、社区参与度、生活成本、家庭支持、社会网络、住房条件、环境安全性、交通便利性等因素, 构建评价因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{13}\}$ 。

2.3. 确定评价等级集

为实现对老年人生活质量的明确分级, 设定评价等级集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$, 依次对应“非常好”、“较好”、“一般”、“较差”、“非常差”五个等级。

3. 层次分析法确定权重

3.1. 建立层次结构模型

将武陵山区老年人生活质量评价问题分为目标层、准则层和指标层。目标层为武陵山区老年人生活质量; 准则层包括健康状况、经济状况、社会支持、生活环境等方面; 指标层即先前确定的 13 个具体评价因素[5], 如慢性病发病率、收入水平等(见图 1)。

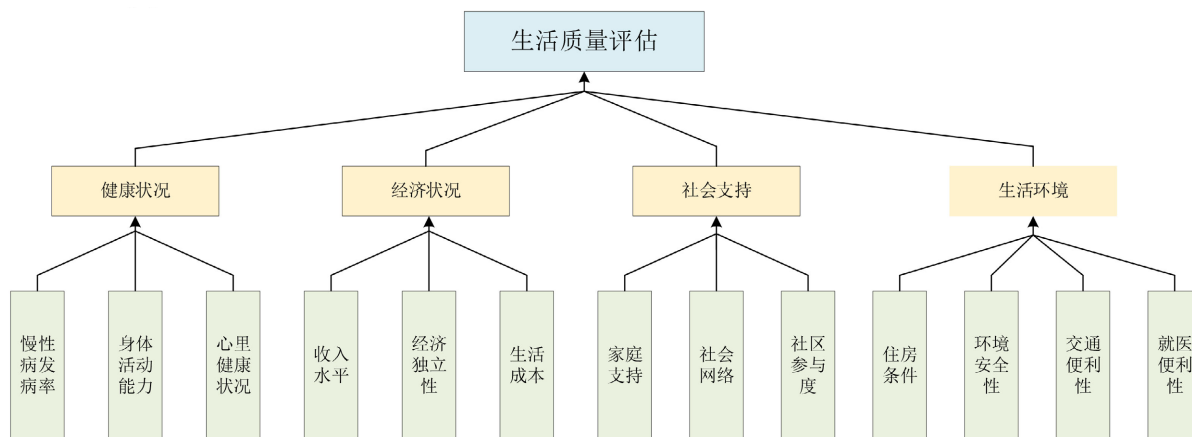


Figure 1. Quality of life evaluation index system

图 1. 生活质量评价指标体系

3.2. 构造判断矩阵

采用二元对比法对不同层次的相关因素进行比较, 经研究表明, 采用 1~9 标度[6]较为合适。具体比较标准度如表 1 所示。

Table 1. AHP index importance degree grading evaluation standard

表 1. 层次分析法指标重要程度分级赋值标准

标准值	定义	说明
1	同样重要	因素 u_i 与 u_j 的重要性相同
3	稍微重要	因素 u_i 的重要稍微高于 u_j
5	明显重要	因 u_i 的重要明显高于 u_j
7	强烈重要	因 u_i 的重要强烈高于 u_j
9	绝对重要	因 u_i 的重要绝对高于 u_j
2、4、6、8	介于相邻重要程度之间	用于表示两个相邻重要程度之间的中间状态

3.3. 计算权重向量

运用方根法计算权重向量。首先, 计算判断矩阵每行元素的乘积; 接着, 计算该乘积的 n 次方根, 最后, 对所得结果进行归一化处理, 进而得到权重向量:

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j} \quad (1)$$

3.4. 一致性检验

为判断上述得到的权重分配是否合理, 需对判断矩阵进行一致性检验。一致性检验公式为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

其中, λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值, n 为判断矩阵的阶数。

计算得到一致性指标后, 再计算一致性比例:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

其中, RI 为随机一致性指标。

最终, 依据一致性比例判断矩阵是否通过一致性检验。综合考虑各层权重, 确定各因素权重向量 $W = [0.15, 0.12, 0.1, 0.08, 0.1, 0.12, 0.06, 0.06, 0.1, 0.06, 0.06, 0.05, 0.05]$ 。由于健康和经济因素对武陵山区老年人生活质量影响较大, 所以赋予慢性病发病率、收入水平等相关因素较高权重。

4. 基于隶属函数构建模糊关系矩阵

4.1. 确定评价对象的三角形隶属函数

由于收集到的武陵山区老年人生活质量数据存在一定误差, 因此需要确定评价对象对各评价等级的隶属度, 进而建立三角形隶属函数。

以慢性病发病率(u_1)为例, 经调查该地区老年人慢性病发病率平均为 40%。设定发病率低于 15% 为“非常好”(隶属度为 1), 发病率在 35% 时为“一般”(隶属度为 0), 在 15%~35% 之间呈线性变化。根据三角形隶属函数计算:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x < 15\% \\ \frac{35\% - x}{35\% - 15\%}, & 15\% < x < 35\% \\ 0, & x > 35\% \end{cases} \quad (4)$$

计算得到对“非常好”的隶属度为 0, 对“较好”的隶属度为 0.25, 对“一般”的隶属度为 0.75, 对“较差”和“非常差”的隶属度为 0, 即 $[0, 0.25, 0.75, 0, 0]$ 。

对于身体活动能力(u_2), 调查发现大部分老年人只能进行简单日常活动。假设能轻松进行高强度活动为“非常好”(隶属度为 1), 只能进行简单日常活动为“一般”(隶属度为 0.5), 无法进行日常活动为“非常差”(隶属度为 0)。依据设定的三角形隶属函数计算, 得到隶属度向量为 $[0, 0.2, 0.5, 0.3, 0]$ 。

按照类似方法, 对其余 11 个因素分别根据各自设定的三角形隶属函数计算其对各评价等级的隶属度, 得到模糊关系矩阵 $R_{\text{三角形}}$:

$$R_{\text{三角形}} = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 & 0.75 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

4.2. 模糊合成运算

将权重向量 W 与模糊关系矩阵 $R_{\text{三角形}}$ 进行合成运算, 从而得到综合评价向量:
 $B = W \cdot R_{\text{三角形}} = [0.073, 0.226, 0.382, 0.234, 0.085]$ 。

4.3. 确定评价对象的梯形隶属函数

采用与确定三角形隶属函数类似的方法, 对 13 个因素指标进行求解。

仍以慢性病发病率 (u_1) 为例, 其梯形隶属函数为:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, x \leq 15\% \\ 1, 15\% < x \leq 25\% \\ \frac{45\% - x}{45\% - 35\%}, 35\% < x < 45\% \\ 0, x \geq 45\% \end{cases} \quad (5)$$

经计算, 得到对“非常好”的隶属度为 0, 对“较好”的隶属度为 0.25, 对“一般”的隶属度为 0.75, 对“较差”和“非常差”的隶属度为 0, 即 $[0, 0.25, 0.75, 0]$ 。

$$R_{\text{梯形}} = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 & 0.75 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.05 & 0.35 & 0.5 & 0.1 \\ 0.05 & 0.25 & 0.4 & 0.3 & 0 \\ 0.05 & 0.15 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0 & 0.05 & 0.25 & 0.5 & 0.2 \\ 0.15 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.05 & 0.15 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.15 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.15 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.05 & 0.15 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.15 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.05 & 0.15 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

按照同样的方式，对其余 12 个因素分别根据各自设定的梯形隶属函数计算其对各评价等级的隶属度，进而得到相应的模糊关系矩阵 $R_{\text{梯形}}$ 。

4.4. 模糊合成运算

将权重向量 W 与模糊关系矩阵梯形 $R_{\text{梯形}}$ 进行合成运算，得到综合评价向量 $B = W \cdot R_{\text{梯形}} = [0.061, 0.204, 0.367, 0.263, 0.105]$ 。

5. 评价结果分析

5.1. 最大隶属度原则

采用最大隶属度原则确定生活质量等级。观察基于三角形隶属函数得到的综合评价向量，其中 $b_{3\text{三角}}$ 最大，则 B 中最大隶属度 0.382，对应“一般”等级，所以初步判断该地区老年人生活质量为“一般”。观察基于梯形隶属函数得到的综合评价向量，其中 $b_{3\text{梯形}}$ 最大，则 $B_{\text{梯形}}$ 中最大隶属度为 0.367 也评价为“一般”等级。

5.2. 综合评价价值计算

计算综合评价值，设“非常好” $j = 1$ ，“较好” $j = 2$ ，以此类推。则综合评价值计算公式为：

$$S = \sum_{j=1}^5 b_j \cdot j \tag{6}$$

则：

$$\begin{cases} S_{\text{三角}} = 0.073 \times 1 + 0.226 \times 2 + 0.382 \times 3 + 0.234 \times 4 + 0.085 \times 5 = 3.01 \\ S_{\text{梯形}} = 0.061 \times 1 + 0.204 \times 2 + 0.367 \times 3 + 0.263 \times 4 + 0.105 \times 5 = 3.024 \end{cases} \tag{7}$$

通过计算，分别得到基于三角形隶属函数和梯形隶属函数的综合评价值。对比二者可以发现，两种隶属函数的计算结果相近，均表明该地区老年人生活质量处于“一般”水平，但在具体数值上存在差异，这反映出不同隶属函数对评价结果存在细微影响。

5.3. 各指标的综合贡献度

为了分析各指标对最终结果的贡献程度，我们需要考虑各指标的权重以及其在不同隶属函数下对综合评价向量的影响。通过计算权重与隶属度乘积之和来体现各指标对综合评价值的贡献程度。如表 2 所示：

Table 2. The comprehensive contribution degree under different indicators

表 2. 不同指标下的综合贡献度

指标	三角形隶属度下的各指标综合评价 值贡献度	梯形隶属度下的各指标综合评价 值贡献度
慢性病发病率	0.39375	0.39375
身体活动能力	0.3	0.294
心理健康状况	0.31	0.335
就医便利性	0.176	0.164
经济独立性	0.29	0.285
收入水平	0.342	0.33

续表

社区参与度	0.1908	0.165
生活成本	0.1664	0.177
家庭支持	0.264	0.245
社会网络	0.1956	0.1695
住房条件	0.1848	0.1695
环境安全性	0.159	0.1375

从上述表格计算结果可以看出, 慢性病发病率、收入水平等指标对综合评价值的贡献相对较大。

5.4. 政策建议

- 结合武陵山区的实际情况, 针对影响老年人生活质量的关键因素, 提出以下具体的政策建议:
1. 健康因素干预措施: 加大对武陵山区医疗卫生资源的投入, 在乡镇和村落增设医疗卫生站点, 配备专业的医护人员和基础医疗设备, 提高老年人就医的便捷性。定期组织医护人员为老年人开展免费体检和慢性病筛查活动, 建立健康档案, 对患有慢性病的老年人进行跟踪管理和个性化治疗指导。同时, 开展健康知识普及活动, 通过社区讲座、宣传手册等形式, 向老年人传授慢性病预防、健康饮食、适度运动等知识, 提高老年人的健康意识和自我保健能力。
 2. 经济因素干预措施: 政府出台针对武陵山区农村老年人的养老补贴政策, 根据老年人的经济状况和生活需求, 给予一定的经济补贴, 提高其收入水平。鼓励和扶持本地特色产业发展, 创造更多适合老年人的就业机会, 如农产品加工、手工制作等, 让有劳动能力的老年人能够增加收入。

6. 结语

武陵山区老年人生活质量的评估, 涉及众多因素, 是一项复杂且重要的课题。本研究基于湘、鄂、渝、黔四省交界地区 1016 位 60 岁及以上老年人的调研数据, 运用统计分析方法, 揭示了健康状况、经济状况、社会支持以及生活环境是影响该地区老年人生活质量的关键因素, 其中健康状况的影响最为显著。为进一步探究老年人生活质量的影响因素, 本研究构建了 BP 神经网络评价模型, 并从个人、社会和国家三个层面选取了 12 个指标进行量化评估。研究结果为武陵山区老年人生活质量评估提供了新的研究思路和方法, 为制定提升老年人生活质量的策略提供了科学依据。未来研究可以扩大研究范围, 进一步探究不同地区老年人生活质量的影响因素差异, 以及不同干预措施对老年人生活质量的影响。

基金项目

2024 年度国家级大学生创新创业训练计划项目(S202410531021)。

参考文献

[1] 杨小芝, 郭嘉林, 孙静, 等. 社区老年人生命质量评价及影响因素分析[J]. 中国老年保健医学, 2024, 22(1): 83-87.

[2] 胡歆瑶. 基于健康生态学模型的中老年主要慢性病患者生命质量的影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆医科大学, 2023.

[3] 张文武, 周子杰, 陆梓璇. 居住模式、社会网络与老年人生活质量——基于 CHARLS 追踪调查的实证分析[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2024, 45(6): 106-118.

[4] 庄季乔. 老年人赡养对农村家庭创业的抑制效应——基于中国家庭追踪调查数据分析[J]. 长安大学学报(社会科学版), 2024, 26(4): 126-142.

[5] 李林涛, 魏雪丹. 基 BP 神经网络武陵山区老年人生活质量的统计分析[J]. 统计学与应用, 2024, 13(6): 2512-2519.

[6] 刘强. 基于层次分析法下的红透山铜锌矿采矿方法优选研究[J]. 有色矿冶, 2025, 41(1): 12-16.