

基于BP神经网络武陵山区老年人生活质量的统计分析

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: 2024年11月26日; 录用日期: 2024年12月22日; 发布日期: 2024年12月30日

摘要

本文运用BP神经网络对武陵山区老年人生活质量进行综合评价。首先通过因子分析对影响老年人生活质量的多个指标降维处理, 提取出健康情况、经济状况、社会支持、生活环境四个主要影响因素。利用灰色关联分析, 进一步识别出了显著程度。最后运用BP神经网络从个人、社会、国家三个层面对老年人生活质量的影响进行综合分析, 所获结果可为相关部门评估和提升武陵山区老年人生活质量提供依据和策略。

关键词

BP神经网络, 灰色关联, 因子分析, 生活质量评估

Statistical Analysis of the Quality of Life of the Elderly in Wuling Mountainous Area Based on BP Neural Network

Lintao Li, Xuedan Wei*

School of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou Hunan

Received: Nov. 26th, 2024; accepted: Dec. 22nd, 2024; published: Dec. 30th, 2024

Abstract

This paper uses the BP neural network to conduct a comprehensive evaluation of the quality of life of the elderly in Wuling Mountainous Area. Firstly, through factor analysis, the multiple indicators

*通讯作者。

文章引用: 李林涛, 魏雪丹. 基于 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. DOI: 10.12677/sa.2024.136243

affecting the quality of life of the elderly are dimensionally reduced, and four main influencing factors, namely health status, economic situation, social support, and living environment, are extracted. Using grey relational analysis, the significance levels are further identified. Finally, the BP neural network is used to comprehensively analyze the impacts on the quality of life of the elderly from the individual, social, and national levels. The obtained results can provide the basis and strategies for relevant departments to evaluate and improve the quality of life of the elderly in Wuling Mountainous Area.

Keywords

BP Neural Network, Grey Relational, Factor Analysis, Quality of Life Evaluation

Copyright © 2024 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

武陵山区是中国西南地区的重要组成部分, 尽管拥有丰富的自然资源和人文景观, 却面临人口老龄化、经济发展不平衡和基础设施落后等问题。乡村振兴战略的实施使该地区得到发展, 农村居民对生活状况普遍满意, 将农耕视为生活方式的一部分, 体现了生活质量的提升。然而, 年轻人外出务工导致的空巢现象和留守儿童教育问题, 给老年人生活带来不便和心理压力, 突显了农村发展的挑战。因此, 评估并提升武陵山区老年人的生活质量成为紧迫的社会课题。

关于对老年人生活质量的评估, 许多学者从不同角度、不同方法进行了研究。刘泽龙和李金秀[1]的研究指出, 经济条件和生活环境是影响老年人生活质量的关键因素。姚虹[2]基于区域差异和群体差异的视角提出了适应差异化的养老模式构建策略。周晓蒙、卢亚茹[3]的研究强调居住环境对老年人生活质量的重要性。张文武、周子杰、陆梓璇[4]的研究深入分析了老年人生活自理能力、慢性病和心理健康等影响因素。张栋、郑路、褚松泽[5]的研究对家庭代际赡养的影响进行实证分析。现有研究通过定性分析揭示了影响老年人生活质量的多维因素, 本研究则进一步采用 BP 神经网络进行定量评估[6], 以期更精准地量化各因素对老年人生活质量的具体影响。该方法旨在将定性分析转化为量化指标, 为制定提升老年人生活质量的科学依据和具体策略提供支持。

2. 影响老年人生活质量因素分析

2.1. 数据来源

本研究数据通过问卷调查的方式收集。问卷设计参考了相关文献和专家意见, 共包含 13 个指标, 包括慢性病发病率、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。问卷通过走访调查的方式发放给湘、鄂、渝、黔四省交界地区的 1016 位 60 岁及以上老年人, 其中城镇男性 347 人, 女性 279 人; 农村男性 263 人, 女性 127 人。问卷填写过程中, 由经过培训的调查员进行指导, 并确保问卷填写的完整性和准确性。数据录入使用 SPSS 软件进行, 并对数据进行清洗和核查, 以保证数据的质量。

2.2. 基于因子分析的成因分析

为探究影响老年人生活质量的因素, 本文通过查阅相关文献, 选取了慢性病发病率等 13 个指标影响

老年人生活质量的成因指标, 如表 1 所示:

Table 1. Factor indicators affecting the quality of life of the elderly
表 1. 影响老年人生活质量的因素指标

成因	符号说明
慢性病发病率	X_1
身体活动能力	X_2
心理健康状况	X_3
就医便利性	X_4
经济独立性	X_5
收入水平	X_6
社区参与度	X_7
生活成本	X_8
家庭支持	X_9
社会网络	X_{10}
住房条件	X_{11}
环境安全性	X_{12}
交通便利性	X_{13}

表 2 展示了公共因子对原始变量解释的详细情况[7]。根据表 2 的数据, 前四个公共因子累计贡献了 86.53% 的方差, 这几乎涵盖了样本数据中的所有信息。因此, 选择这四个公共因子来探讨影响老年人生活质量的因素是恰当的。

Table 2. Explanation of total variance
表 2. 总方差的解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	3.110	30.357	31.427	3.010	30.427	30.427
2	2.643	28.962	59.239	2.421	27.163	60.562
3	1.775	13.257	72.543	1.532	12.254	73.931
4	1.534	13.489	87.920	1.454	13.489	86.530
5	0.831	2.543	91.126			
6	0.846	2.347	93.547			
7	0.662	2.358	94.572			
8	0.416	2.018	96.870			
9	0.393	0.981	97.872			
10	0.371	0.911	98.893			
11	0.468	0.854	99.736			
12	0.368	0.268	99.976			
13	0.338	0.040	100.000			

为了更清晰地阐释公共因子的具体含义, 对因子载荷矩阵执行了最大化方差的正交旋转, 结果呈现于表 3:

Table 3. Rotated orthogonal factor table of factors affecting the quality of life of the elderly
表 3. 影响老年人生活质量因素的旋转正交因子表

指标	因子载荷权重				命名
	1	2	3	4	
慢性病发病率(X_1)	0.398	0.161	0.160	0.164	健康状况 F1
身体活动能力(X_2)	0.238	0.315	0.016	0.340	
心理健康状况(X_3)	0.211	0.328	0.158	0.017	
收入水平(X_6)	0.278	0.496	0.053	0.203	经济状况 F2
经济独立性(X_5)	0.423	0.195	0.419	0.324	
生活成本(X_8)	0.065	0.124	0.268	0.012	
家庭支持(X_9)	0.114	0.047	0.307	0.069	社会支持 F3
社会网络(X_{10})	0.250	0.257	0.313	0.183	
社区参与度(X_7)	0.239	0.171	0.294	0.385	
住房条件(X_{11})	0.150	0.280	0.135	0.117	生活环境 F4
环境安全性(X_{12})	0.232	0.123	0.093	0.202	
交通便利性(X_{13})	0.421	0.327	0.161	0.309	
就医便利性(X_4)	0.238	0.259	0.170	0.283	

由表 3 可知, 第一公因子主要由 X_1 , X_2 , X_3 三个指标决定, 它们主要代表个人行为, 可命名为健康情况 F_1 , 类似地, 描述影响老年人生活质量成因的其它 3 个公因子可命名为: 经济状况 F_2 、社会支持 F_3 和生活环境 F_4 。

2.3. 灰色关联分析结果

本研究将 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 这四个公因子的数据作为比较序列, 将影响生活质量的因素作为参考序列。通过 Python 软件计算各公因子与总体生活质量因素之间的关联度, 并据此进行了排序, 结果如表 4 所示:

Table 4. Correlation degree table between each forming factor and the overall quality of life factors
表 4. 各形成因子与总体的生活质量因素程度的关联度表

指标	生活环境	健康状况	社会支持	经济状况
关联度	0.6056	0.7435	0.5054	0.5845
排序	2	1	4	3

表 4 展示了各形成因子与老年人总体生活质量因素程度的关联度情况。其中, 健康状况的关联度最高为 0.7435, 在各指标中排序第一, 凸显了健康对老年人生活质量的关键作用。生活环境关联度为 0.6056, 排序第二, 表明良好的居住环境等生活环境因素对老年人生活质量有重要影响。经济状况关联度 0.5359, 排序第三, 说明稳定的经济收入可为老年人提供物质保障。社会支持关联度 0.5054, 排序第四, 虽有影响但相对弱于前三个因素。总体来看, 健康状况、生活环境、经济状况和社会支持均对老年人生活质量产生不同程度的影响, 在提升老年人生活质量的过程中, 应根据各因素的重要程度有针对性地采取措施。

3. 老年人生活质量评价指标体系构建

为了更精准地评估 BP 神经网络模型中各指标对老年人生活质量的影响, 本研究基于灰色关联分析的结果, 并结合相关文献, 筛选出对老年人生活质量影响较大的指标。这些指标涵盖了个人、社会和国家三个层面, 共计 12 个, 具体如下[8]:

- (1) 个人层面: 生理健康、心理健康、个人收入、家庭支持、住房条件、交通便利性、就医便利性。
- (2) 社会层面: 社区服务、社会支持网络。
- (3) 国家层面: 养老保障制度、医疗保障制度、养老服务体系建设。

综上, 本文建立的影响老年人生活质量的评价指标体系如表 5 所示:

Table 5. Evaluation index system for factors affecting the quality of life of the elderly

表 5. 影响老年人生活质量的评价指标体系

一级指标	二级指标
个人层面指标	生理健康(I_1)
	心理健康(I_2)
	个人收入(I_3)
	家庭支持(I_4)
	住房条件(I_5)
	交通便利性(I_6)
	就医便利性(I_7)
社会层面指标	社区服务(I_8)
	社会支持网络(I_9)
国家层面指标	养老服务体系建设(I_{10})
	养老保障制度(I_{11})
	医疗保障制度(I_{12})

4. BP 神经网络模型构建与训练

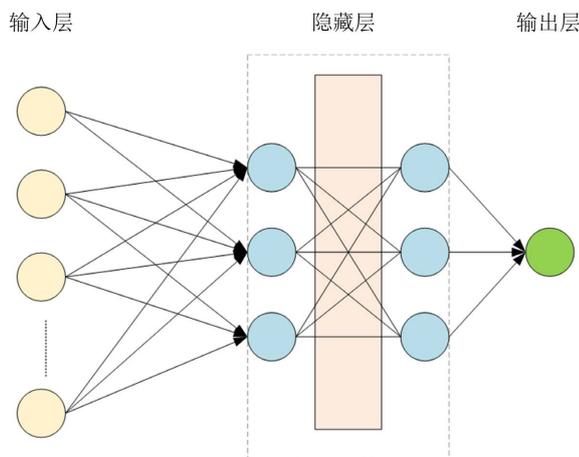


Figure 1. Structure diagram of BP neural network

图 1. BP 神经网络结构图

BP神经网络通常包括三个层级：输入层、隐藏层和输出层，这些层级之间是全面连接的。隐藏层的数量根据具体需求而定，可能是单层也可能是多层。在本研究中，构建的老年人生活质量评价模型采用了1层隐藏层。从建立的评价指标体系来看，包含了12个次级评价指标。因此，输入层的神经元数量设定为12个[9]。该网络的输出是老年人生活质量评价的最终结果，所以输出层的神经元数量为1个。由此构建如图1所示的BP神经网络评价模型。

为了验证BP神经网络评价模型的有效性，本研究进行了模型训练和测试。图2展示了训练过程中损失的变化趋势以及实际值与预测值之间的关系。

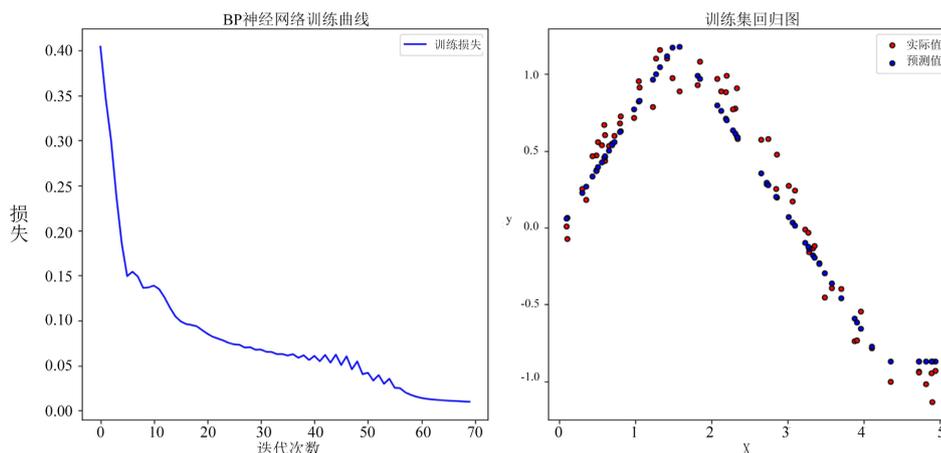


Figure 2. Model training curve and training set regression parameter diagram of BP neural network
图 2. BP神经网络的模型训练曲线和训练集回归参数图

由图2可知，训练曲线展示了模型在训练过程中损失(误差)的变化趋势。随着迭代次数的增加，损失逐渐降低，说明模型正在逐步学习和优化。训练集回归图展现了实际值与模型预测值之间的关系，通过该图形可以直观评估模型的拟合效果。据此分析，可以认定BP神经网络评估模型的有效性。

在神经网络模型中，所提及的三个相关系数，即输入单元与隐含层单元之间的权重系数、输出单元与隐含层单元之间的权重系数，其绝对影响系数即为学习算法旨在求解的权重值。这些权重值在神经网络中具有决定性作用，它们直接影响网络处理输入数据的能力以及输出结果的精确度。通过权重优化，可以提升神经网络在执行特定任务时的效率和准确性。因此，计算这些权重系数的绝对影响系数是神经网络训练过程的关键目标之一。一、二级指标的影响权重计算结果分别列于表6和表7。

Table 6. Weight table of first-level indicators
表 6. 一级指标的权重表

指标名称	权重
个人层面	0.627
社会层面	0.296
国家层面	0.077

Table 7. Weight table of secondary-level indicators
表 7. 二级指标的权重表

指标名称	权重
生理健康(I_1)	0.207

续表

心理健康(I_2)	0.170
个人收入(I_3)	0.075
家庭支持(I_4)	0.113
住房条件(I_5)	0.025
交通便利性(I_6)	0.019
就医便利性(I_7)	0.019
社区服务(I_8)	0.178
社会支持网络(I_9)	0.118
养老服务体系建设(I_{10})	0.031
养老保障制度(I_{11})	0.031
医疗保障制度(I_{12})	0.015

应用一级和二级指标的权重, 对各个二级指标进行评分。具体的评分计算方法如下所示:

$$S_i = w_i r_i \tag{1}$$

其中, S_i 代表第 i 个二级指标的汇总得分, w_i 表示第 i 个二级指标所占的权重比例, r_i 指的是第 i 个二级指标的初始评分值, $i = 1, 2, \dots, 12$ 。

通过一级指标的影响力权重, 并考虑各二级指标的初始评分数据, 计算出每个一级指标的总评得分, 具体的评分计算公式如下所示:

$$l_1 = W_1 \sum_{i=1}^7 S_i, l_2 = W_2 \sum_{i=8}^9 S_i, l_3 = W_3 \sum_{i=10}^{12} S_i \tag{2}$$

其中, $l_i (i = 1, 2, 3)$ 表示第 i 个一级指标的综合得分, $W_i (i = 1, 2, 3)$ 表示第 i 个一级指标的权重。

运用公式, 可得到一级指标及二级指标的最终得分, 见表 8:

Table 8. Final scoring results of indicators at all levels

表 8. 各级指标最终得分结果

一级指标	二级指标	各二级指标得分	各一级指标得分
个人层面	生理健康(I_1)	75	44.055
	心理健康(I_2)	70	
	个人收入(I_3)	60	
	家庭支持(I_4)	70	
	住房条件(I_5)	70	
	交通便利性(I_6)	60	
	就医便利性(I_7)	70	
社会层面	社区服务(I_8)	70	20.72
	社会支持网络(I_9)	70	
国家层面	养老服务体系建设(I_{10})	70	5.24
	养老保障制度(I_{11})	70	
	医疗保障制度(I_{12})	60	

表 8 揭示了老年人生活质量影响因素的评分体系, 涵盖了个人、社会和国家三个层面。个人层面以 44.055 的最高得分凸显了生理健康、心理健康、家庭支持、住房条件、交通便利性和就医便利性等直接因素的关键作用。社会层面得分 20.72, 表明社区服务和社会支持网络对老年人的社交互动和社区参与具有重要影响。国家层面得分 5.24, 虽相对较低, 但养老服务体系建设、养老保障制度和医疗保障制度等政策因素仍对老年人福祉起到不可或缺的支持作用。综合来看, 这些数据揭示了个人状况、社会环境和国家政策共同构成了老年人生活质量的综合影响因素, 为相关政策制定提供了重要参考。

5. 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] 刘泽龙, 李金秀. 武陵山区老年人生活质量的影响因素研究[J]. 人口与发展, 2018, 24(4): 62-70.
- [2] 姚虹. 武陵山区恩施市农村老年人社区居家养老服务需求差异研究[J]. 老龄科学研究, 2019, 7(12): 61-68.
- [3] 周晓蒙, 卢亚茹. 居住安排对老年人自评生活质量的影响研究[J]. 中国人口科学, 2022(6): 111-123+128.
- [4] 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/OL]. 大连理工大学学报(社会科学版), 1-13. <https://doi.org/10.19525/j.issn1008-407x.2024.06.012>, 2024-11-01.
- [5] 张栋, 郑路, 褚松泽. 养儿防老还是养女防老?子女规模、性别结构对家庭代际赡养影响的实证分析[J]. 人口与发展, 2021, 27(3): 96-109.
- [6] 柳雅婧, 陈明新, 李洪毅. 基于灰色关联与 BP 神经网络的大学生内卷成因及影响的统计分析——以长沙市高校为例[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2023, 37(3): 27-34.
- [7] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2019: 143-150.
- [8] 田宇晖. 基于 BP 神经网络的大型建筑工程施工造价预测方法研究[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(10): 16-18.
- [9] 何文浩, 林国恩, 武果. 基于 BP 神经网络拟合特性曲线的取水泵站优化调度模型[J]. 自动化与信息工程, 2024, 45(5): 20-31.