

基于灰色GM(1, 1)模型的商丘市人口老龄化发展趋势研究

赵 颖

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年2月27日; 录用日期: 2023年4月10日; 发布日期: 2023年4月18日

摘 要

目的: 预测商丘市65岁及以上老年人口的变化情况, 为商丘市相关部门制定和完善积极老龄化政策提供参考。方法: 数据选自2011~2020年河南省统计年鉴、河南省国民经济和社会发展统计公报中商丘市数据, 采用GM(1, 1)模型, 对商丘市65岁及以上老年人口的变化趋势进行分析。结论: 预测结果显示, 商丘市65岁及以上老年人口数量呈持续上升趋势, 到2030年即将突破180万人。

关键词

灰色理论, 人口老龄化, 发展趋势

Research on the Development Trend of Population Aging in Shangqiu City Based on Grey GM(1, 1) Model

Ying Zhao

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Feb. 27th, 2023; accepted: Apr. 10th, 2023; published: Apr. 18th, 2023

Abstract

Objective: To predict the changes of the elderly population aged 65 and above in Shangqiu City, and to provide reference for the relevant departments to formulate and improve the active aging policy. **Methods:** The data were selected from the statistical yearbook of Henan Province from 2011 to 2020 and the statistical bulletin of national economic and social development of Henan

Province. The GM(1, 1) model was used to analyze the trend of the elderly population aged 65 and above in Shangqiu City. Conclusion: The prediction results show that the number of elderly people aged 65 and above in Shangqiu City continues to rise, and will exceed 1.8 million by 2030.

Keywords

Grey Theory, Population Ageing, Development Trend

Copyright © 2023 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

人口老龄化是社会发展的重要趋势，也是我国今后较长一段时期的基本国情[1]。自 20 世纪 90 年代我国步入老龄化社会后，其老年人口持续增长，占总人口的比重逐渐增加。第七次全国人口普查结果显示：我国 65 岁及以上的人口为 19,063 万人，与 2010 年相比，其占总人口数的比重上升 4.63 个百分点[2]。老龄化进程的加快阻碍了我国经济社会的发展，使得在养老、医疗、经济以及人口结构等各方面都带来了巨大的压力。为了解决人口老龄化带来的各种问题，我国提出了积极老龄化、健康老龄化等众多概念，因此，正确认识老龄化问题并制定具有针对性的政策来缓解人口老龄化是十分必要的。

老龄化问题在我国众多省份中普遍存在，但并不是所有省份都在同一老龄化程度上，由于文化背景、经济发展、地区差异等因素的影响，使得人口老龄化具有地区性的特点[3]。河南省作为我国人口大省之一，一直面临着严重的人口老龄化问题[4]。根据第七次全国人口普查结果显示，河南省是人口增长较多的五大省份之一，与 2010 年第六次人口普查相比，河南省增加 5,341,952 人[2]。商丘市位于河南的东部，根据第七次普查结果推算，2020 年商丘市的常住人口 782 万人，老龄化系数比为 14，其老年人口数量较多，老龄化问题急需解决。基于此，本文选取商丘市 2011~2020 年 65 岁及以上老年人口数量为依据，分析其未来 10 年的老年人口变化趋势。

2. 研究方法 with 数据来源

2.1. 数据来源

本文数据来自于《河南省统计年鉴》和《河南省国民经济和社会发展统计公报》，从中查找统计 2011 年到 2020 年商丘市 65 岁及以上老年人口数量、常住人口总数以及老龄化系数比等数据指标。

2.2. 研究方法

研究通过构建 GM(1, 1)模型对 2021~2030 年河南省商丘市老龄化的发展趋势进行预测分析，并根据预测结果提出相对应的政策建议。GM(1, 1)模型是灰色预测模型的基础，在研究数据量较少且无明显规律时使用该模型，利用微分方程挖掘数据的本质规律。其主要步骤如下：

第一步，构建原始数据序列为。

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$$

第二步，建立一阶线性微分方程，即 GM(1, 1)模型。

对原始数据 $X^{(0)}$ 做一次累加生成(1-AGO)，得到累加生成数列为：

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) (i=1, 2, \dots, n)$$

计算紧邻均值, $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列:

$$Z^{(1)} = \frac{1}{2}x^{(1)}(k) + \frac{1}{2}x^{(1)}(k-1) (k=2, 3, \dots, n)$$

因此, 可以建立 GM(1, 1)模型的微分方程: $\frac{dx^{(1)}}{dt} + \alpha x^{(1)} = b$, 其中, a 表示发展系数, b 表示灰色作用量。

第三步, 利用 $X^{(0)}$ 和 $X^{(1)}$ 分别建立数据矩阵 B 和常数项向量 Y , 即

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

第四步, 设 u 为待估参数, $\mu = \begin{bmatrix} \alpha \\ b \end{bmatrix}$, 根据最小二乘法原理求解参数 a 和 b , 进而可以得到

$$\hat{\mu} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n.$$

第五步, 求解预测方程。

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak} + \frac{b}{a}, (k=0, 1, 2, \dots, n)$$

第六步, 再进行累减后就可以得到原始数据的还原值:

$$\hat{X}^{(0)} = (\hat{X}^{(0)}(1), \hat{X}^{(0)}(2), \dots, \hat{X}^{(0)}(N-1))$$

第七步, 模型检验。灰色 GM(1, 1)模型预测的精确度通常使用后验差 C 和小误差概率 P 来进行综合检验[5], 其模型精度检验等级见表 1 GM(1, 1)模型精度检验等级。平均相对误差和精度检验的公式分别为:

$$\varepsilon(\text{avg}) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n \varepsilon(k), P_0 = (1 - \varepsilon(\text{avg})) \times 100\%$$

后验差比值是 $C = S_2/S_1$, 其中 S_2 是对残差的标准差, S_1 是对原始序列的标准差:

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n (E(k) - \bar{E})^2}, S_1 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n (X^{(0)}(k) - \bar{X})^2}$$

Table 1. GM(1, 1) model accuracy test level
表 1. GM(1, 1)模型精度检验等级

精度检验	P_0	C
1 级(优秀)	>95%	<0.35
2 级(良好)	>80%	<0.5
3 级(合格)	>70%	<0.65
4 级(不合格)	<70%	>0.65

2.3. 数据处理方法

运用 Microsoft Excel 软件录入 2010~2020 年河南省商丘市 65 岁及以上老年人口的相关数据, 对其进行统计、分析, 构建模型及求解。

3. 河南省商丘市人口老龄化发展状况分析

商丘市, 河南省东部, 是全国性综合交通枢纽, 同时也是国家历史文化名城、中华文明的发祥地之一。但由于商丘市的社会经济发展水平较低, 以农业生产为第一产业, 大量外迁人员, 使得其老龄化程度加深。

商丘市经济和社会统计公报显示, 2020 年底商丘市的常住人口为 782 万人, 65 岁及以上的老年人口为 110 万人, 老龄化系数比为 14, 见表 2 河南省商丘市 2011~2020 年 65 岁及以上老年人口数量。根据联合国人口组织对于老龄化的定义, 商丘市已经步入较为严重的老龄化阶段。综上, 商丘市老龄化主要有以下特点: 老年人口基数较大、老龄化的严重程度加深, 以及经济发展水平有限, 养老压力大, 缓解老龄化问题刻不容缓。

Table 2. Number of elderly population aged 65 and above in Shangqiu City, Henan Province from 2011 to 2020

表 2. 河南省商丘市 2011~2020 年 65 岁及以上老年人口数量

年份(年)	人口总数/万人	65 岁及以上人口/万人	老龄化系数
2011	736	68	9.2
2012	732	73	10
2013	728	76	10.4
2014	726	77	10.6
2015	727	75	10.3
2016	728	80	11
2017	730	91	12.4
2018	733	94	12.8
2019	733	98	13.4
2020	782	110	14

4. 河南省商丘市 2021~2030 年老年人人口预测

4.1. 河南省商丘市老年人口数 GM(1, 1) 灰色度模型的建立

表 1 为河南省商丘市 2011~2020 年 65 岁及以上老年人口及常住总人口的数据情况, 其中 2020 年是根据第七次全国人口普查数据推算的年末总人口数。根据灰色 GM(1, 1) 模型的建模步骤, 建立 65 岁及以上老年人口数量的预测模型, 预测河南省商丘市未来 10 年内 65 岁及以上人口数的变化情况。

1) 设原始数据序列为:

$$x^{(0)} = (68, 73, 76, 77, 75, 80, 91, 94, 98, 110)$$

2) 对 $x^{(0)}$ 做一次累加生成(1-AGO), 得到:

$$x^{(1)} = (68, 141, 217, 294, 369, 449, 540, 634, 732, 842)$$

3) 构造数据矩阵 B 和常数数列 Y , 得

$$B = \begin{pmatrix} -104.5 & 1 \\ -179.0 & 1 \\ -225.5 & 1 \\ -331.5 & 1 \\ -409.0 & 1 \\ -494.5 & 1 \\ -587.0 & 1 \\ -683.0 & 1 \\ -787.0 & 1 \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} 73 \\ 76 \\ 77 \\ 75 \\ 80 \\ 91 \\ 94 \\ 98 \\ 110 \end{pmatrix}$$

4) 通过计算, 可以求得发展系数 $a = -0.05$, 灰色作用量 $b = 63.51$, $b/a = -1201.77$ 。

5) 得出预测模型: $x^{(1)}(k+1) = 1269.77e^{0.05k} - 1201.77$ 。

4.2. 模型检验

经过计算, 得出的预测值见表 3 河南省商丘市 65 岁及以上老年人口的预测值与原始值对比。结果显示, 在河南省商丘市 65 岁及以上老年人口的预测模型中, 原始序列标准差 S_1 为 13.36, 残差标准为 S_2 为 3.59, 其后验差 C 为 0.27; 平均相对误差为 3.28%, 模型精度 P 为 96.72%, 根据表 1 可知, 该模型的精度较高, 能够较为准确地预测结果, 其拟合效果见图 1 商丘市 65 岁及以上老年人口拟合情况。由计算结果可知, 模型的 $-a$ 值小于 0.3, 因此可以运用该模型对河南省商丘市 65 岁及以上老年人口来进行中长期预测。

Table 3. Comparison of predicted values and original values of the elderly population aged 65 and above in Shangqiu City, Henan Province

表 3. 河南省商丘市 65 岁及以上老年人口的预测值与原始值对比

年份	实际值(万人)	预测值(万人)	残差	相对误差
2011	68	68	0	0%
2012	73	68.90	4.10	5.61%
2013	76	72.64	3.36	4.42%
2014	77	76.59	0.41	0.54%
2015	75	80.74	-5.74	7.65%
2016	80	85.12	-5.12	6.40%
2017	91	89.74	1.26	1.38%
2018	94	94.61	-0.61	0.65%
2019	98	99.75	-1.75	1.78%
2020	110	105.16	4.84	4.40%

4.3. 预测结果

利用模型对河南省商丘市未来 10 年 65 岁以上的老年人口数量进行预测, 其结果见图 2 商丘市未来 10 年老年人口增长数量预测。由预测结果可知, 河南省商丘市未来 10 年的老年人口的数量是在逐年递增的, 从 2020 年的 110 万人增加至 2030 年的 178.38 万人, 平均每年增加 6.838 万, 老年人口基数持续扩大, 其老龄化的压力较大。

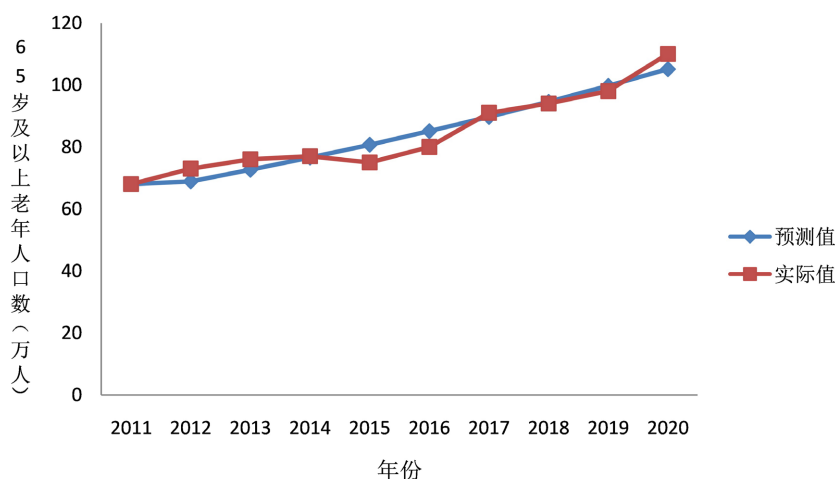


Figure 1. Fitting of the elderly population aged 65 and above in Shangqiu City
图 1. 商丘市 65 岁及以上老年人口拟合情况

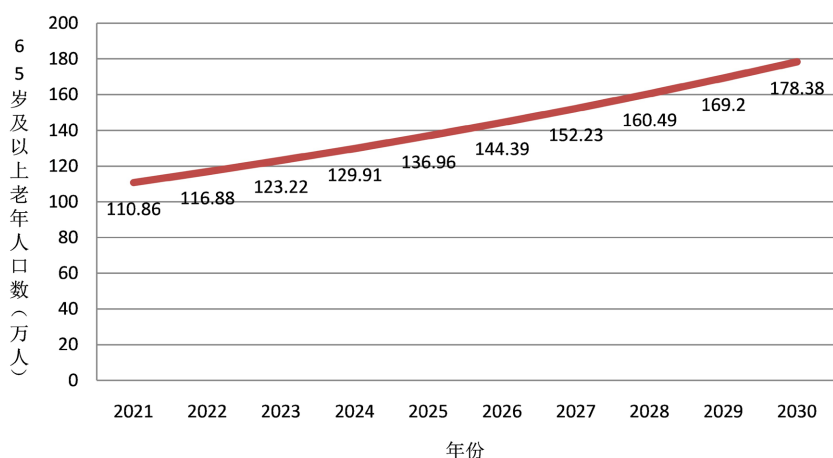


Figure 2. Prediction of the number of elderly population growth in Shangqiu City in the next 10 years
图 2. 商丘市未来 10 年老年人口增长数量预测

5. 结论

本研究采用灰色 GM(1, 1) 预测模型, 选取 2011 年至 2020 年河南省商丘市 65 岁及以上老年人口数量作为依据, 来预测 2021 年至 2030 年商丘市老年人口的发展趋势, 拓展了我国对于老龄化预测方面的研究, 有利于制定和完善老龄化方面的相关政策, 为其提供基层地区的数据依据。经上述预测研究发现, 河南省商丘市未来 10 年的老年人口呈持续上升的趋势, 到 2030 年 65 岁及以上的老年人口将突破 180 万人, 这对于一个小三线城市来说, 其养老压力较大。因此, 基于以上研究, 为有效应对人口老龄化, 缓解养老压力, 践行积极老龄化理念, 提出以下几点可行性建议:

第一, 鼓励生育, 优化人口结构。

生育率的提高是增加未来劳动力的直接手段, 对于我国人口结构的改善有较大的推动力; 同时, 也是应对人口老龄化问题的治本之策。为了积极应对人口老龄化, 中共中央政治局在 2021 年 5 月 31 日宣布实施三孩生育政策[6]。在鼓励生育的同时, 政府应该积极落实、推进相应的生育配套保障, 完善医疗保障政策, 促进女性公平就业, 加快发展普惠托育服务[7], 优化区域内教育资源配置[8], 合理控制房价

上涨等实质性激励措施,提高女性的生育意愿,降低家庭的生育负担,进而提高三孩生育政策的执行效果,大力改善人口结构。

第二,充分利用老年人力资源,促进银发经济。

对于社会来说,老年人是一种宝贵的、稀缺的资源,相较于年轻人而言,他们拥有更多的阅历和经验,尤其是低龄老年人,若再次投入社会则可以继续发挥价值,创造出无限的财富。因此,应积极宣传老龄化理念,倡导老年人在身体力行的状况下,积极参与社会,发挥自身价值。同时,由于老年人口的增多,其老年市场需求增加,应大力发展老龄产业,创新性地生产老年人产品,完善产业结构的调整,进而促进经济的发展。随着经济生活水平的提高,老年人对于精神层面的需求更多,因此,应增加老年人的休闲娱乐场所,培养具有专业化素养的老年人服务团队。充分利用好老年人力资源,促进经济的发展,是缓解人口老龄化所带来压力的快速方法之一。

参考文献

- [1] 环球网.《中国适老环境发展研究报告》开题会在京举办[EB/OL].
http://www.sohu.com/a/367428679_162522, 2020-01-17.
- [2] 统计局网站.第七次全国人口普查公报:人口、民族与习俗[EB/OL].
http://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content_5606149.htm, 2021-05-11.
- [3] 严宇珺,严运楼.上海人口老龄化发展趋势及其影响因素——基于GM(1,1)和主成分分析[J].中国老年学杂志, 2021, 41(14): 3093-3098.
- [4] 郭敬,黄陈刘.河南省人口老龄化预测[J].西北人口, 2015, 36(1): 67-72.
<https://doi.org/10.15884/j.cnki.issn.1007-0672.2015.01.013>
- [5] 陈艳玫,刘子锋,李贤德,黄奕祥.2015-2050年中国人口老龄化趋势与老年人口预测[J].中国社会医学杂志, 2018, 35(5): 480-483.
- [6] 乔小桐.多源流理论视域下“三胎”政策议程分析[J].商业经济, 2022(7): 145-148.
<https://doi.org/10.19905/j.cnki.syjj.2022.07.016>
- [7] 徐浩然,刘振奋.我国的人口政策与社会保障——基于“三孩”政策背景下的探讨[J].国际公关, 2022(1): 128-130.
- [8] 李一陵.不断优化配套措施 推动三孩生育政策落地[J].中国卫生人才, 2021(9): 8-9.