

山西省人口老龄化预测分析

裴 婕

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年10月23日; 录用日期: 2022年11月18日; 发布日期: 2022年11月29日

摘 要

近年来, 山西省人口老龄化问题日益突出, 老年人口数量迅速增加, 重视并解决老龄化这一问题显得尤为重要。通过建立灰色GM(1, 1)模型, 选取山西省2013年至2019年65岁以上人口的数据, 来预测未来的老年人口数量。结果显示, 在2021年至2025年期间, 山西省的老年人数量将增加, 未来的养老形势严峻。

关键词

灰色预测, GM(1, 1)模型, 人口老龄化, 预测与分析

Analysis of Population Ageing Projections in Shanxi Province

Jie Pei

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Oct. 23rd, 2022; accepted: Nov. 18th, 2022; published: Nov. 29th, 2022

Abstract

In recent years, population ageing in Shanxi Province has become increasingly prominent and the number of elderly people has increased rapidly, making it particularly important to pay attention to and address this issue of ageing. By building a grey GM(1, 1) model, data on the population aged 65 or above in Shanxi Province from 2013 to 2019 were selected to predict the number of elderly people in the future. The results show that the number of elderly people in Shanxi Province will increase between 2021 and 2025, and the future situation of old age will be severe.

Keywords

Grey Forecasting, GM(1, 1) Model, Population Ageing, Forecasting and Analysis



1. 引言

人口在经济的生产活动中发挥着重要作用，社会生产、分配和再分配与人口数量密切相关。老龄化社会是指老年人在总人口中的比重达到或超过一定比例的人口模式。根据联合国的标准，如果一个地区有 7% 的人口在 65 岁以上，就被认为是一个老龄化社会[1]。

通过 2015~2020 年《山西省国民经济和社会发展统计公报》的数据可以看出，自山西省的老龄化速度从 2000 年开始快于全国之后，山西的老年人口比重逐年升高。鉴于山西省的老龄化人口结构，了解山西省的人口老龄化趋势及其可能产生社会经济后果是非常重要的。通过了解山西省的人口现状及发展趋势，可以为山西省未来的社会经济发展方向提供一个新的视角，它还将有助于探索山西省未来的新经济，并在经济可持续发展的背景下促进其人民的发展。

2. 已有研究成果综述

我国目前处在人口老龄化快速发展的阶段，人口年龄结构的不平衡对社会和经济发展有诸多影响。随着老年人数量的增加，我国的社会保障体系、福利政策、养老金和医疗保险在满足老年人需求方面相对滞后。因此，预测国家和地区的人口趋势可以为政府决策提供有效的信息，这对国计民生至关重要。自 21 世纪初以来，一些中国研究人员一直关注着老龄化问题，旨在研究和解决中国人口结构各方面的变化，并提出针对性的对策和建议。杨真真、刘琳(2021)等人根据中国统计年鉴 2011~2019 年数据，使用 GM(1, 1)模型预测中国的老龄化趋势，预计到 2025 年我国将进入深度老龄化社会，到 2030 年，将迈入超级老龄化社会[2]。李文华(2020)在描述人口老龄化现状的基础上，建立 GM(1, 1)模型来预测中国人口老龄化水平，发现目前中国人口老龄化严重，未来老龄化率将继续上升[3]。李晓鹤、刁力(2019)基于第六次人口普查的数据，评估了 2010 年至 2060 年中国老年失能人口数量的变化，结果显示，中国老年失能人口数量有快速增长的趋势，并存在高龄化、城乡差异和性别差异特征[4]。陈艳玫、刘子锋(2018)等人我们利用 1994 年至 2010 年的特定年龄和性别的死亡率数据建立了 ARIMA 预测模型，得出 2015 年至 2050 年期间中国特定年龄和性别的预测生存率，结果显示，在 2015 年至 2050 年间，中国的老年人总数将持续增加，且年龄段越高，女性老年人口占比越高；另外，80 岁及以上高龄老年人在老年人口总量中的比重逐年增加且增速加快[5]。

我国的研究人员已经对中国的人口老龄化问题进行了多次研究，并从不同的角度提出了政策建议，但针对山西省的人口老龄化研究涉及较少。在此基础上，本文根据 2013 年至 2019 年山西省老年人口数据，利用 GM(1, 1)模型对 2022 年至 2025 年山西省 65 岁及以上人口数量进行了预测，通过实证分析提出了相应的对策，对研究山西省人口老龄化问题对区域经济发展及社会结构调整具有重要的理论价值和现实意义[6]。

3. 人口老龄化预测的 GM(1, 1)模型

3.1. GM(1, 1)模型基本原理

灰色预测理论表明，虽然一些系统性问题不明确，也很复杂，但它们是有组织、有结构的，是作为一个整体发挥作用的。GM(1, 1)模型是基于灰色预测理论的原理，针对较为离散且规律性不强的数据进

行分析, 主要用于中长期预测, 应用范围很广。在 GM(1, 1)模型 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 中, 通过形成数列, 以微方程的时间连续模型表示时间序列, 即 $x^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - b/a)e^{-ak} + b/a$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。通过以上模型对山西省 65 岁及以上的人口数量进行预测, 其中 M 表示山西省的老龄化变量, m 表示山西省的老龄化具体数值[7]。

山西省人口老龄化的原始序列 $M^{(0)} = (m^{(0)}(1), m^{(0)}(2), \dots, m^{(0)}(n))$, $M^{(1)}$ 为 $M^{(0)}$ 的 1-AGO 序列;

生成的紧邻均值生成序列:

$M^{(1)} = (m^{(1)}(1), m^{(1)}(2), \dots, m^{(1)}(n))$, $M^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k m^{(0)}(i)$, $k=1, 2, 3, \dots, n$; $Z^{(1)}$ 为 $M^{(1)}$;

$Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$, 其中 $Z^{(1)}(k) = 0.5(m^{(1)}(k) + m^{(1)}(k+1))$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。

GM(1, 1)模型的基本形式为:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$$

可以得出:

GM(1, 1)模型 $m^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$, 其中, $a = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。

时间响应式为: $m^{(1)}(k+1) = (m^{(0)}(1) - b/a)e^{-ak} + b/a$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。

累减还原式: $m^{(0)}(k+1) = m^{(1)}(k+1) - m^{(1)}(k)$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ [7]。

公式中, $-a$, b 分别表示发展系数、灰色作用量。而 $-a$ 用来反映 $x^{(1)}$ 和 $x^{(0)}$ 的发展态势。

3.2. GM(1, 1)模型误差检验

通过建立 GM(1, 1)模型, 估计和处理数据, 可以用来预测山西省 65 岁及以上的人口数量。GM(1, 1)模型只有在通过测试后才能用于预测。一般用后验差 C 和小误差概率 P 来综合评定灰色模型的建模优劣精度, 因此需要对 GM(1, 1)模型的精度进行后验差检验。后验差检验需要分别计算残差序列与相对残差序列, 根据模型数据可得到相对残差的最大值, 当最大值小于 0.01 时, 可判断该模型的拟合效果较好。

4. GM(1, 1)模型的实证检验和分析

4.1. 数据来源与模型构建

GM(1, 1)模型的数据来自 2013~2019 年的山西省统计年鉴, 对 65 岁及以上老年人口数据整理所得, 如表 1 所示。

Table 1. Population statistics of Shanxi Province 2010~2019

表 1. 2010~2019 山西省人口统计表

年份	常住人口(万)	65 岁及以上人口数量(万)	所占比例
2013	3629.80	303.81	8.37
2014	3647.96	316.64	8.68
2015	3664.12	333.43	9.10
2016	3681.64	349.39	9.49
2017	3702.35	368.38	9.95
2018	3718.34	386.71	10.40
2019	3729.22	409.10	10.97

GM(1, 1)模型用原始数据进行了测试, 如果测试的准确性很高, 那么在未来几年里, 该模型对山西省 65 岁及以上人口数量的预测值只会越来越可靠。

$M^{(0)} = (303.81, 316.64, 333.43, 349.39, 368.38, 386.71, 409.10)$, $M^{(1)}$ 为 $M^{(0)}$ 的 1-AGO 序列[7], 则 $M^{(1)}$ 均值生成数列为 $z^{(1)} = (462.13, 787.17, 1128.58, 1487.46, 1865.01, 2262.91)$ 。GM(1, 1)模型的时间响应式为 $m^{(1)}(k+1) = 14919e^{0.0223k} + 14586$, $k = 1, 2, \dots, n$, 得 $m^{(1)} = (333.41, 669.51, 1013.2, 1364.6, 1723.9)$ 。作累减还原, 得 $m^{(0)} = \{m^{(0)}\}_2^5 = (333.41, 336.1, 343.67, 351.41, 359.33)$ 。

4.2. 对人口老龄化趋势的实证研究

为保证 GM(1, 1)模型在经验估计过程中的准确性及有效性, 一般要求误差概率和残差均值尽可能小, 表 2 显示了 GM(1, 1)模型在数据分析中的准确性。

Table 2. Description of grey fuzzy evaluation prediction accuracy levels
表 2. 灰色模糊评价预测精度等级描述

检验指标	优	合格	勉强合格	不合格
小误差概率 P	>0.95	>0.85	>0.7	≤0.70
均方差比 C	<0.34	<0.5	<0.66	≥0.64
相对误差	<0.01	<0.05	<0.1	≥0.20

GM(1, 1)模型 $m^{(1)}(k+1) = 14919e^{0.0223k} + 14586$, $k = 1, 2, \dots, n$, 应检查 GM(1, 1)模型的准确性, 保证预测有效, 以下是山西省 65 岁及以上人口准确率测试的预测模型。原始序列为 $m^{(0)} = (303.81, 316.64, 333.43, 349.39, 368.38, 386.71, 409.10)$, 预测模型序列为 $m^{(0)} = \{m^{(0)}\}_2^5 = (333.41, 336.1, 343.67, 351.41, 359.33)$

4.2.1. 平均相对模拟百分比误差测试

残差序列 $\varepsilon^{(0)} = (0, 174.08, 164.06, 148.17, 129.32, 102.70, 71.68, 35.84)$; 相对误差序列 $\Delta = (0, 0.52208, 0.46956, 0.40222, 0.33441, 0.25103, 0.20109)$ 。

平均相对模拟百分比误差 $\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_i \Delta_i = 0.00398 = 0.098\% < 0.01$, 精度为优。

4.2.2. 小误差概率测试

$0.6745S_i = 7.342$, $\varepsilon_1 - \varepsilon^- = 0.096$, $\varepsilon_2 - \varepsilon^- = 1.426$, $\varepsilon_3 - \varepsilon^- = 2.544$, $\varepsilon_4 - \varepsilon^- = 1.526$, $\varepsilon_5 - \varepsilon^- = 0.504$, 所以 $m = M(\varepsilon^{(k)} - \varepsilon - 0.6745S_i) = 10.95$, 小概率事件为优。

4.2.3. 级差比检验

为了检查模型预测的可靠性, 通过以下过程对数据进行了检验比对, 即对 2013 年至 2019 年的数据进行级比检验。根据最初的累积数据, 进行级比检验, 则获得山西省老龄人口原始数据的级差比为 $\lambda^{(0)}(k) = (0.959, 0.950, 0.954, 0.948, 0.953, 0.945)$, 根据上述分析, 数据及对应的级差比结果均保持条件 $\lambda^{(0)}(k) \in [e^{-2/n-1}, e^{2/n-1}]$, 故级差比检验通过, 获得原始数据构建 GM(1, 1)模型的预测条件。

4.2.4. 实证分析

GM(1, 1)模型通过了多项测试, 取得了较高的准确度, 因此 GM(1, 1)模型可以用来预测山西省的老

年人口。可得： $m^{(1)}(k+1) = 14919e^{0.0223k} + 14586$ ， $k = 1, 2, \dots, n$ ；且 $m^{(0)}(k+1) = m^{(1)}(k+1) - m^{(1)}(k)$ ， $k = 1, 2, \dots, n$ 。根据上式进行 k 的赋值，表 3 是山西省 2022~2025 年的人口老龄化预测。

Table 3. Ageing population development and projections, 2022~2025

表 3. 2022~2025 年老年人口发展及预测

年份	65 岁及以上老年人口数(万)	65 岁及以上老年人口数量预测值(万)
2013	303.81	303.81
2014	316.64	446.37
2015	333.43	615.74
2016	349.39	816.96
2017	368.38	1056.02
2018	386.71	1340.03
2019	409.10	1677.45
2020		2078.32
2021		2554.57
2022		3120.38
2023		3792.59
2024		4591.20
2025		5539.98

4.3. 实证结果分析

表 3 显示，山西省的老年人口很多，而且在不断增加。2019 年，山西省老年人口达到 409.1 万人，占全省总人口的 10.97%。经过建模及计算，通过近几年的人口数据以及预测结果可以看出，2019 年之后的 6 年内，山西省老年人口的数量将逐年增加，并且上涨速度很快，同时，人口老龄化预计将给养老问题、社会劳动力问题以及医疗保健消费方面的问题带来巨大压力，这将对山西省的经济发展和建设产生一定影响[8]。简而言之，山西的人口正在逐渐老龄化；与全国水平相比，山西的人口老龄化速度很快。

同时，基于 GM(1, 1)模型的预测偏差，经过数据计算和处理，预测的模拟残差、残差和相对误差见表 4。

Table 4. Predicted simulation residuals and residuals based on the GM(1, 1) model

表 4. 预测的模拟残差和基于 GM(1, 1)模型的残差

年份	老年人口基数(万)	残差	相对残差
2020	2078.323045	148.1699256	0.522080929
2021	2554.57403	129.3214827	0.469559113
2022	3120.381664	102.6977073	0.402220331
2023	3792.586633	71.68059599	0.334414633
2024	4591.196433	35.84029799	0.251033261
2025	5539.980868	61.13251435	0.201092974

从表 4 的计算结果来看，平均相对误差为 0.100546487，模型构建合理科学，预测精度很好。因此，

该模型的预测结果是高度可靠的，可用于预测山西省的人口老龄化。

5. 结论

人口预测是利用现代科学技术方法，根据现有的人口模式及时预测人口动态，帮助公共政策制定者制定政策，以保证社会经济持续健康发展。人口预测的模型有很多，如增长模型、灰色系统模型法、时间序列法、神经网络模型、回归分析预测法等，选择一个合适的模型是人口预测的关键。人口系统的灰色性质使其更适合使用灰色预测方法来研究相关问题。通过利用灰色 GM(1, 1)模型，结合 2013 年至 2019 年山西省 65 岁以上老年人口的数据，预测未来老龄化趋势。

首先，估算和精度实验结果表明，GM(1, 1)模型对山西省 65 岁及以上人口数量的估计具有较高的可靠性，是一种较好的人口预测方法，适合于中短期内的人口老龄化预测。这项研究发现，山西省的人口正在老龄化，未来的养老形势很严峻。其次，山西省人口老龄化进程加快，老年人占总人口的比例逐年上升。研究表明，预计山西省老龄人口数将会快速上升，老龄化趋势日益加剧。因此，政府和社会各界都必须积极应对人口老龄化，提早制定相应的老年人保障对策，以应对老年人口在健康需求和医疗服务等各方面的需求。

参考文献

- [1] 方时姣, 赵平平. 人口老龄化对环境质量的影响——基于省级面板数据的实证分析[J]. 贵州商学院学报, 2019, 32(4): 69-78.
- [2] 杨真真, 刘琳, 谢艳秋, 王淼. 基于灰色预测模型的人口老龄化发展趋势预测与应对策略研究[J]. 中国管理信息化, 2021, 24(9): 198-200.
- [3] 李文华. 中国人口老龄化预测[J]. 合作经济与科技, 2020(4): 178-179.
<https://doi.org/10.13665/j.cnki.hzjyjkj.2020.04.071>
- [4] 李晓鹤, 刁力. 人口老龄化背景下老年失能人口动态预测[J]. 统计与决策, 2019, 35(10): 75-78.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyjc.2019.10.017>
- [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] 刘新民, 宋红汝, 范柳. 区域创业环境与创新平台对创业企业的吸引力研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(7): 7-13.
- [7] 李鲁. 安徽省人口老龄化预测与分析——基于灰色 GM(1,1)模型[J]. 洛阳理工学院学报(社会科学版), 2020, 35(1): 25-31+79.
- [8] 高红. 基于灰色预测系统的南京市人口老龄化预测[J]. 江苏商论, 2021(8): 137-140.
<https://doi.org/10.13395/j.cnki.issn.1009-0061.2021.08.037>