

基于GM(1,1)灰色预测模型的山东省城乡居民基本养老保险参保趋势预测

代晓悦

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年6月5日; 录用日期: 2023年8月24日; 发布日期: 2023年9月4日

摘要

作为全国老龄化程度较为严重的省份, 山东省多年来努力推行全民参保计划、扩大基本养老保险覆盖面, 但随着人口老龄化的不断发展和待遇水平的逐年提高, 这样的趋势或给地方财政带来压力, 因此对参保人数进行前瞻预测、提出对策建议有利于地方政府提前做出应对。本文通过数据分析探究了, 使用GM(1,1)灰色预测模型建立了山东省2022~2031年城乡居民基本养老保险参保人数的预测模型, 并对山东省未来10年城乡居民基本养老保险参保人数变化趋势进行了预测, 基于预测结果提出了落实全民参保、缓解压力的对策。

关键词

山东省, 城乡居民基本养老保险, 参保人数, GM(1,1)模型

Based on GM(1,1) Grey Prediction Model, the Trend of Basic Pension Insurance for Urban and Rural Residents in Shandong Province Is Predicted

Xiaoyue Dai

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jun. 5th, 2023; accepted: Aug. 24th, 2023; published: Sep. 4th, 2023

Abstract

As a province with a serious degree of aging in the country, Shandong Province has been trying to

implement the national insurance plan and expand the coverage of basic pension insurance for many years. However, with the continuous development of population aging and the increasing level of treatment year by year, such a trend may bring pressure to local finance. Forecasting the number of people and putting forward countermeasures and suggestions are conducive to local governments' early response. Through data analysis, this paper uses GM(1,1) gray prediction model to establish a prediction model for the number of urban and rural residents participating in the basic endowment insurance in Shandong Province from 2022 to 2031, and predicts the change trend of the number of urban and rural residents participating in the basic endowment insurance in Shandong Province in the next 10 years. Based on the forecast results, the countermeasures of implementing universal insurance and relieving pressure are put forward.

Keywords

Shandong Province, Basic Pension Insurance for Urban and Rural Residents, Number of Insured Persons, GM(1,1) Model

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

社会保险是我国社会保障体系的重要组成部分，是维护社会稳定、增进民生福祉的核心力量。我国早在 2000 年便已迈入老龄化社会，老龄社会给我国的经济社会发展带来了许多新的挑战，老年人口规模的迅速扩大使得社会保险在社会保障体系中的作用越来越重要，养老保险的参保人数也逐年递增。2021 年末，我国基本养老保险覆盖超 10 亿人，其中，城镇职工基本养老保险、城乡居民基本养老保险参保人数分别为 48,075 万人、54,797 万人，分别比上年末增加 2454 万人、554 万人。但养老保险具有动态性，吸纳保费和待遇发放这一循环运作过程的测度离不开参保数据的变化，因而研究养老保险的参保情况是研究养老金可持续性的重要基础[1]。

据第七次人口普查结果显示，山东省 60 岁及以上人口达 2122.1 万，占比为 20.9%，高出全国水平 2.2 个百分点，是全国老年人口最多的省份；其中，65 岁及以上老年人口达到 1536.4 万，占比为 15.13%，高出全国水平 1.6 个百分点。到 2025 年，预计 60 岁及以上人口将超过 2400 万人，在总人口中占比将超过 24%。这样的人口特征给山东省的为老服务带来了很大压力，在养老保障、养老服务、健康服务、宜居环境等方面，地域、城乡之间还存在着发展不平衡、不充分问题，人口老龄化的趋势也必将给养老金的给付带来压力。因此，对城乡居民参与基本养老保险的人口数据进行预测具有必要性，有利于开展城乡居民基本养老保险基金收支平衡测度，也是养老保险制度财务可持续性研究的重要基础[2]。

近年来，山东省通过开展“全民参保计划”，不断推进基本养老保险覆盖面扩大和待遇水平提高。据相关报道统计，截至 2022 年 10 月底，山东省居民养老保险参保人数达 4637 万人，覆盖率达 90% 以上，基本养老保险扩面工作取得了良好成绩。2022 年，山东省人力资源和社会保障厅等四部门联合印发《关于完善居民基本养老保险政策有关问题的通知》，优化调整缴费档次，进一步完善居民参保激励约束机制；且于 2022 年 7 月将全省居民基本养老保险基础养老金最低标准由 150 元提升至 160 元，着力提高居民养老保险人均待遇水平。并且，自 2009 年建立制度以来，山东省已先后 9 次提高基础养老金最低标准，调整后的基础养老金最低标准高于国家标准 49 元，部分市、县更是根据自身实际在省规定的最低标准基础上进一步提高了基础养老金标准。

2. GM(1,1)灰色预测方法的原理

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法,所针对的是既含有已知信息又含有不确定信息的系统,通过对各系统要素进行关联分析,将原始数据生成有规律性的数据序列并建立结构方程模型,来预测事物未来发展趋势的状况[3]。它既不需要大量的样本,且样本不需要有规律性分布,兼具适合短期、中长期预测以及精度较高的优点,因此适用范围广。目前使用最广泛的灰色预测模型是关于数据预测的一个变量、一阶微分的GM(1,1)模型[4]。

建立灰色预测模型的一般步骤包括:级比检验,分析建模可行性;数据变换处理;用GM(1,1)建模;模型检验。本文所选用的数据来源于由山东省统计局发布的《山东省国民经济和社会发展统计公报》中山东省2012~2021年城乡居民基本养老保险参保人数的相关统计数据,所采用的数据分析软件为Excel。

3. GM(1,1)模型的实证检验过程及分析

下面以实际数据建立山东省城乡居民基本养老保险参保人数GM(1,1)灰色预测模型并进行预测,建模过程如下:

山东省2012~2021年城乡居民基本养老保险参保数据如表1所示。建立城乡居民基本养老保险参保人数数据时间序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(10)) = (4401.2, 4512.8, 4539.9, 4534.3, 4538.9, 4530.6, 4551.9, 4560.3, 4590.4, 4614.1)$ 。

Table 1. Statistics of basic pension insurance for urban and rural residents in Shandong Province from 2012 to 2021
表 1. 山东省 2012~2021 年城乡居民基本养老保险参保数据统计表

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
总人口数(万人)	9708	9746	9808	9866	9973	10033	10077	10106	10165	/
参保人数(万人)	4401.2	4512.8	4539.9	4534.3	4538.9	4530.6	4551.9	4560.3	4590.4	4614.1
参保率(%)	45.3	46.3	46.3	46.0	45.5	45.2	45.2	45.1	45.2	/

注:数据收集整理自山东省统计局官网《山东统计年鉴》《山东省国民经济和社会发展统计公报》。

3.1. 对 $X^{(0)}$ 进行级比检验,判断其建模可行性

在使用该组数据进行建模之前,首先要判断建模可行性。对 $X^{(0)}$ 求级比得: $\rho(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$, $\rho = (\rho(2), \rho(3), \dots, \rho(10)) = (0.9753, 0.9940, 1.0012, 0.9990, 1.0018, 0.9953, 0.9982, 0.9934, 0.9949)$ 。

\therefore 当 $X^{(0)}$ 的级比满足 $\rho(k) \in \left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$ 时,建模可行,否则需要对数列 $X^{(0)}$ 进行数据变换处理,使其落入 $\left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$ 的范围内。经计算,由于所有的 $\rho(k) \in [0.8338, 1.1994]$, ($k = 2, 3, \dots, 10$),因此原始数据通过级比检验,可以用 $X^{(0)}$ 进行GM(1,1)建模。

3.2. 对原始数据 $X^{(0)}$ 进行数据变换处理

对原始数据 $X^{(0)}$ 进行一次累加得到:

$$1-AGO = X^{(1)} = (4401.2, 8914, 13453.9, 17988.2, 22527.1, 31609.6, 40760.3, 45374.4)$$

3.3. 用 GM(1,1)建模

构造数据矩阵 B 以及数据向量 Y :

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

根据公式计算得:

$$B = \begin{bmatrix} -13315.2 & 1 \\ -22367.9 & 1 \\ -31442.1 & 1 \\ -40515.3 & 1 \\ -49584.8 & 1 \\ -58667.3 & 1 \\ -67779.5 & 1 \\ -76930.2 & 1 \\ -86134.7 & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} 4512.8 \\ 4539.9 \\ 4534.3 \\ 4538.9 \\ 4530.6 \\ 4551.9 \\ 4560.3 \\ 4590.4 \\ 4614.1 \end{bmatrix}$$

GM(1,1)模型方程为 $X^{(0)}(k) + a'z(1)(k) = b'$, 构造时间响应序列函数

$$X^{(1)}(k+1) = \left(X^{(0)}(1) - \frac{b'}{a'} \right) e^{-a'k} + \frac{b'}{a'}$$

$$\therefore \text{用最小二乘法求参数列 } P = (a, b)^T, P' = (a', b')^T = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{pmatrix} -0.001140153 \\ 4495.983482 \end{pmatrix}$$

解得 $a' = -0.001140153$, $b' = 4495.983482$

$$\therefore \text{预测模型 } X^{(1)}(k+1) = 3947716.133e^{0.001140153k} - 3943314.933$$

根据预测模型所得的山东省未来 10 年城乡居民基本养老保险参保人数预测结果如表 2。

Table 2. Prediction results of the number of urban and rural residents participating in basic pension insurance in Shandong Province in the next 10 years

表 2. 山东省未来 10 年城乡居民基本养老保险参保人数预测结果

年份	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
参保人数(万人)	4550.0	4555.2	4560.4	4565.6	4570.8	4576.0	4581.3	4586.5	4591.7	4596.9

3.4. 模型检验

使用灰色 GM(1,1)模型进行预测时, 需对模型进行精度检验, 以确保所得结果适合对未来数据进行预测。本文选取计算模型平均相对误差的方法进行精度检验, 数据模型的平均相对误差越小, 模型的精度越高, 所得的预测结果越可信, 且平均相对误差小于 0.01 的模型为精度优秀模型。根据计算可得, 模

型的平均相对误差 $\varepsilon(\text{avg}) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n |\varepsilon(k)| = 0.006213684$ ，精度较为优秀；进一步对模型精度 p_0 进行计算并与精度对照表进行比对，可知精度 $p_0 = (1 - \varepsilon(\text{avg})) \times 100\% = 99.38\%$ ，对照表 3 可知模型精度优秀，因此预测结果具有较高可信度。

Table 3. Grey prediction model fitting grade
表 3. 灰色预测模型拟合等级

等级	精度
优(一级)	$\geq 95\%$
合格(二级)	$\geq 80\%$
勉强(三级)	$\geq 70\%$
不合格(四级)	$< 70\%$

4. 结论及对策建议

4.1. 结论

灰色预测模型在短期预测方面优于其他预测模型，因此本文通过构建山东省 2012~2021 年城乡居民基本养老保险参保人数的 GM(1,1) 预测模型对山东省 2022~2031 年城乡居民基本养老保险参保人数进行了预测，结果显示模型精度优秀，说明模型的选择具有一定的合理性、科学性，可将建立的 GM(1,1) 模型应用于城乡居民基本养老保险参保人数趋势的短期预测。从表 2 的预测结果中可以看出，在未来 10 年间山东省城乡居民基本养老保险参保人数每年都在增加。但因模型预测仅是依靠面板数据进行的预测，而实际投保情况会受到多种现实因素的影响，因此将实际值与预测值进行比较，可以看出实际值往往大于预测值，也就是说未来 10 年城乡居民基本养老保险的投保人数有可能比预测结果更多。这一点在图 1 中有着更直观的体现。

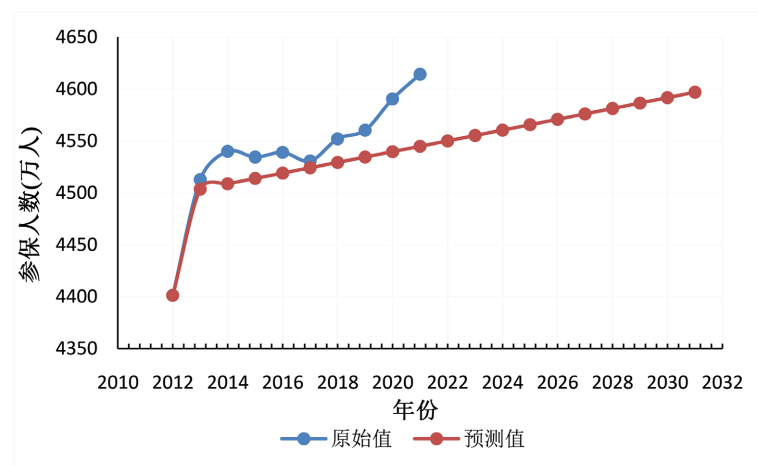


Figure 1. Change trend of the number of urban and rural residents participating in the basic old-age insurance in Shandong Province

图 1. 山东省城乡居民基本养老保险参保人数变化趋势图

4.2. 对策建议

1) 完善基本养老保险相关政策。从预测结果可以得知未来预期的城乡居民基本养老保险参保人数会不

断上升,参保率持续提高,反映出人们参保意识的增强,因此更需要社保政策给予强有力的支撑[5]。养老保险待遇水平不断提高是提高参保积极性和参保满意度的关键,地方政府可以建立基本养老金动态调整机制,根据地区经济发展水平和物价变动灵活调整养老金待遇发放,不断提高基础养老金水平[6];同时可以顺应延迟退休政策的步伐,小步渐进适当提高领取待遇的最低缴费年限,缓解养老金给付压力[7]。

2) 深入实施全民参保计划。一方面,应持续加强政策宣传引导,相关政策出台后社保部门及媒体应及时跟进政策解读和宣传工作,综合运用报刊、电视广播、社交新媒体平台等渠道,提高民众的政策知晓率,增强民众的参保缴费意识,引导民众主动参与社会保险[8]。另一方面,要关注流动人口、农民工、贫困人口等弱势群体,针对其设计基本养老保险制度和政策宣传及推广手段,走好基本养老保险制度全覆盖的“最后一公里”[9]。

3) 做好社保政策的落地工作。全面贯彻落实相关法律法规,逐步落实基本养老保险的统筹工作,适当提高城乡居民养老保险待遇,增强制度吸引力,提高群众参保积极性[10]。

参考文献

- [1] 许燕. 城乡居民基本养老保险参保人数预测[J]. 西北人口, 2021, 42(3): 63-77.
<https://doi.org/10.15884/j.cnki.issn.1007-0672.2021.03.006>
- [2] 环小敏, 王灵芝. 灰色 GM(1,1)模型在城镇职工参保人数预测中的应用[J]. 经济研究导刊, 2018(5): 119-121.
- [3] 刘思峰, 党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 第5版. 北京: 科学出版社, 2010: 31-109.
- [4] 许燕, 杨再贵. 基于 GM(1,1)模型的城乡居民基本养老保险参保率测算[J]. 保险研究, 2019(4): 116-127.
- [5] 钱振伟, 卜一, 张艳. 新型农村社会养老保险可持续发展的仿真评估: 基于人口老龄化视角[J]. 经济学家, 2012(8): 58-65.
- [6] 程昱尧. 南充市职工养老保险参保问题浅析[J]. 四川劳动保障, 2022(12): 25.
- [7] 朱小玉, 杨良初. 基本养老保险覆盖全民问题研究[J]. 财政科学, 2021(3): 63-72.
<https://doi.org/10.19477/j.cnki.10-1368/f.2021.03.009>
- [8] 朱家明, 杨阳. 人口老龄化下我国城镇居民养老保险参保率的预测[J]. 长沙大学学报, 2020, 34(1): 95-100.
- [9] 雷煜琨. 我国居民基本养老保险参保行为的影响因素研究——基于 CGSS2017 数据的实证分析[J]. 黑龙江人力资源和社会保障, 2021(7): 32-34.
- [10] 汉源县养老保险参保扩面存在的问题及对策[J]. 四川劳动保障, 2022(12): 28-29.