

基于灰色模型的南通市人口老龄化预测

冒志宇

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年5月13日; 录用日期: 2022年6月1日; 发布日期: 2022年6月15日

摘要

当前我国已经步入了老龄化社会, 老龄化带来的社会各方面的问题也日益加重, 如何解决未来的老龄化问题成为了我国当下社会关注的重点。本文将江苏省南通市的整体人口作为研究对象, 以南通市统计局公布的2014~2020年老龄人口数据为基础, 建立灰色系统GM(1,1)模型对未来6年的南通市老年人人口情况进行预测, 为南通市的经济发展提供依据与参照。

关键词

人口老龄化, 灰色预测理论, 南通市

Prediction of Population Aging in Nantong City Based on Grey Model

Zhiyu Mao

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: May 13th, 2022; accepted: Jun. 1st, 2022; published: Jun. 15th, 2022

Abstract

At present, my country has entered an aging society, and the social problems brought by aging are becoming more and more serious. How to solve the problem of aging in the future has become the focus of our current society. This paper takes the overall population of Nantong City, Jiangsu Province as the research object, based on the 2014~2020 elderly population data released by the Nantong Municipal Bureau of Statistics, and establishes a grey system GM(1,1) model for the elderly population in Nantong City in the next six years. Predict the situation and provide a basis and reference for the economic development of Nantong City.

Keywords

Population Aging, Grey Prediction Theory, Nantong City

Copyright © 2022 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

随着人类健康以及经济水平的日益提高,人口老龄化逐渐成为世界各国共同面对的一大难题。针对人口老龄化的预测,国内外学者很早就进行了深入的探讨。英国是最早开始对人口预测进行研究的国家。英国商人约翰·格朗特 1662 年就开始人口预测模型的研究分析,他提出了死亡率的概念,从而对以后人口的老年人口数和总人口数的演变趋势进行预测[1]。1798 年英国人口学家马尔萨斯在《人口论》中提出了著名的人口指数增长预测模型[2]。1940 年,美国经济学家舒尔茨在《老年经济学》一书中对老年人口经济状况做了系统的分析[3]。

相对于西方发达国家,我国于 1999 年才进入老龄化社会的行列。2000 年,姜向群、杜鹏就结合数据预测中国人口老龄化对未来经济方面所造成的影响[4]。2016 年,王宁和张爽应用 GM(1,1)模型对重庆五大功能区的老龄人口进行了预测,预测结果表明重庆未来的养老形式十分严峻,同时通过检验也证明该模型可靠性高[5]。2019 年,杨梦冉也运用该模型对上海市老龄人口进行了预测,同时给出了相应的对策[6]。此外,除了灰色预测模型,国内学者还应用了其他的方法针对人口问题进行预测。2019 年,唐贤芳等人利用 PCA-BP 神经网络对我国就业人口进行了预测,结果表明预测精准度高于仅用 BP 神经网络建立的预测模型[7]。2020 年,王帅印和张冉利用 ARIMA 模型对河北省人口总量进行了预测,并预测出 2035 年之后人口会开始下降,为相关部门提供了依据[8]。2021 年,吴宇等人利用了主成分分析与决策树下相结合的模型预测了中国流动人口的情况,同时证明了 PDTR 模型具有良好的预测精度[9]。但是近年来,国内的学者大多数又重新使用灰色预测模型对人口进行预测。2021 年,严宇珺基于 GM(1,1)模型对上海市老龄化发展趋势以及影响因素进行了分析,并总结出政策、经济以及社会三大类影响因素,并在此基础上提出了相应的建议[10]。2020 年,李金伟基于信阳市人口数据以及调查问卷的结果,结合 GM(1,1)模型对 2020 年到 2030 年信阳市人口规模及老龄化趋势进行了预测,并为经济社会发展提供了决策依据和参考[11]。

根据上述国内外研究成果,不难发现我国学者更倾向于使用 GM(1,1)模型对人口进行预测,并且在宏观的国家层面的人口预测中进行了较为系统的分析与预测。但是针对某个省市老年人口数量的研究还远远不够。所以下文我们将使用灰色预测模型对江苏省南通市未来六年的老年人口来进行系统的预测。

2. 南通市老龄化人口现状

通过南通市统计局公布的 2014~2020 年老龄人口数据的变化情况,我们不难看出当前南通市人口老龄化的特征主要是老年人基数大、老龄化增速快以及抚养负担加重等。

2.1. 老年人基数大、老龄化增速快

我们知道,早在 2014 年,南通市 60 岁以上人口已经高达 192.35 万人,约占南通市总人口的 25.1%。2015 年,南通市 60 岁以上人口突破 200 万,首次达到 200.4 万,约占南通市总人口的 26.1%,此后老年

人口逐年增长,南通市 2019 年 60 岁及以上人口数量达到 230.3 万,占南通市总人口数的 30.2%,全江苏省排名第一位,5 年增加了 37.95 万人之多。早在 2010 年,所属南通市下的十四个地级市以及各区的人口老龄化系数均超过 7%,这种现象在全国其他省市是不存在的。上世纪南通市作为第一批积极响应计划生育的地区,严格遵守国家优生优育的计划,导致现今人口结构趋向于严重的老龄化结构,2017 年,南通市整体老龄化系数为 10.36%,比 2010 年上升了 1.79%,老龄化系数增长速度是前面十年的 5.14 倍之多。

2.2. 抚养负担加重

2014 年至 2020 年南通市 15~64 岁劳动年龄人口在逐年减少,五年之内减少了 10.9 万人。自 2011 年起随着劳动年龄人口的逐年减少,南通市人口内部结构老化的趋势越来越明显。随着人口老龄化程度的不断增加,南通市老年人口的抚养比例总体呈上升趋势,并且上升的幅度较大。总的抚养比从 2014 年的 22.99% 上升到 2020 年的 27.45%,增加了 4.46%。少年人口的抚养比例也呈上升趋势,从 2014 年的 11.71% 上升到了 2020 年的 13.46%,增加了 1.75%;老年人抚养比从 2014 年的 22.99% 上升到了 2020 年的 13.99%,增加了 2.7%。由此可见,南通市人口总抚养比正在逐年的增加。

3. 灰色模型(Grey Model)实证分析

3.1. 数据来源

本文的数据根据 2014~2020 年南通市老年人数量(如表 1 所示),在此基础上建立灰色模型进行预测,并得出结果。

Table 1. Data on the elderly and their proportion in Nantong from 2014 to 2020

表 1. 2014~2020 年南通市老年人及占比相关数据

| 年份 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 老年人口/万人 | 192.4 | 200.4 | 207.7 | 216.2 | 223.7 | 230.3 | 233.6 |
| 老年人口占总人口比重/% | 25.1 | 26.1 | 27.1 | 28.2 | 29.3 | 30.2 | 30.8 |

3.2. 灰色 GM(1,1)模型构建

GM(1,1)模型是通过数列间各时刻数据的依个累加以得到新的数据和数列的累加生成模型,累加前的数列为原始数列,累加后的数列为生成数列,通过累加生成使离乱的原始数据中蕴含的积分特性或规律加以显化,其生成过程如下:

$x^0(1), x^0(2), \dots, x^0(M)$ 是离乱、无序的原始数列,通过一次累加生成使其有序化,如下所示:

$$x^{(1)}(M) = \sum_{i=1}^M x^0(i) \quad (1)$$

通过累加生成的新数列特征化、规律性明显,随机性减弱,平稳性增强。

新数列规律性描述:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (2)$$

(2)中的辨识参数分别为 a 、 u , 参数 a 、 u 使用最小二乘法拟合得到:

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_M \quad (3)$$

(3)中的 Y_M 为列向量, $Y_M = [x^0(2), x^0(3), x^0(4), \dots, x^0(M)]^T$, B 为构造数据矩阵, 构造数据矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(M-1) + x^{(1)}(M)] & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4)求出预测模型:

$$x^{(1)}(t+1) = \left[x^0(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (5)$$

4. 江苏省南通市 2021~2025 年老年人人口预测

4.1. 江苏省南通市老年人人口数 GM(1,1)灰色度模型的建立

表 1 中所示为江苏省南通市 10 年间的老年人口数据, 2014 年到 2020 年的人口数即为原始数列, 其原始序列如下:

$$x^0(t) = (192.4, 200.4, 207.7, 216.2, 223.7, 230.3, 233.6)$$

由(1)式得一次累加数据序列:

$$x^1(t) = (192.4, 392.8, 600.5, 816.7, 1040.4, 1270.7, 1504.3)$$

由(4)式得:

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.31 \\ 192.67 \end{bmatrix}$$

由(5)式得江苏省南通市老年人人口数量的预测模型为:

$$x^1(t+1) = 6335.47e^{0.031t} - 6143.12$$

4.2. 模型检验

灰色模型的建模优劣精度通常用后验差 C 和小误差概率 P 综合评定, 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表 2。

Table 2. Prediction results and error test of GM(1,1) model

表 2. GM(1,1)模型的预测结果与误差检验

| 年份(年) | 模型计算值 | 实际值 | 残差 | 相对残差% |
|--------|--------|--------|-------|-------|
| 2014 年 | 192.35 | 192.35 | 0 | 0 |
| 2015 年 | 201.85 | 200.4 | -1.45 | 0.007 |
| 2016 年 | 208.29 | 207.7 | -0.59 | 0.002 |
| 2017 年 | 214.92 | 216.19 | 1.27 | 0.006 |
| 2018 年 | 221.77 | 223.7 | 1.93 | 0.008 |
| 2019 年 | 228.84 | 230.3 | 1.46 | 0.006 |
| 2020 年 | 236.13 | 233.6 | -2.53 | 0.001 |

可见相对残差的最大值 0.00838 小于 0.01, 因此该模型的拟合效果较好。再求出原始值的标准差 $S_1 = 15.47334313$ 和标准差 $S_2 = 1.649193898$, 后验差 $C = 0.106582907$, 因为 $0.6745S_1 = 144.942066$ (0.6745 为标准正态累积分布函数的概率为 75% 时的反函数值), 所有的 $|E(k) - \bar{E}|$ 的值均小于 144.942066, 故小概率误差 $P = \{|E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1\} = 1$, 根据表 3 可知模型的预测等级较好, 可以用上述灰色预测模型对南通市老年人口发展进行趋势预测。

Table 3. Grey fuzzy evaluation prediction accuracy grade description

表 3. 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 |
| 后验差 C | <0.34 | <0.5 | <0.66 | ≥0.64 |
| 相对残差 | <0.01 | <0.05 | <0.1 | ≥0.20 |

最后可以得到我国 2021 年 2026 年南通市老年人口预测值为 421487.9558, 495943.7046, 583552.0442, 686636.3764, 807930.5318, 950651.2714 (见表 4)。

Table 4. Predicted value of the elderly population in Nantong from 2021 to 2026

表 4. 2021~2026 年南通市老年人口预测值

| 年份 | 预测值(万人) | 初始值(万人) |
|------|---------|---------|
| 2014 | 192.35 | 192.4 |
| 2015 | 201.85 | 200.4 |
| 2016 | 208.29 | 207.7 |
| 2017 | 214.92 | 216.2 |
| 2018 | 221.77 | 223.7 |
| 2019 | 228.84 | 230.3 |
| 2020 | 236.13 | 233.6 |
| 2021 | 243.65 | ---- |
| 2022 | 251.41 | ---- |
| 2023 | 259.42 | ---- |
| 2024 | 267.69 | ---- |
| 2025 | 276.22 | ---- |
| 2026 | 285.02 | ---- |

5. 结论

南通市未来几年中老年人口的规模还将不断壮大。同时伴随而来的老年人口急需解决的社会问题也日益增多, 比如养老问题、社会劳动力问题以及医疗保健消费方面的问题等。根据上述分析结果, 提出以下几点建议:

第一, 完善养老体系建设。在城市以及农村都要建立完善的养老保障系统。在闭塞的农村要加强文化宣传以及教育, 让村民做到自愿投保, 而在城市, 需要不断鼓励中青年劳动人口进行养老资本积累, 不拖延发放养老金;

第二,完善老年福利法律保障。老年群体在整个社会结构中属于弱势群体,既没有固定的收入来源也没有继续劳动的人力资本。而我国除了《老年人权益保障法》之外就没有进一步保障老年人权益的立法,立法薄弱的现状需要国家进一步完善补充;

第三,加强老年人精神文明建设。南通市地处长三角地区,毗邻上海市,经济发展较好,早已跻身全国二线城市,大部分老年人早已实现了物质生活的自给自足。但是精神生活的补充却远远不够,政府及相关部门需要进一步加快精神娱乐场所的建设,丰富老年人的精神文明建设。

面对如此严峻的人口老龄化问题,对南通市的发展来说既是一种挑战也是一种推动力,它是南通市向前发展的必经之路。所以我们要做到科学的认识老龄化,大力发展生产力,进一步探索符合经济发展水平并且切实可行的养老对策。

参考文献

- [1] Graunt, J. (1662) *Natural and Political Observations Made upon the Bills of Mortality*.
- [2] Malthus, T.R. (1798) *An Essay on the Principle of Population*. Penguin Classics, London.
- [3] Ueda, S. and Takahashi, M. (1940) *Use of Administrative Records for Producing Official Statistics in Japan*. Blackwell Pub., New York.
- [4] 姜向群, 杜鹏. 人口老龄化对经济可持续发展影响的分析[J]. 人口与发展, 2000(2): 1-8.
- [5] 王宁, 张爽. 基于 GM(1,1)模型的重庆市五大功能区人口老龄化预测[J]. 中国商论, 2016(20): 170-171.
- [6] 杨梦冉. 基于 GM(1,1)模型的上海市人口老龄化趋势预测[J]. 经济研究导刊, 2019(18): 48-49+134.
- [7] 唐贤芳, 刘小刚, 崔岩. 基于 PCA-BP 神经网络的就业人口预测[J]. 微型电脑应用, 2019, 35(7): 12-15.
- [8] 王帅印, 张冉. ARIMA 模型在河北省人口预测中的应用[C]//2020 年“区域优质教育资源的整合研究”研讨会论文集. 2020: 348-350.
- [9] 吴宇, 孙宏宇, 孙明辰, 王洪君. PDTR 模型对城市流动人口的预测[J]. 智能计算机与应用, 2021, 11(9): 156-160.
- [10] 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.
- [11] 李金伟, 王瑞瑞. 基于灰色模型的信阳市老龄化人口趋势预测[J]. 现代商贸工业, 2021, 42(8): 46-47.