

# 基于灰色模型的内蒙古人口预测研究

武文华

内蒙古师范大学, 政府管理学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2024年3月17日; 录用日期: 2024年5月16日; 发布日期: 2024年5月31日

## 摘要

该项研究的目的是深入探索利用灰色系统理论中的灰色预测模型(GM(1,1))来预测内蒙古自治区未来的人口规模的实用性和精确度。根据内蒙古各城市历年统计数据建立了相应的数学模型。鉴于内蒙古地区特有的社会经济环境和人口增长趋势, 传统的人口预测手段可能不能充分地考虑到这一地区的复杂性和不可预测性。同时, 在实际工作中人们也常常会遇到由于缺乏相关统计数据而导致无法准确判断未来人口数量发展趋势的情况。因此, 我们选择使用灰色模型来进行未来的预测分析, 目的是为政策制定者和规划者提供一个更加高效的工具, 以应对可能出现的未来人口变化的挑战。依据2010~2022年内蒙古的人口统计数据, 采用灰色系统GM(1,1)模型来预测和分析2023~2050年间的人口数量的变化趋势。基于灰色模型的预测结果, 研究给出了一系列政策建议, 这些建议涵盖了调整生育政策、完善相关配套政策、加强和完善社会保障体系, 以及尊重老年人群的职业选择倾向等方面。

## 关键词

人口预测, 灰色模型, 人口老龄化

# Study on Population Forecast in Inner Mongolia Based on Grey Model

Wenhua Wu

School of Government Administration, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Mar. 17<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 16<sup>th</sup>, 2024; published: May 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

The objective of this study is to explore the practicality and accuracy of using the grey prediction model (GM(1,1)) in grey system theory to predict the future population size of Inner Mongolia Autonomous Region. Corresponding mathematical models have been established based on statistical data from various cities in Inner Mongolia over the years. Given the unique socio-economic envi-

ronment and population growth trend in Inner Mongolia, traditional population forecasting methods may not fully consider the complexity and unpredictability of the region. Meanwhile, in practical work, people often encounter situations where the lack of relevant statistical data makes it difficult to accurately determine the future trend of population development. Therefore, we choose to use grey models for future predictive analysis, with the aim of providing policymakers and planners with a more efficient tool to address potential challenges of future population changes. Based on the population statistics data of Inner Mongolia from 2010 to 2022, we use the grey system GM(1,1) model to predict and analyze the trend of population changes between 2023 and 2050. Based on the prediction results of the grey model, the study provides a series of policy recommendations, which include adjusting the birth policy, improving relevant supporting policies, strengthening and improving the social security system, and respecting the occupational choice tendencies of the elderly population.

## Keywords

Population Forecast, Grey Model, Population Aging

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

人口发展对于国家和社会而言具有不可忽视的重要性。它牵动了多个领域，包括经济、社会和文化等方面，对于国家的长期稳定与可持续发展具备深远的影响。英国人口学家马尔萨斯最先提出了马尔萨斯模型[1]，该模型预测在资源消耗逐渐提高的情况下，未受限制的人口增长将逐渐减缓并最终达到平衡状态。此后，荷兰经济学家 Verhulst 提出了 Logistic 人口增长模型，该模型明确了人口增长受到种种限制，且在其发展的过程中受到环境和经济条件等诸多因素的制约。此外，Cohort-Component 模型也是一种重要的人口发展模型，它是由美国人口学家 Gove 和 Chen 在 2002 年提出的。此类模型并不止于上述两种，灰色系统理论模型便是其中之一。作为一种统计模型，灰色系统理论模型可用来预测人口变化的长期走向，并能够在数据不足的情况下进行准确预测。

内蒙古自治区具有重要的能源资源、农牧产品和碳汇基地，但其人口发展问题也备受关注。内蒙古自治区正在积极采取措施，优化生育政策，均衡区域人口分布，加快推进迁移人口市民化，确保各族群众的合法权益得到充分保障。在此基础上，内蒙古自治区坚持科学谋划、统筹推进，积极推进各项人口工作，促进区域人口优质均衡发展，不断提升内蒙古自治区在全国人口发展中的地位。

本研究以内蒙古自治区作为研究对象，基于第七次人口普查数据，运用灰色系统 GM(1,1)模型对 2023~2050 年间内蒙古自治区的人口增长趋势进行了深入的预测与分析。并利用该模型模拟未来几年内蒙古地区人口数量与结构变化状况，根据预测值提出相应对策建议。通过对内蒙古人口变化的科学预测和深入分析，我们为内蒙古自治区的人口发展策略制定提供了有价值的参考，并为政府和相关研究人员提供了宝贵的经验。

## 2. 人口预测分析

### 2.1. 灰色模型的建立

灰色系统理论是邓聚龙先生于 1982 年提出的，它是一种用于描述和分析数据、信息的系统理论。灰

色预测 GM(1,1)模型实际上是一个参数拟合的模型，它是在灰色系统理论上建立起来的。该理论的核心观点基于灰色系统，即通过累加某一原始数据序列，生成一组具有明显趋势的新数据序列[2]，然后根据这些新数据序列的增长趋势建立模型进行预测，并使用函数曲线进行拟合，从而得到预测值。其模型如下：

1) 假设观察值为  $n$ ，则原始数列为

$$X^0 = \{X^0(i) = 1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

其中  $X^0(i) \geq 0$ ；首先对原始数列第一次进行累加后得到

$$X^1 = \{X^1(k), k = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

其中  $X^1(k) \geq 1$ ，而

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

2) 再利用累加得到的序列函数  $X^1$  去进行拟合又得到新的函数曲线并求出新生序列  $X^1$  的预测值  $X^1$ 。

3) 根据灰色系统理论[3]，对  $X^1$  建立关于时间  $t$  的 GM(1,1)模型即

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax(1) = u \quad (4)$$

其中  $a$ ， $u$  为待定参数即发展系数和灰色作用量，利用最小二乘法得出

$$\hat{a} = (BTB)^{-1} * BT * Y_n \quad (5)$$

其中

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(2)}(2)], \dots, 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(2)}(3)], \dots, 1 \\ \dots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)], \dots, 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

对  $Y_n$  进行求解会得到时间响应函数：

$$\hat{X}^{(1)}(1)(k+1) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) * e^{a(k-1)} + \frac{u}{a} \quad (7)$$

$$\hat{X}^{(0)}(1)(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k) \quad (8)$$

对  $X^{(0)}(k) = X_{(1)}(k) - X_{(1)}(k-1)$  进行累减就会得到灰色预测值序列：

$$X_{(0)} = \{X_{(0)}(i), i = 1, 2, \dots, n, n+m\} \quad (9)$$

其中共有  $n+m$  个预测值序列，而  $m$  为未来的预测值。利用灰色系统模型 GM(1,1)对其增长趋势进行预测。

## 2.2. 灰色模型的后验差检验

设原始序列  $X^0$  与预测值序列  $\hat{X}^0$  在  $k$  在时刻的残差为

$$\varepsilon(k) = X^0(k) - \hat{X}^0(k), k = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

原始序列的均值与方差分别为

$$\bar{X}^0 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n n X^0(k), S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n n (X^0(k) - \bar{X}^0)^2 \quad (11)$$

残差的均值与方差分别为

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n n \varepsilon(k), S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n n (\varepsilon(k) - \bar{\varepsilon})^2 \quad (12)$$

作为后验差的检验指标, 通常考虑后验差比值  $C = \frac{S_2}{S_1}$  和小误差概率  $P = P\{|\varepsilon(k) - \bar{\varepsilon}| < 0.6745 \times S_1\}$ 。

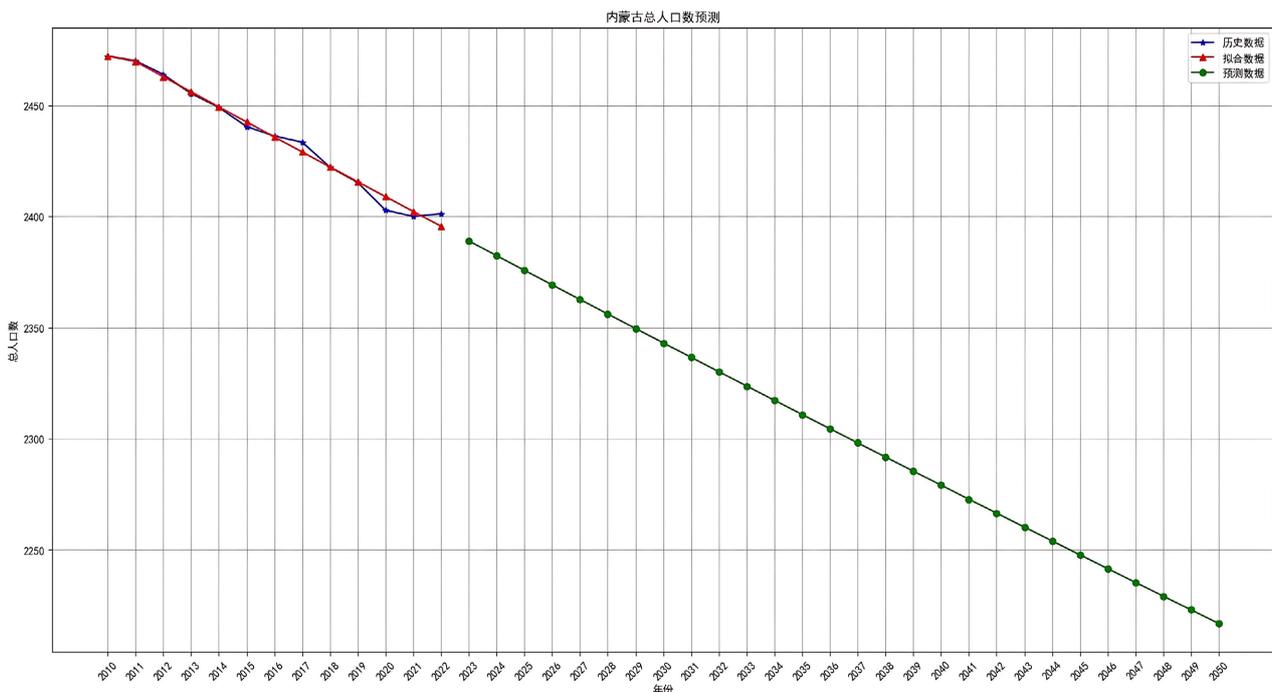
预测精度等级划分如表 1 所示。若  $C < 0.35$ ,  $P > 0.95$ , 说明模型的检验精度为 1 级, 用模型可以合理地预测未来数据。

**Table 1.** Precision level classification of predictions

**表 1.** 预测精确等级划分

预测精度	等级	$P$	$C$
优	1	$>0.95$	$\leq 0.35$
合格	2	$>0.80 \sim 0.95$	$>0.35 \sim 0.50$
勉强合格	3	$>0.70 \sim 0.80$	$>0.5 \sim 0.65$
不合格	4	$\leq 0.70$	$>0.65$

### 2.3. 内蒙古自治区人口数量的灰色预测



**Figure 1.** Fitting table for predicting the total population data of Inner Mongolia under the grey system model

**图 1.** 灰色系统模型下的内蒙古总人口数据预测拟合表

该研究采用了 2023 年内蒙古统计年鉴中内蒙古市 2010~2022 年总人口作为样本数据, 并整理得出内蒙古人口统计表, 进而利用原始序列对 2020 年至 2050 年内蒙古人口数量进行预测。根据上述数据, 建

立了拥有 13 个观察值的原始序列  $X_0$  :

$$X_0 = \{2470.63, \dots\} \quad (13)$$

利用 SPSS 对原始数列  $X_{(0)}$  进行一次累加, 得到新的数列  $X^{(1)}$ , 拟合后得到函数如下:

$$y(k) = (2472.2 - 0.001210/0.001210) \times (1 - e^{-0.001210}) \times e^{-0.001210 \times k} \quad (14)$$

根据上述公式, 本文得出了 2010 年至 2050 年内蒙古人口数量的预测值, 并将其与 2010 年至 2020 年的实际数据进行比较, 得出其误差。研究结果表明, 2010 年至 2022 年的平均误差率为 0.1%。由此可知, 该模型预测效果良好且可靠, 同时, 经过精度检验, 预测值与实际值的误差较小且两者的人口数量吻合度较高, 相当接近实际值。借助灰色系统模型的优势, 通过对 2010~2050 年共 40 年的拟合散点图的分析, 得到较为精确的预测结果。具体而言, 在图 1 中分析得到, 2015~2017 年, 拟合预测值趋势略低于实际值; 而在 2019 年至 2021 年期间, 拟合的预测值略大于实际值。总体而言, 预测结果与实际结果的误差率小, 数据可信度高。这些分析结果不仅为相关研究提供了重要的参考, 也为我们更好地理解该模型的优势和适用范围提供了科学依据。

从灰色预测模型结果来看, 2023~2050 年内蒙古总人口数量将保持迅速下降状态, 2023 年内蒙古总人口将达到 2389 万人, 2030 年将达到 2343.1 万人, 而到了 2050 年将达到 2216.8 万人, 平均每年下降人数为 6.6 万人。

### 3. 研究建议

通过灰色模型的预测结果, 我们可以清晰地看到内蒙古自治区总人口在 2010 年至 2050 年期间呈现出持续下降的趋势。同时, 随着人口流失的不断加剧以及老龄化问题的扩大, 内蒙古的人口问题更加突出。低生育率、低增长率和高老龄化的状态已经成为内蒙古人口发展所面临的严峻形势, 这对于内蒙古的社会经济发展和人口战略规划提出了新的挑战 and 压力, 要求政府和社会各界以更加积极的态度和更加有效的措施来应对人口问题的挑战。

#### 3.1. 对生育政策进行调整, 并完善相关的配套政策

站在国家的立场, 为了更好地调整人口构成并提高人口的整体素质, 我们必须进行深入的规划。调整生育政策和完善相关配套政策是其中的一个关键环节。

在过去的几年中, 我国已经开始对生育政策进行调整。通过执行“全面二孩”政策和目前正在试验中的“全面三孩”政策, 我们的目标是提高生育率, 以进一步解决我国资源匮乏的问题[4]。尽管政策的放宽为那些希望生育三个或更多孩子的家庭提供了更多的选择, 但由于育龄女性的数量和生育率的下降, 城市化的加速导致生育率的降低, 以及缺乏足够的生育支持措施, 政策的效果并不明显, 还需要进一步的实施和执行。

首先, 为了减轻家庭的经济压力并鼓励他们生育, 政府应当持续地推动“三孩”生育政策, 并提供更多的经济补助和补贴。与此同时, 我们需要增强对女性生育的社会援助, 提供更为完善的医疗服务, 优化生育环境, 并鼓励更多的家庭选择生育。

其次, 我们需要进一步加强和完善相关的法律和法规, 确保妇女和儿童的权利得到保障, 确保每一个家庭都能享有平等的生育机会和权利。与此同时, 我们需要增加教育资源和社会服务的供应, 以更好地满足人口结构的优化需求。

在调整计划生育策略的过程中, 我们也将焦点集中在完善与就业保障、学前教育、医疗服务等相关的政策和配套设施上, 目的是降低生育和抚养的总成本。首先, 为了增加生育家庭的经济收入, 我们需

要制定并执行更为有利和合适的税务及社会保障政策，这样他们就能更有效地承担起抚养孩子的责任。再者，在提供医疗服务的过程中，我们应该加大对妇幼保健机构的资助和资金投入，确保为女性生育和儿童的健康成长提供高品质的医疗保障，并努力减少因生育和抚养过程中可能出现的疾病和医疗开销。此外，在学前教育领域，有必要进一步强化普惠性幼儿园的建设，以提升教育资源的覆盖范围和公平性，从而为儿童早期教育创造一个更为优质的环境和资源。仅当政府、社会以及个体共同付出努力时，我们才有可能减少生育和抚养的经济负担，提升家庭对生育的意愿和信心，从而有助于人口政策的有效执行。

### 3.2. 努力完善和加强养老保障体系和服务体系

在我国老龄化的背景下，如何进一步完善养老体系是政府和社会各界面临的一个重要议题。我们将重点探讨从经济、生活、精神三个层面如何推动养老体系的发展。

首先，在经济层面上，政府应该通过制定相应的福利政策，如基本养老保险覆盖范围扩大、企业年金稳步发展和个人养老金兴起等，来保障老年人群的基本生活需求。政府还可以加大对农民的补贴力度，加强农村养老设施的建设，鼓励农民参与养老金储备等。对于有稳定工作和收入来源的老年人，政府可以提供税收优惠或社会福利，如降低税收或提供免费医疗服务等。

其次，在生活层面上，医疗与社会公益服务及家庭成员等需承担起照料老龄人口的责任。尤其是在农村地区，政府应加大对农村医疗条件的改善力度，提高养老设施的建设，发挥家庭成员的作用，为老年人群提供更加全面的生活照料。例如，开展宣传和培训活动等方式，提高家庭人员的照顾能力。

最后，在精神层面上，市场上各企业应积极推出面向老年人群的产品和服务，如老年旅游、文化艺术、医疗保健、教育培训等，丰富老年人群的精神生活。政府方面也可以推广老年文化活动，如艺术展览、音乐会、戏剧等，满足老年人的文化需求。

另外，我们还应该关注养老体系方面的一些新尝试，如“互助养老[5]”模式。这是一种新兴的养老模式，其宗旨是通过建立一个完整的养老服务体系，实现老年人之间的互助和帮助。这需要政府、社会各界和参与者共同努力制定和实施相应的应对策略，旨在促进老年人的福祉和社会可持续发展。

总的来说，完善养老体系需要在经济、生活、精神三个层面上进行深入研究和实践，并调动政府、医疗、社会、市场、家庭等各方之力，以构建一个全方位的、完善的、多元化的、长效的保障与服务体系。我们期待在各方共同努力下，能有效解决老龄化所带来的各种问题，实现老有所养、老有所乐的目标。

### 3.3. 尊崇老年群体的职业选择意向

从公民的视角出发，我们需要摒弃传统的年龄歧视观点，更加重视老年人力资源的有效利用，并尊重他们的就业意向，这是我们社会进步和个人选择尊重的具体表现。随着我国老龄化进程加快，人口老龄化问题已经成为影响经济社会可持续发展的重大挑战之一。在一个不断发展的社会中，我们不能仅仅关心年轻一代的成长，而忽略了老年人群的存在。因此，在我国当前阶段，必须要对老年人进行教育，提高他们的综合素质。为了推动老年群体的全面发展，政府、企业界以及社会各界都应携手合作。政府在制定相关政策时应当充分考虑到老年人自身因素以及他们所拥有的各种优势，为他们创造更多机会。例如，我们可以为老年人提供合适的工作机会，并为他们提供参与培训的补助，确保他们也有机会找到工作。

老年群体在社会生活中扮演着不可或缺的角色，我们有责任高度重视他们的劳动权利，并确保他们的就业权益得到实质性的保障。当前我国老年人劳动权益保护面临着严峻挑战。所有级别的政府部门、人力资源和社会保障部门以及老年人权益保障部门等，都应当按照法律来执行他们的职责，并对老年人的劳动权益保护进行适当的指导和监管。要建立完善的法律法规体系，制定相关政策规定，加强监管力

度,提高劳动者素质。此外,我们还应该加强对老年教育和传统文化的继承,确保老年人有机会继续他们的热情,参与研究、翻译、技术咨询,并积极参与各种社会公益活动[6]。

老年群体应当更新他们的思维方式,主动地参与社会的建设,确保他们在老年时有所贡献。老年人是社会文明进步的标志之一,他们不仅是知识的创造者和传播者,更是社会财富的拥有者和受益者。他们有能力利用自己的聪明才智和丰富经验,为社会进步做出有意义的贡献。在我国这样一个老龄化国家里,老年人要做一些力所能及的事情。他们应当坚持实事求是的原则,量体裁衣,保持适度的热情和活力,不应承受“超负荷”的工作压力,更不应从事那些对社会和个人都有害且无益的活动。

#### 4. 结语

基于灰色模型的内蒙古人口预测研究,通过深入的数据分析和模型构建,揭示了内蒙古老龄化程度持续加深的发展趋势。这一研究结果不仅具有重要的学术价值,也为政策制定和区域发展规划提供了宝贵的参考依据。政府、企业和社会各方应该共同合作,关注老年人的教育和发展,为老年人创造更多机会。我们期待在各方共同努力下,能有效解决老龄化所带来的各种问题,实现老有所养、老有所乐的目标。

#### 参考文献

- [1] 查淑玲,屈改珠,王璇.基于灰色模型的西安市人口数量预测分析[J].首都师范大学学报(自然科学版),2023,44(6):16-19. <https://doi.org/10.19789/j.1004-9398.2023.06.004>
- [2] 韩鹏,宋晓晓.基于灰色理论的内蒙古人口老龄化趋势预测及其影响因素研究[J].干旱区资源与环境,2023,37(1):44-51. <https://doi.org/10.13448/j.cnki.jalre.2023.007>
- [3] 姚文华,温馨.基于灰色系统模型的人口预测分析[J].牡丹江教育学院学报,2023(3):107-110.
- [4] 张晓蕾,张军,刘海军,等.基于BP-SVR组合模型对内蒙古老龄化人口的预测[J].内蒙古科技与经济,2023(19):10-15.
- [5] 陈涛,杨建仁,王鹤.江西省人口老龄化现状、问题及对策建议[J].老区建设,2023(11):56-62.
- [6] 朱建明,徐佩梁,史永梅,赵亚莉.我国老龄化社会状况分析与对策研究[J].经济师,2023(4):295.