

# 基于灰色GM(1,1)模型预测分析内蒙古自治区 2021~2027年卫生总费用

孙 斌

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年3月6日; 录用日期: 2023年4月19日; 发布日期: 2023年4月27日

## 摘 要

基于灰色系统理论, 收集2011~2020年期间的内蒙古自治区卫生总费用数据, 建立内蒙古卫生总费用GM(1,1)灰色预测模型, 预测2021~2027年共七年内蒙古卫生总费用及其筹资结构。使用MATLAB软件对内蒙古卫生总费用筹资水平与筹资结构及其占GDP比重进行分析并输出结果。分析预计内蒙古医疗总费用及其占GDP比例会持续提高, 政府、个人卫生费用比重持续下降, 个人健康费用比重也会持续提高。通过分析未来七年的医疗健康情况, 对全区卫生保健经费制度、投资标准和结构调整提出科学依据, 推动内蒙古医疗卫生事业蓬勃发展。

## 关键词

卫生总费用, 灰色系统, GM(1,1)模型

## Forecast Analysis of Total Health Expenditure in Inner Mongolia from 2021 to 2027 Based on Grey GM(1,1) Model

Bin Sun

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Mar. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Apr. 19<sup>th</sup>, 2023; published: Apr. 27<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the grey system theory, the data of the total health expenditure in Inner Mongolia during 2011~2020 were collected, and the grey prediction model GM(1,1) of the total health expenditure in Inner Mongolia was established to predict the total health cost and its financing structure for

seven years from 2021 to 2027. MATLAB software was used to analyze the financing level, financing structure and the proportion of total health expenditure in GDP of Inner Mongolia and output the results. The study predicts that the total health expenditure and its proportion in GDP of Inner Mongolia will continue to increase, the proportion of government and personal health expenditure will continue to decrease, and the proportion of social health expenditure will be greatly increased. By forecasting the health data in the next seven years, it can provide scientific basis for regional health expenditure management, financing level and structure optimization, and promote the development of health expenditure in Inner Mongolia.

## Keywords

Total Health Expenditure, Grey System, 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

卫生总费用通常是指某个国家和地方在某个阶段内,不同社会部门进行卫生业务所耗费的资金和时间总量,用资金和货币形式来体现全社会卫生资金的运动过程,是评价国家卫生运行状况的重要指标[1]。在十四届全国人大一次会议上的政府工作报告中提出,过去五年,中国在政府的健康津贴、国家卫生经费集中使用、全国重点卫生基建项目建设以及基本卫生服务费用的控制等方面均有所提高,并且将全面推进健康中国建设,构建强大公共卫生体系,完善城乡医疗服务网络作为十四五时期重点发展任务。基于此,合理预测卫生总费用对于完善全局安排,统筹卫生资源上具有较强的实用价值,对于推进健康中国建设具有极强的现实意义。中央政府和各个省市均在每年的统计年鉴中将卫生总费用细分成了政府支出、社会支出和个人支出三个组成部分,形成卫生总费用指出的统计结构,通过这样的支出结构能够反映在当前经济条件下政府、社会和居民个人对卫生事业建设的重视程度。其占GDP的比例能够体现目前卫生医疗筹资顺平和利用效度[2]。根据《2022 内蒙古统计年鉴》,内蒙古自治区的GDP 2012年到2021年年均增长率达9.59%,数值从10,470亿元增长到20,514亿元;卫生总费用同样增长迅速,从2011年到2020年,卫生总费用数值从538.80亿元增长到1266.58亿元,年均增长率高达13.50%。在全国卫生事业繁荣发展的大背景下,使用科学精确的模型对未来内蒙古自治区卫生总费用进行合理预测,对于内蒙古未来卫生改革、合理统筹卫生资源、优化卫生资金分配方式等具有重要的理论和现实价值,对促进内蒙古公共卫生健康发展具有重大意义。

目前对卫生总费用进行预测的研究较多,大多学者均利用灰色预测模型或者ARIMA模型,但预测内蒙古卫生总费用的较少。因此本研究能够填补内蒙古自治区卫生总费用预测的空缺,为区域卫生资金管理提供科学依据[3]。

本研究选取内蒙古自治区2011~2020年共10年的卫生总费用及GDP相关数据,利用灰色预测模型GM(1,1)模型,对内蒙古自治区2021~2027年的卫生总费用和筹资结构进行预测。

## 2. 资料来源与方法

### 2.1. 资料来源

本研究数据来源于《2022 中国统计年鉴》、《2022 内蒙古统计年鉴》以及内蒙古卫健委发布的《2022

内蒙古卫生健康统计年鉴》，选取了 2011~2020 年内蒙古自治区卫生总费用、国内生产总值等相关指标数据。

## 2.2. 研究方法

通过 GM(1,1)模型，对内蒙古自治区 2021 年至 2027 年这七年中发生的每年的卫生总费用及各个部分支出费用进行预测。灰色预测模型是适用于对少量不完全的信息建立模型并进行预测的方法，能够对未来发展趋势和状况进行分析，形成科学的判断[4]。本研究采用 GM(1,1)数列预测模型作为分析工具展开预测。在预测开始前利用 Excel 软件，对近十年内蒙古自治区卫生总费用、政府、社会和个人卫生支出进行归纳，形成数据组，然后使用 MATLAB 软件搭建灰色 GM(1,1)模型，对数据进行加工和解析，进而输出预测结果。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 描述性统计分析

近 10 年内蒙古自治区卫生总费用数值上涨，增量近 150%。人均卫生总费用从 2011 年的 2171.08 元提升到了 2020 年的 5271.21 元，人均费用也上涨了近 150%。除此之外政府支出、社会支出及个人卫生支出三方面支出总费用也有大幅度提升。根据现有数据，对卫生总费用筹资渠道方面呈现如下特点：一是个人卫生支出所占比例不断下降；二是政府卫生支出占比降中有升，整体呈现下降；三是社会卫生支出占比方面，除在疫情防控期间(2019 年~2020 年)因特殊原因占比稍有下降，其他几年时间中社会卫生支出占比不断升高，甚至大大超过政府及个人卫生支出(见表 1)。

2011~2020 年，内蒙古卫生总费用在地区生产总值(GDP)的所占比率整体呈现稳定，稍有升高。政府和社会卫生支出在 GDP 中占比分别从 1.98%、1.41%增至 2.29%和 2.86%。个人卫生支出占比从 2.30%下降到 2.18%。内蒙古自治区卫生总费用和地区生产总值呈现正相关趋势。卫生总费用占 GDP 比提升明显，比重从 5.69%增长至 7.34% (见表 2)。

**Table 1.** Composition of total health expenditure in Inner Mongolia

**表 1.** 内蒙古卫生总费用构成

年份	卫生总费用						总费用/ 亿元	人均/元
	政府卫生支出		社会卫生支出		个人卫生支出			
	总费用/亿元	占比(%)	总费用/亿元	占比(%)	总费用/亿元	占比(%)		
2011	187.39	34.78	133.84	24.84	217.57	40.38	538.80	2171.08
2012	204.46	33.03	175.21	28.3	239.37	38.67	619.03	2486.17
2013	233	31.91	208.31	29.81	267.55	38.28	698.90	2798.11
2014	240.81	33.82	190.85	26.8	280.34	39.37	712.00	2842.54
2015	271.46	32.73	255.60	30.82	302.27	36.45	829.30	3302.80
2016	303.94	33.50	299.70	33.04	303.52	33.46	907.16	3599.67
2017	333.11	32.97	358.27	35.46	319.04	31.57	1010.41	3995.95
2018	324.64	29.98	424.74	39.23	333.37	30.79	1081.57	4268.23
2019	342.63	29.30	469.42	40.14	357.34	30.56	1169.40	4604.72
2020	395.09	31.19	493.62	38.97	377.87	29.83	1266.58	5271.21

**Table 2.** The proportion of total health expenditure in GDP of Inner Mongolia  
**表 2.** 内蒙古卫生总费用占 GDP 的比重

年份	GDP/ 亿元	卫生总费用					总费用占比 (%)	
		政府卫生支出/ 亿元	占比 (%)	社会卫生支出/ 亿元	占比(%)	个人卫生支出/ 亿元		占比(%)
2011	9458.12	187.39	1.98	133.84	1.42	217.57	2.30	5.70
2012	10470.14	204.46	1.95	175.21	1.67	239.37	2.29	5.91
2013	11392.42	233	2.05	208.31	1.83	267.55	2.35	6.13
2014	12158.22	240.81	1.98	190.85	1.57	280.34	2.31	5.86
2015	12948.99	271.46	2.10	255.60	1.97	302.27	2.33	6.40
2016	13789.26	303.94	2.20	299.70	2.17	303.52	2.20	6.58
2017	14898.05	333.11	2.24	358.27	2.40	319.04	2.14	6.78
2018	16140.76	324.64	2.01	424.74	2.63	333.37	2.07	6.70
2019	17212.53	342.63	1.99	469.42	2.73	357.34	2.08	6.79
2020	17258.04	395.09	2.29	493.62	2.86	377.87	2.19	7.34

**3.2. 内蒙古卫生总费用 GM(1,1)模型**

1) 建立时间序列:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(10)\} = \{538.80, 619.03, \dots, 1266.58\}$$

原始数据一阶累加生成得:

$$X^{(1)} = \{538.80, 1157.83, \dots, 8833.15\}$$

2) 准光滑性检验。

$$\rho(k) = \frac{x^{(0)}(k)}{x^{(1)}(k-1)}$$

经计算得出:  $\rho(2) = 0.60$ ,  $\rho(3) = 0.38$ ,  $\rho(4) = 0.32$ ,  $\rho(5) = 0.27$ ,  $\rho(6) = 0.23$ ,  $\rho(7) = 0.20$ ,  $\rho(8) = 0.18$ ,  $\rho(9) = 0.17$ 。当  $k \geq 3$  时,  $\rho(k) \leq 0.05$ , 即本列所有数据皆满足准光滑条件。故可以利用灰色预测 GM(1,1)模型建模。

3) 构建数据矩阵  $B$  和数据向量  $Y_n$ , 通过计算可以得出:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(538.80 + 1157.83) & 1 \\ -\frac{1}{2}(1157.83 + 1856.73) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(7566.57 + 8833.15) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -848.32 & 1 \\ -1507.28 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -8199.86 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = \begin{bmatrix} 619.03 \\ 698.90 \\ \vdots \\ 1266.58 \end{bmatrix}$$

4) 最小二乘法计算参数向量得:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ \mu \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$$

经计算，得到： $a = -0.0892$ ， $\mu = 552.4115$ ， $\frac{\mu}{a} = -6193.358038$ 。

5) 得内蒙古卫生总费用的预测模型：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{a} \right] e^{-ak} + \frac{\mu}{a} = 6732.158038e^{0.0892k} - 6193.358038$$

6) 计算模型方差比  $C$  和小误差概率  $P$ ：

$$\begin{aligned} \Delta^{(0)} &= x^{(0)} - \hat{x}^{(0)} \\ \bar{\Delta}^{(0)} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{(0)} \\ C &= \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\Delta^{(0)} - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ x^{(0)} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(0)} \right]^2}} \\ P &= \left\{ \left| \Delta^{(0)} - \bar{\Delta}^{(0)} \right| \right\} \end{aligned}$$

经计算，内蒙古卫生总费用的平均相对误差为 0.015998； $C$  为 0.075703，小于 0.35； $P$  为 1 (见表 3)。

**Table 3.** Inspection of forecast model of total health expenditure of Inner Mongolia

**表 3.** 内蒙古卫生总费用预测模型检验

年份	实际值	预测值	残差	相对误差	$P$	$S_1$	$S_2$
2011	538.80	538.8	0	0.000000	100%	5995.288263	343.5911
2012	619.03	628.0628043	-9.032804342	0.014592			
2013	698.90	686.6566288	12.24337121	0.017518			
2014	712.00	750.7168433	-38.71684328	0.054378			
2015	829.30	820.7534234	8.546576587	0.010306			
2016	907.16	897.3239219	9.836078108	0.010843			
2017	1010.41	981.0379072	29.37209284	0.029069			
2018	1081.57	1072.561816	9.008183911	0.008329			
2019	1169.40	1172.624259	-3.224259406	0.002757			
2020	1266.58	1282.021822	-15.44182207	0.012192			

7) 与精度检验对照表对比

**Table 4.** Accuracy test comparison table

**表 4.** 精度检验对照表

模型精度等级	$P$	$C$
1 级(好)	>95%	<0.35
2 级(合格)	>80%	<0.50
3 级(勉强)	>70%	<0.65
4 级(不合格)	≤70%	>0.65

经步骤 6 解得： $P = 100\% > 95\%$ ， $C = 0.075703 < 0.35$ ，模型精度等级为 1 级，精度良好(见表 4)。

### 3.3. 内蒙古卫生总费用三部分预测

同理，分别建立出内蒙古自治区政府、社会以及个人卫生费用的灰色预测模型。首先，分别构造三个模型生成列。其次，对应建立起三个构造矩阵  $B$  和数据向量  $Y_n$ 。最后分别计算出经计算  $a$  和  $\mu$ ，均通过准光滑性检验，其  $a$  分别为： $-0.0742$ 、 $-0.1382$ 、 $-0.0510$ ， $\mu$  分别为： $193.0665$ 、 $142.7099$ 、 $232.3209$ 。因此，可以得出政府、社会和个人卫生支出 GM(1,1)模型分别为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 2789.786218e^{0.0742k} - 2602.396218$$

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 1166.758121e^{0.1382k} - 1032.918121$$

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 4772.816675e^{0.0510k} - 4555.246675$$

通过上述计算，能够得出三部分支出的方差比  $C$  均小于 0.35，分别为： $0.184512877$ 、 $0.153274611$ 、 $0.119975169$ 。根据表 4 中精度表，对照所建立模型的精度检验，内蒙古卫生总费用、政府、社会和个人卫生费用支出模型精度水平较高，并判断为一级模型。

**Table 5.** Prediction results of total health expenditure in Inner Mongolia from 2021~2027

**表 5.** 2021~2027 年内蒙古卫生总费用预测结果

时间(年)	政府卫生支出		社会卫生支出		个人卫生支出		总费用 (亿元)
	费用(亿元)	占比(%)	费用(亿元)	占比(%)	费用(亿元)	占比(%)	
2021	418.88	29.89%	599.43	42.77%	395.20	28.20%	1401.63
2022	451.14	29.44%	688.25	44.91%	415.88	27.14%	1532.39
2023	485.88	29.00%	790.22	47.17%	437.64	26.12%	1675.35
2024	523.30	28.57%	907.30	49.53%	460.54	25.14%	1831.65
2025	563.59	28.14%	1041.73	52.02%	484.63	24.20%	2002.53
2026	607.00	27.72%	1196.07	54.63%	509.99	23.29%	2189.35
2027	653.74	27.31%	1373.28	57.37%	536.68	22.42%	2393.60

## 4. 讨论

通过构建内蒙古卫生总费用 GM(1,1)模型，可以发现前几年的预测值与实际值接近，模型的拟合度较高，因此本研究认为通过该模型进行卫生总费用的预测结果是合理的。2011 年到 2020 年，内蒙古卫生总费用在地区生产总值的占比不断升高，从一定程度少可以反映出在中央政府的统一规划部署和大力号召下，各地区都正不断加大对于医疗卫生方面投入，尽最大努力保障人民群众生命健康。同时，内蒙古卫生总费用的年平均增长率为 13.50%，高于内蒙古生产总值的年平均增长率 9.59%，这意味着内蒙古卫生支出水平比经济发展水平要高。从这一现象中可以分析出两点：一方面，作为西部大开发的重点区域，内蒙古卫生事业正处于快速发展，医疗卫生质量和水平都在快速提升；另一方面，居民看病既难又贵的现象正在得到缓解，但仍然可能存在重数量轻质量的问题，单纯的增加医疗卫生支出仍然不能全面解决边远地区人民的看病问题。在本研究所使用的模型和数据中，个人卫生费用支出不断减少，体现的是新医改对我国医疗保障制度有着明显的促进作用，越来越多的人民群众享有普惠性的医疗卫生保障。

根据预测数据来看，内蒙古卫生总费用将处于持续增长状态，且在疫情防控特殊阶段结束之后，依然有巨大增幅趋势。根据国家七次人口普查数据以及相关研究，人口老龄化问题将有可能是推动卫生总

费用不断攀升的重要原因之一，在繁重的老龄人口增长和社会保障压力增大的趋势下，将会给我国社保体系带来巨大的压力，对未来长远的经济的增长也有可能起到抑制作用。长远看，卫生总费用的支出结构也将会发生重大变化。据表 5 的预测数据显示，政府支出和个人卫生支出将会逐年降低，而社会组织卫生支出在卫生总费用中的占比将会过半，对此可以展开两方面的推测：一方面，社会支出的增加有可能对社会经济运行造成严重的负担；另一方面，非政府组织和企业将逐渐布局医疗健康领域，未来社会组织有可能成为卫生健康事业推进的中坚力量，社区居家养老和机构养老会成为未来卫生事业社会组织指出的重点领域，卫生健康事业效率将有所提升。此外，个人卫生支出占比依然偏高，无法完成世界卫生组织提出的目标，即个人现金卫生支出占比在 15%至 20%的区间[5]。因此“因病致贫”的情况仍可能存在，进一步纾困解难的政策推动和全社会保障和福利的资源分配还有待改善。

## 参考文献

- [1] 内蒙古自治区卫生健康委员会. 《2022 内蒙古卫生健康统计年鉴》[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [2] 汪朝阳, 肖辉. 湖北省卫生总费用预测及影响因素研究[J]. 医学与社会, 2020, 33(10): 11-15+25.
- [3] 王凌宇. 安徽省卫生总费用的预测分析——基于灰色 GM(1,1)模型[J]. 应用数学进展, 2022, 11(6): 3932-3938. <https://doi.org/10.12677/aam.2022.116421>
- [4] 陈嘉琳. 基于灰色 GM(1,1)模型的广东省卫生总费用预测分析[J]. 中国医疗管理科学, 2021, 11(5): 5-11.
- [5] 相静, 孔杨, 徐天和. 基于灰色系统 GM(1,1)模型的山东省卫生总费用预测研究[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(4): 653-656.